

В Е С Т Н И К
ТРАВМАТОЛОГИИ
И ОРТОПЕДИИ
ИМЕНИ Н.Н. ПРИОРОВА
2023 том 30 №4

N.N. Priorov Journal
of Traumatology
and Orthopedics
2023 Volume 30 Issue 4

УЧРЕДИТЕЛЬ:

ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России

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»

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

Тел.: +7 (968) 545 78 20

E-mail: adv2@eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ

Заведующая редакцией

Трухина Диана Аршалуйсовна

E-mail: vto@eco-vector.com

Тел.: +7 (967) 153-70-05

Адрес редакции

127299, г. Москва, ул. Приорова, д. 10

ПОДПИСКА

На сайте журнала:

www.journals.eco-vector.com/0869-8678/

ИНДЕКСАЦИЯ

- РИНЦ (ядро) • SCOPUS • BAK K1 • RSCI
- Dimensions • Crossref • Google Scholar
- Белый список

Оригинал-макет изготовлен

ООО «Эко-Вектор».

Корректор: *С.И. Яли*

Верстка: *Ф.А. Игнащенко*

Обложка: *Ф.А. Игнащенко*

Сдано в набор 11.01.2024.

Подписано в печать 25.01.2024.

Выход в свет 05.02.2024. Формат 60 × 881/8.

Печать офсетная. Печ. л. 18,5. Усл. печ. л. 17,2.

Уч.-изд. л. 10,09. Тираж 500 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Фурсова».

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

Цена свободная.



© ООО «Эко-Вектор», 2023

ISSN 0869-8678 (Print)

ISSN 2658-6738 (Online)

Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова

Том 30 | Выпуск 4 | 2023

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ

МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ



Официальный печатный орган Общероссийской
Общественной Организации «Ассоциация
травматологов-ортопедов России» (АТОР)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Назаренко Антон Герасимович — профессор РАН, д-р мед. наук, директор

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

ORCID iD: 0000-0003-1314-2887

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

ORCID iD: 0000-0001-6689-5220

Цыкунов Михаил Борисович — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный

медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии

им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

ORCID iD: 0000-0002-0994-8602

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Крупаткин Александр Ильич — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный

медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии

имени Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

ORCID iD: 0000-0001-5582-5200

ПРЕДЫДУЩИЕ ГЛАВНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Главный редактор (1994–1998)

член-корр. РАН

Юлий Георгиевич Шапошников

Главный редактор (1999–2023)

академик РАН

Сергей Павлович Миронов



Редакция не несёт 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».

FOUNDER

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

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>

Adv. department

Phone: +7 (968) 545 78 20

E-mail: adv2@eco-vector.com

EDITORIAL OFFICE

Executive editor

Diana A. Trukhina

Email: vto@eco-vector.com

Phone: +7 (967) 153-70-05

Address: 10, Priorova str., 127299, Moscow,
Russian Federation

SUBSCRIPTION

Online via journal's webpage:

www.journals.eco-vector.com/0869-8678/

INDEXATION

- SCOPUS • RSCI • Dimensions • Crossref
- Google Scholar • White list • eLibrary

TYPESET

complete in Eco-Vector

Proofreader: *S.I. Yali*

Layout editor: *Ph. Ignashchenko*

Cover: *Ph. Ignashchenko*

ISSN 0869-8678 (Print)

ISSN 2658-6738 (Online)

N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics

Volume 30 | Issue 4 | 2023

QUARTERLY PEER-REVIEW MEDICAL JOURNAL



The official publication of the Association
of Traumatologists and Orthopedists of Russia
(ATOR)

EDITOR-IN-CHIEF

Anton G. Nazarenko — professor of the Russian Academy of Sciences, MD,
Professor, Head of N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology
and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-1314-2887

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Marchel S. Vetrile — MD, N.N. Priorov National Medical Research Center
of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0001-6689-5220

Mikhail B. Tsykunov — MD, Professor the Department
"Medical Rehabilitation" at N.N. Priorov National Medical Research Center
of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-0994-8602

EXECUTIVE SECRETARY

Aleksandr I. Krupatkin — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research
Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0001-5582-5200

EDITORS-IN-CHIEF EMERITUS

Editor-in-Chief (1994–1998)

Yuliy G. Shaposhnikov, MD, Dr. Sci.
(Medicine), Professor

Editor-in-Chief (1999–2023)

Sergei P. Mironov, MD, Dr. Sci.
(Medicine), Professor

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.



Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова

Том 30 | Выпуск 4 | 2023

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Алиев М.Б.Д. — акад. РАН, д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0003-2706-4138

Базиндурашвили А.Г. — акад. РАН, д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии
им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
ORCID iD: 0000-0001-8123-6944

Бодрова Р.А. — д-р мед. наук, доцент
КГМА — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России,
Казань, Россия
ORCID iD: 0000-0003-3540-0162

Буйлова Т.В. — д-р мед. наук
Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия
ORCID iD: 0000-0003-0282-7207

Виссарионов С.В. — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии
им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
ORCID iD: 0000-0003-4235-5048

Голубев И.О. — д-р мед. наук, проф.
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,
Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0003-4235-5048

Губин А.В. — д-р мед. наук
Клиника высоких медицинских технологий
им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного
университета, Санкт-Петербург, Россия
ORCID iD: 0000-0003-3234-8936

Гуща А.О. — д-р мед. наук
ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0003-3451-5750

Дубров В.Э. — д-р мед. наук, проф.
ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0001-5407-0432

Еськин Н.А. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0003-4738-7348

Загородний Н.В. — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-6736-9772

Иванов П.А. — д-р мед. наук, проф.
ГБУЗ г. Москвы «НИИ скорой помощи им.
Н.В. Склифосовского» ДЗМ, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-2954-6985

Каграманов С.В. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-8434-1915

Карпенко В.Ю. — д-р мед. наук
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-8280-8163

Коновалов Н.А. — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, проф.
ФГАОУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0003-0824-1848

Крупаткин А.И. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0001-5582-5200

Кулешов А.А. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-9526-8274

Лежнев Д.А. — д-р мед. наук, проф.
ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России,
Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-7163-2553

Мачак Г.А. — д-р мед. наук
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-7163-2553

Михайлова Л.К. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
Scopus Author ID: 7101764310

Морозов А.К. — д-р мед. наук
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
Scopus Author ID: 57209689451

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
ORCID iD: 0000-0001-5753-8926

Мушкин А.Ю. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России,
Санкт-Петербург, Россия
ORCID iD: 0000-0002-1342-3278

Орлецкий А.К. — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «НМИЦ
травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава
России, Москва, Россия
Scopus Author ID: 25623584100

Очкуренко А.А. — д-р мед. наук, проф.
ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-1078-9725

Попков Д.А. — д-р мед. наук, проф., чл.-корр. Французской
Академии медицинских наук
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии
им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России,
Курган, Россия
ORCID iD: 0000-0002-8996-867X

Родионова С.С. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-2726-8758

Рябых С.О. — д-р мед. наук.
Научно-исследовательский клинический институт
педиатрии и детской хирургии имени академика
Ю.Е. Вельтищева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-8293-0521

Салтыкова В.Г. — д-р мед. наук, проф.
ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0003-3879-6457

Сергеев Н.И. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «РНЦПР» Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0003-4147-1928

Снетков А.И. — д-р мед. наук, проф.
ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-2435-6920

Солод Э.И. — д-р мед. наук, проф.
ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия
Scopus Author ID: 57192003306

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
ORCID iD: 0000-0003-0733-2414

Хубутия М.Ш. — акад. РАН, д-р мед. наук, проф.
ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи
им. Н.В. Склифосовского» ДЗМ, Москва, Россия
ORCID iD: 0000-0002-0746-1884

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
ORCID iD: 0000-0003-3016-8931

Кириенко А.
Клинический институт, Рощано, Италия
Scopus Author ID: 7007011714

Чаудхари М.
Госпиталь Чодри, Акола, Индия
ORCID iD: 0000-0002-6721-8843

Миткович М.Б. — проф.
Нишский университет, Ниш, Сербия
ORCID iD: 0000-0002-2800-9790

Мадан С.С. — д-р мед. наук
Детский госпиталь, Шеффилд, Великобритания
ORCID iD: 0000-0003-2604-3810

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

Кавагути Е.
Университет Тоямы, Япония
ORCID iD: 0000-0001-7710-6012

N.N. Priorov

Journal of Traumatology and Orthopedics

Volume 30 | Issue 4 | 2023

QUARTERLY PEER-REVIEW MEDICAL JOURNAL

EDITORIAL BOARD

Aliev M.B.D. — M.D., Professor, academician of the Russian Academy of Sciences, National Medical Research Center for Radiology, Moscow, Russia.
ORCID iD: 0000-0003-2706-4138

Baindurashvili A.G. — corresponding member of RAS, MD, Professor, Research children's orthopedic Institute G.I. Turner, Saint-Petersburg, Russia
ORCID iD: 0000-0001-8123-6944

Bodrova R.A. — MD, Professor, KSMA — Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, Kazan, Russia
ORCID iD: 0000-0003-3540-0162

Buylova T.V. — MD, N.I. Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University (UNN), Nizhny Novgorod, Russia
ORCID iD: 0000-0003-0282-7207

Viissarionov S.V. — corresponding member of RAS, MD, Professor, G.I. Turner National Medical Research Center of Pediatric Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
ORCID iD: 0000-0003-4235-5048

Golubev I.O. — MD, Professor, RUDN University, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-4235-5048

Gubin A.V. — MD, Dr. Sci. (Medicine), Hospital of Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
ORCID iD: 0000-0003-3234-8936

Gushcha A.O. — Research Center of Neurology, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-3451-5750

Dubrov V.E. — MD, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0001-5407-0432

Eskin N.A. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-4738-7348

Zagorodny N.V. — corresponding member of RAS, Professor, MD, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-6736-9772

Ivanov P.A. — MD, docent, Scientific Research Institute for Emergency Medicine named after N.V. Sklifosovsky of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-2954-6985

Kagramanov S.V. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-8434-1915

Karpenko V.Y. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-8280-8163

Konovalov N.A. — MD, Professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-0824-1848

Krupatkin A.I. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0001-5582-5200

Kuleshov A.A. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-9526-8274

Lezhnev D.A. — MD, Professor, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-7163-2553

Machak G.N. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-7163-2553

Mikhailova L.K. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
Scopus Author ID: 7101764310

Morozov A.K. — MD, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
Scopus Author ID: 57209689451

Murylev V.Yu. — MD, Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0001-5753-8926

Mushkin A.Yu. — MD, Professor, St. Petersburg National Medical Research Institute for Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia
ORCID iD: 0000-0002-1342-3278

Orletskiy A.K. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
Scopus Author ID: 25623584100

Ochkurenko A.A. — MD, Professor, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-1078-9725

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
ORCID iD: 0000-0002-8996-867X

Rodionova S.S. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-2726-8758

Ryabykh S.O. — MD, Dr. Sci. (Medicine), Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-8293-0521

Saltykova V.G. — MD, Professor, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-3879-6457

Sergeev N.I. — MD, Professor, Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR), Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-4147-1928

Snetkov A.I. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-2435-6920

Solod E.I. — MD, Professor, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia
Scopus Author ID: 57192003306

Solod E.I. — MD, Professor, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0003-0733-2414

Khubutiya M.S. — MD, Professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Research Institute for Emergency Medicine named after N.V. Sklifosovsky of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia
ORCID iD: 0000-0002-0746-1884

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
ORCID iD: 0000-0003-3016-8931

Kirienko A. — Clinical Institute, Rozzano, Italy
Scopus Author ID: 7007011714

Chaudhary M. — Chaudhary Trust Hospital, Akola, India
ORCID iD: 0000-0002-6721-8843

Mitkovic M.B. — University of Nis, Nis, Serbia
ORCID iD: 0000-0002-2800-9790

Madan S.S. — MBBS, FRCS, MCh, MBA, FlntLM, Sheffield Children's Hospital, Sheffield, United Kingdom
ORCID iD: 0000-0003-2604-3810

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

Kawaguchi Y. — Toyama University, Toyama, Japan
ORCID iD: 0000-0001-7710-6012

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

И.О. Голубев, Б.М. Газимиева, М.Е. Саутин, А.В. Королёв

Клинические тесты в диагностике повреждений ладьевидно-полулунной связки 385

И.К. Ерёмин, А.А. Данильянц, Е.В. Огарёв, Н.В. Загородний

Анализ ранних результатов применения прямого переднего доступа с кожным разрезом «бикини» при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава 393

М.П. Тепленький, В.С. Бунов, Д.Т. Фозилов

Сустав сберегающие операции у пациентов с ацетабулярной дисплазией, осложнённой нарушением сферичности головки бедра 409

С.В. Колесов, М.Б. Цыкунов, С.Б. Багиров, А.И. Казьмин, В.С. Переверзев

Оценка эффективности предоперационной гало-тракции пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии. 419

Д.В. Смоленцев, Ю.С. Лукина, Л.Л. Бионьшев-Абрамов, Н.Б. Сережникова, А.В. Ковалёв, Г.Н. Берченко

Определение эффективности протокола децеллюляризации ксеногенного костного матрикса в исследованиях *in vitro* и *in vivo* 431

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

И.В. Сулягин, А.В. Бурцев

Комбинированное использование чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова и пуговчатых фиксаторов при лечении застарелых наружных подвывихов стопы. Серия случаев 445

А.Д. Томов, Л.Ф. Габидуллина, Н.С. Шляпкинова, Х.-М.Х. Хачубаров, Д.А. Попков

Особенности лечения переломов бедра у детей с тяжёлыми формами детского церебрального паралича 457

А.Г. Назаренко, В.Ю. Карпенко, А.Ф. Колондаев, Н.А. Любезнов, Г.Н. Берченко, И.Н. Карпов,

М.В. Алексеев, А.М. Кузьминов, Ю.В. Алимова, А.Л. Карасёв, К.А. Антонов

Клинический случай хордомы крестца и копчика, имеющей массивный внутритазовый компонент (хирургическое лечение с кратким обзором литературы) 467

К.А. Гражданов, П.П. Зуев, О.А. Кауц, А.В. Баратов, И.А. Норкин

Ревизионные оперативные вмешательства после артродезирования голеностопного сустава с фиксацией ретроградным интрамедуллярным стержнем на фоне осложнений механического происхождения 481

Д.А. Большакова, А.А. Карданов, М.Н. Майсигов, А.В. Королёв

Ценность магнитно-резонансных исследований при использовании контрастного усиления и высокопольных томографов в диагностике невроты Мортон 491

ОБЗОРЫ

А.Г. Ельцин, Я.А. Иванов, Д.С. Мининков, Д.А. Гущина

Рассекающий остеохондрит мыщелка бедренной кости у детей. Лечение. Современные тенденции 501

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Е.С. Шигаев, С.О. Давыдов, А.М. Мироманов

VII Съезд травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа 513

ЮБИЛЕИ

К столетию со дня рождения! 521

— в открытом доступе на сайте журнала

CONTENTS

ORIGINAL STUDY ARTICLES

- Igor O. Golubev, Bella M. Gazimieva, Maksim E. Sautin, Andrey V. Korolev*
Clinical tests in the diagnosis of scapholunate ligament injuries 385
- Ivan K. Eremin, Armen A. Daniliyants, Egor V. Ogarev, Nikolai V. Zagorodniy*
Analysis of the early results of using the direct anterior approach with a skin incision “bikini”
in primary hip arthroplasty. 393
- Mikhail P. Teplenky, Vyacheslav S. Bunov, Jonibek T. Fozilov*
Joint-sparing surgery in patients with acetabular dysplasia complicated by sphericity of the femoral head 409
- Sergey V. Kolesov, Mikhail B. Tsykunov, Samir B. Bagirov, Arkadii I. Kazmin, Vladimir S. Pereverzev*
Evaluation of the effectiveness of preoperative halo-traction in patients with severe spinal
deformities using dynamography. 419
- Dmitriy V. Smolentsev, Yulia S. Lukina, Leonid L. Bionyshev-Abramov, Natalya B. Serejnikova,
Alexey V. Kovalev, Gennadiy N. Berchenko*
Determining the effectiveness of a xenogeneic bone matrix decellularization protocol
in *in vitro* and *in vivo* studies 431

CLINICAL CASES

- Ilya V. Sutyagin, Alexander V. Burtsev*
A case series of combined Ilizarov method and suture button fixation
in neglected syndesmosis injury. Case series 445
- Akhmed D. Tomov, Lilia F. Gabidullina, Natalya S. Shlyapnikova, Has-Magomed H. Hachubarov, Dmitriy A. Popkov*
Features of treatment of hip fractures in children with severe forms of cerebral palsy. 457
- Anton G. Nazarenko, Vadim Y. Karpenko, Aleksandr F. Kolondaev, Nikita A. Lyubeznov, Gennadiy N. Berchenko,
Igor N. Karpov, Alexey V. Alekseev, Aleksandr M. Kuzminov, Yuliya V. Alimova, Anatoliy L. Karasev, Kirill A. Antonov*
A clinical case of sacrum and coccyx chordoma having a massive intrapelvic component
(surgical treatment with a brief review of the literature). 467
- Konstantin A. Grazhdanov, Pavel P. Zuev, Oleg A. Kauts, Andrey V. Baratov, Igor A. Norkin*
Revision surgeries following ankle arthrodesis fixed with retrograde intramedullary
nails affected by mechanical complications 481
- Daria A. Bolshakova, Andrey A. Kardanov, Musa N. Maysigov, Andrey V. Korolev*
Diagnostic value of magnetic resonance imaging using contrast enhancement,
high-field tomographs in the detection of Morton’s neuroma. 491

REVIEWS

- Alexander G. Yeltsin, Iaroslav A. Ivanov, Dmitry S. Mininkov, Daria A. Gushchina*
Osteochondritis dissecans of the femur in children. Treatment. Modern tendencies 501

BRIEF MESSAGES

- Eugene S. Shigaev, Sergey O. Davydov, Alexander M. Miromanov*
VII Congress of traumatologists-orthopedists of the Far Eastern Federal District 513

ANNIVERSARY

- On the centenary of birth! 521

Open Access online

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto340922>

Клинические тесты в диагностике повреждений ладьевидно-полулунной связки

И.О. Голубев¹, Б.М. Газимиева^{2,3}, М.Е. Саутин³, А.В. Королёв^{2,3}¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;² Российский университет дружбы народов, Москва, Россия;³ Европейский медицинский центр, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Диагностика повреждений ладьевидно-полулунной связки кистевого сустава — одного из основных его стабилизаторов — при использовании неинвазивных инструментальных методов осложнена частыми ложными результатами обследования, в связи с чем клиническое тестирование имеет большое значение в постановке диагноза. При этом ограниченное количество существующих специфических тестов требуют оценки их прогностической точности.

Цель. Оценка диагностической значимости альтернативных специфических тестов в диагностике повреждений ладьевидно-полулунной связки.

Материалы и методы. В данном исследовании мы провели клинический осмотр и тестирование обоих кистевых суставов 50 испытуемых, не имевших жалоб на нарушение функции кистевых суставов или боль и отрицавших травматический анамнез. При клиническом тестировании анализировалось наличие либо отсутствие боли при пальпации в проекции ладьевидно-полулунного сочленения, а также проводились специфические тест Watson, тест баллотирования ладьевидной кости и тест Kleinman, для которых оценивалась специфичность.

Результаты. Специфичность пальпации области ладьевидно-полулунной связки как диагностического теста составила 84,0%, теста Watson — 96,0%, теста баллотирования ладьевидной кости — 98,0%, теста Kleinman — 87,0%. Общая специфичность клинических тестов составила 79,0%. Наибольшей специфичности достигает комбинация теста Watson, теста баллотирования ладьевидной кости и теста Kleinman (86,0%).

Заключение. Клиническое тестирование является важным диагностическим инструментом при подозрениях на повреждения ладьевидно-полулунной связки, однако польза изолированных клинических тестов не абсолютна, в связи с чем лучшим алгоритмом клинического обследования кистевого сустава может быть использование комбинации нескольких специальных клинических тестов.

Ключевые слова: ладьевидно-полулунная связка; клиническое обследование; клиническая диагностика; кистевой сустав.

Как цитировать:

Голубев И.О., Газимиева Б.М., Саутин М.Е., Королёв А.В. Клинические тесты в диагностике повреждений ладьевидно-полулунной связки // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 385–392. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto340922>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto340922>

Clinical tests in the diagnosis of scapholunate ligament injuries

Igor O. Golubev¹, Bella M. Gazimieva^{2,3}, Maksim E. Sautin³, Andrey V. Korolev^{2,3}

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

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

³ European Medical Center, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Non-invasive instrumental methods of scapholunate ligament injuries, one of the main wrist joint stabilisers, are complicated by frequent false results of examination, and therefore clinical testing is essential in making the diagnosis. At the same time, the limited number of existing specific tests requires evaluation of their prognostic accuracy.

AIM: Evaluating the diagnostic significance of alternative specific tests in the diagnosis of scapholunate ligament injuries.

MATERIALS AND METHODS: In this study, we performed clinical examination and testing of both carpal joints in 50 subjects who had no complaints of carpal joint dysfunction or pain and denied a history of trauma. In clinical testing, the presence or absence of pain during palpation in the projection of the scapholunate ligament was analysed, as well as the specific Watson test, the navicular balloting test and the Kleinman test, for which specificity was assessed.

RESULTS: The specificity of scapholunate ligament palpation as a diagnostic test was 84.0%, Watson test — 96.0%, navicular balloting test — 98.0%, Kleinman test — 87.0%. The overall specificity of clinical tests was 79.0%. A combination of Watson test, navicular balloting test and Kleinman test achieved the highest specificity (86.0%).

CONCLUSIONS: Clinical testing is an important diagnostic tool in suspected scapholunate ligament injuries, however the benefit of isolated clinical tests is not absolute and therefore the best algorithm for clinical examination of the wrist joint may be the use of several specific clinical tests in combination.

Keywords: scapholunate ligament; clinical examination; clinical diagnostics; wrist joint.

To cite this article:

Golubev IO, Gazimieva BM, Sautin ME, Korolev AV. Clinical tests in the diagnosis of scapholunate ligament injuries. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):385–392. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto340922>

ОБОСНОВАНИЕ

Ладьевидно-полулунная связка (ЛПС) — важный и наиболее часто повреждаемый первичный стабилизатор кистевого сустава [1–3]. Повреждения ЛПС и других стабилизаторов вызывают ладьевидно-полулунную нестабильность, которая при прогрессировании приводит к необратимым дегенеративным изменениям кистевого сустава [4].

Диагностика при подозрении на повреждения ЛПС затруднена широким дифференциальным диагностическим поиском, ложноположительными и ложноотрицательными результатами клинического тестирования и инструментального обследования и сложностью выбора адекватных методов исследования. При этом дифференциальная диагностика патологий и повреждений связок кистевого сустава начинается со сбора анамнеза и клинического тестирования, которое при внимательном проведении значительно увеличивает вероятность верной диагностики [5].

Ведущим клиническим проявлением повреждения ЛПС является боль в области кистевого сустава, появившаяся зачастую после падения с приземлением с опорой на разогнутую кисть. Помимо боли, пациенты могут предъявлять жалобы на снижение силы в кисти, ощущение болезненных или безболезненных щелчков при движениях в кистевом суставе, неспособность выполнять какие-либо действия с нагрузкой в положении разгибания кисти, локальную отёчность [1]. Пациенты могут жаловаться на локализованную боль в проекции ладьевидно-полулунного сочленения, либо боль может иметь диффузный, разлитой характер. Боль при пальпации отмечается в проекции ладьевидно-полулунного сочленения — на 1 см дистальнее бугорка Листера по тыльной поверхности кистевого сустава [6].

В клинической диагностике нестабильности ладьевидно-полулунного сочленения помимо пальпации используются три специальных клинических теста: тест Watson, тест баллотирования ладьевидной кости и тест Kleinman.

Сложность диагностики повреждений ЛПС состоит в том, что жалобы и клинические признаки неблагополучия не всегда присутствуют у пациентов с ладьевидно-полулунной нестабильностью. Клиническое обследование патологии ЛПС имеет сравнительно невысокие чувствительность и специфичность — 48 и 67% соответственно — в сравнении с результатами диагностической артроскопической ревизии кистевого сустава [7].

Несмотря на свою узкую направленность, а также на то, что монологический положительный тест Watson связан с повышенной частотой проявления клинической симптоматики повреждений ЛПС, тест не является абсолютно репрезентативным: ложноположительные результаты тестирования встречаются примерно у 20% пациентов, не имеющих жалоб или травмы в анамнезе, что усложняет клиническую диагностику [8].

Чувствительность и специфичность теста Watson в диагностике повреждений ЛПС составляют до 82 и 78% соответственно [7, 9–11].

Статистической аналитики теста баллотирования ладьевидной кости и теста Kleinman на данный момент нет.

Цель исследования — оценить диагностическую значимость альтернативных тестов у когорты здоровых участников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведён проспективный анализ результатов тестирования 100 кистевых суставов у 50 обследуемых участников, не отмечавших травмы кистевых суставов и не имевших жалоб на дискомфорт или боль в кистевых суставах в анамнезе. Ограничений амплитуды движений в кистевых суставах не было ни у одного из участников.

В исследовании участвовали лица в возрасте от 22 до 57 лет. Медиана распределения участников по возрасту составила 33 года, средний возраст — 36 лет. Распределение участников исследования по полу составило: 24 мужчины (48%) и 26 женщин (52%). Правая верхняя конечность оказалась доминирующей у 49 участников (98%), левая — у 1 участника (2%).

Каждому участнику проводились пальпация по тыльной поверхности кистевого сустава в проекции ладьевидно-полулунного сочленения, тестирование по Watson, тестирование баллотирования ладьевидной кости и тестирование по Kleinman. Оценивалось отсутствие или наличие болезненных ощущений, появляющихся в момент тестирования.

Клиническое тестирование

Тест смещения ладьевидной кости по Watson

Количество клинических тестов и специфичных для повреждения ЛПС симптомов крайне ограничено. Основным является тест Watson — манёвр смещения ладьевидной кости (Kirk Watson's scaphoid shift test) [9, 12].

Тестирование. Тестирующий охватывает запястье пациента ладонью кисти той же стороны, которая тестируется у пациента, с лучевой стороны, надавливая по ладонной поверхности на бугорок ладьевидной кости большим пальцем. Другой рукой исследователь держит руку пациента на уровне пястных костей и пассивно производит из локтевой девиации лучевую девиацию тестируемой кисти с небольшим ладонным сгибанием. Большой палец оказывает постоянное давление на бугорок ладьевидной кости до крайнего положения лучевой девиации (рис. 1).

Если в норме такое давление на ладьевидную кость преодолевается, то в случае нестабильности ладьевидной кости из-за повреждения ЛПС тест приводит к тыльному смещению ладьевидной кости по отношению к другим костям запястья. При прекращении давления большим пальцем на ладьевидную кость в крайнем положении

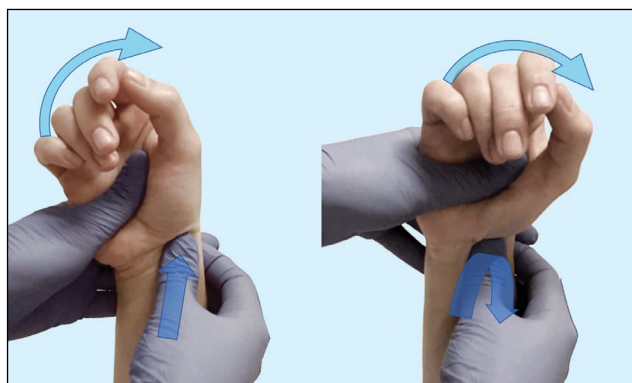


Рис. 1. Тест Watson: отведение кисти из локтевой девиации в лучевую с постоянным давлением на дистальный полюс ладьевидной кости.

Fig. 1. Watson test: radial deviation of the hand with constant pressure on the distal pole of the scaphoid.

лучевой девиации кисти ладьевидная кость резко смещается к ладони, что может ощущаться как щелчок. Для пациента как само тыльное смещение ладьевидной кости, так и щелчок при её резком смещении в ладонном направлении при положительном тесте являются болезненными (рис. 2).

Тест баллотирования ладьевидной кости

Вторым клиническим тестом является тест баллотирования ладьевидной кости (Scaphoid ballotement test).

Тестирование. Полулунная кость прочно стабилизируется большим и указательным пальцами одной кисти исследующего, а ладьевидная кость удерживается большим и указательным пальцами другой руки. Ладьевидную кость смещают в тыльную и ладонную стороны по отношению к полулунной (рис. 3). Тест положителен при наличии боли, крепитации и чрезмерной подвижности

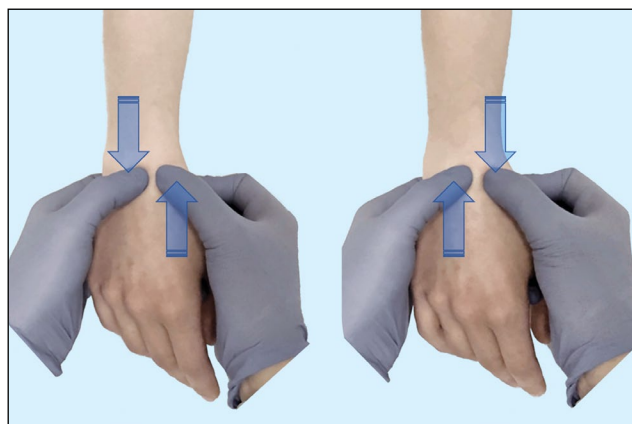


Рис. 3. Тест баллотирования ладьевидной кости: стабилизация полулунной кости пальцами одной руки и смещение ладьевидной кости в тыльную и ладонную стороны относительно полулунной кости.

Fig. 3. Scaphoid ballotement test: stabilization of the lunate with the fingers of one hand and displacement of the scaphoid dorsally and palmarly relative to the lunate.

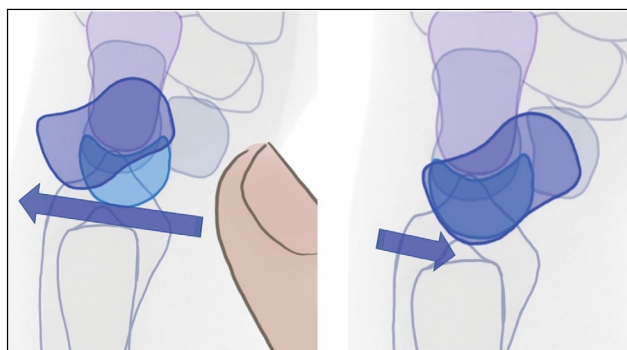


Рис. 2. Тест Watson: тыльное смещение ладьевидной кости при давлении на дистальный полюс и устранение смещения при прекращении давления.

Fig. 2. Watson test: dorsal subluxation of the scaphoid with pressure on the distal pole and elimination of displacement with pressure released.

ладьевидной кости в сравнении с контралатеральным кистевым суставом [6, 13] (рис. 4).

Тестирование по Kleinman

Также в качестве специфичного теста на повреждение ЛПС с прединамической нестабильностью можно использовать манёвр, описанный Kleinman [14].

Тестирование. Для выполнения теста необходимо попросить пациента максимально разогнуть пальцы в положении сгибания кисти. Данный тест рассчитан на увеличение давления на ладьевидно-полулунное сочленение, провоцирующее расширение ладьевидно-полулунного промежутка «вклинивающейся» в него головчатой костью за счёт тракции сухожилий в данном положении. Болезненность при подобном тестировании, по мнению автора теста, характерна для пациентов даже с незначительной ладьевидно-полулунной нестабильностью (рис. 5, 6).

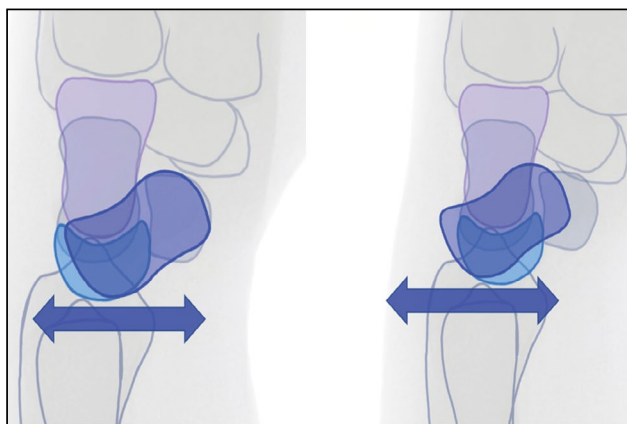


Рис. 4. Тест баллотирования ладьевидной кости: смещение ладьевидной кости в тыльную и ладонную стороны относительно полулунной кости.

Fig. 4. Scaphoid ballotement test: displacement of the scaphoid dorsally and palmarly relative to the lunate.

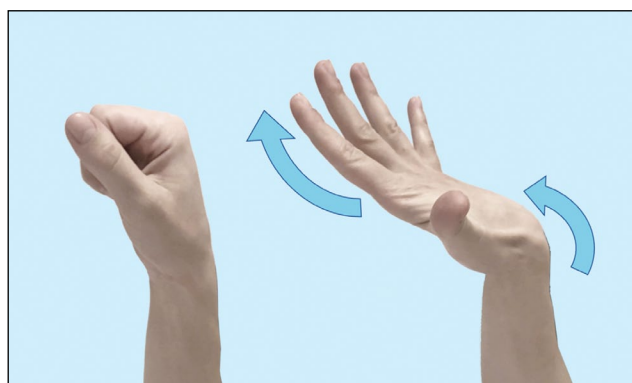


Рис. 5. Тест Kleinman: сгибание кисти с разгибанием пальцев.
Fig. 5. Kleinman test: flexion of the hand with extension of the fingers.

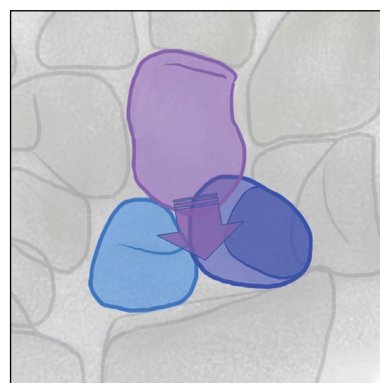


Рис. 6. Тест Kleinman: «вклинивание» головчатой кости с давлением на ладьевидно-полулунное сочленение.

Fig. 6. Kleinman test: interposition of the capitate with pressure on the scapholunate joint.

Статистический анализ

Расчёт специфичности клинических тестов выполнялся с помощью уравнения, описанного J. Yerushalmy [15].

Группы результатов тестирования были подвергнуты сравнительному анализу с применением непараметрического статистического *U*-критерия Манна–Уитни. Значимой связи между положительными симптомами выявлено не было ($p > 0,05$). Несмотря на отсутствие статистически значимой связи, было отмечено, что 3 из 4 случаев положительных тестов Watson наблюдались одновременно с положительным тестом Kleinman, оба положительных теста баллотирования ладьевидной кости — одновременно с тестами Watson и Kleinman.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Пальпация в проекции ЛПС провоцировала боль в 16% (16/100) кистевых суставов. Положительный (болезненный) тест Watson отмечался при тестировании 4 (4%) кистевых суставов, положительный тест баллотирования ладьевидной кости — в 2 (2%) случаях, тест Kleinman — в 21 (21%) случае.

Специфичность пальпации области ЛПС как диагностического теста составила 84,0% (95% доверительный интервал (ДИ) 75,3–90,6%). При анализе тестирования здоровых кистевых суставов по Watson выявлено 4 положительных

результата, что соответствует специфичности теста 96,0% (95% ДИ 90,1–98,9%). Выявленные при проведении теста баллотирования ладьевидной кости 2 положительных результата соответствуют специфичности теста 98,0% (95% ДИ 93,0–99,7%). Тестирование по Kleinman дало 13 положительных результатов, что соответствует специфичности теста 87,0% (95% ДИ 78,8–92,9%). Общая специфичность клинических тестов составила 79,0% (95% ДИ 69,7–86,5%). Результаты тестирования и анализа специфичности тестов представлены в табл. 1.

Специфичность тестирования комбинацией тестов без пальпации составила 86,0%, без теста Watson — 80,0%, без теста баллотирования ладьевидной кости — 79,0%, без теста Kleinman — 82,0%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Мы пришли к заключению, что клиническое тестирование ЛПС при жалобах на боль в кистевом суставе и его дисфункцию при наличии в анамнезе травм кистевого сустава является важным диагностическим инструментом, однако польза изолированного теста Kleinman, в частности, может быть спорной ввиду высокой частоты ложноположительных результатов. Лучшим алгоритмом клинического обследования кистевого сустава может быть

Таблица 1. Сравнение результатов анализа тестов

Table 1. Comparison of testing analysis results

Тест	Положительные результаты, <i>n</i>	Специфичность в исследовании, %	Специфичность в литературе, %
Watson	4	96,0	66 (LaStayo et al., 1995) 66,7 (Ruston et al., 2013) 61–78 (Schmauss et al., 2022)
Баллотирования ладьевидной кости	2	98,0	Данные отсутствуют
Kleinman	13	87,0	Данные отсутствуют

использование всех известных клинических тестов, специфичных для подозреваемой патологии.

Обсуждение основного результата исследования

В связи с затруднённой выявлению повреждений кистевого сустава клинические тесты активно применяются в дифференциальной диагностике. Тест Watson — не единственный описанный для диагностики повреждения ЛПС клинический тест, однако наиболее широко используемый. Существует несколько исследований эффективности теста Watson.

LaStayo с соавт. проанализировали чувствительность, специфичность и прогностические значения теста Watson наряду с двумя тестами, специфичными для диагностики причин боли в локтевой колонне запястья. Авторы оценили результаты тестирования 50 кистевых суставов, в которых пациенты испытывали боль не менее чем в течение 4 недель и для которых проводилась артроскопическая верификация диагноза. Результаты для теста Watson составили: чувствительность — 69%, специфичность — 66%, прогностичность положительного результата — 48%, прогностичность отрицательного результата — 78% [10].

Prosser с соавт. также исследовали диагностическую точность 7 тестов на патологии кистевого сустава, одним из которых был тест Watson. Авторы сравнивали результаты тестирования 105 кистевых суставов с артроскопическими находками и обнаружили положительное отношение правдоподобия 2,88 и отрицательное отношение правдоподобия 0,28 для теста Watson, классифицируя тест как умеренно полезный и для положительных, и для отрицательных результатов тестирования [16].

Ruston с соавт. оценивали диагностическую ценность клинического осмотра в сравнении с результатами магнитно-резонансной томографической (МРТ) визуализации (38 пациентов), так же как с результатами артроскопической верификации (66 пациентов). В сравнении с артроскопической ревизией клиническое тестирование по Watson в данном исследовании имело чувствительность 47,6%, специфичность — 66,7%, прогностичность положительного результата — 40,0%, прогностичность отрицательного результата — 73,2%, точность — 60,6%. Авторы отметили, что в сравнении с артроскопией результаты МРТ при этом превосходили клиническое тестирование по специфичности (88,5%), но уступали в чувствительности (16,7%) [7].

Schmauss с соавт. исследовали результаты клинического тестирования по Watson и артроскопической ревизии 486 кистевых суставов, при этом рассчитав относительные результаты ревизии для отдельных групп. Первую группу составила вся когорта пациентов с разделением в зависимости от наличия или отсутствия повреждения ЛПС. Вторую группу составили пациенты с выявленными повреждениями с разделением на подгруппу с повреждениями 1–2-й степени и подгруппу с повреждениями 3–4-й степени по артроскопической классификации Geissler [17]. Подобное разделение выявило,

что чувствительность и специфичность теста Watson увеличиваются в соответствии со степенью выявленного артроскопически повреждения ЛПС по Geissler [18].

Количество исследований, направленных на оценку точности клинической диагностики повреждений ЛПС, до сих пор является недостаточным, а исследований, включающих анализ тестов, помимо теста Watson, не проводилось [19].

Ограничения исследования

Наше исследование имеет несколько ограничений. Первое и основное ограничение — отсутствие сравнительной группы с подтверждёнными повреждениями ЛПС для подсчёта чувствительности клинических тестов. Второе и не менее важное ограничение — отсутствие инструментального подтверждения благополучия ЛПС у испытуемых участников исследования. Данные ограничения могли стать причиной несоответствия результатов данным существующих исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из результатов данного исследования, мы полагаем, что, с учётом высокой частоты ложноположительных результатов, тест Kleinman во время клинического обследования следует применять в совокупности с тестом Watson и тестом баллотирования ладьевидной кости, основываясь на жалобах пациентов и анамнезе, а также использовать инструментальные методы диагностики при подозрениях на повреждения ЛПС. Дизайн исследования не подразумевал полную оценку эффективности применения теста баллотирования ладьевидной кости и теста Kleinman, однако тот факт, что результаты исследования противоречат данным литературы, и высокий процент ложноположительных результатов тестирования по Kleinman предрасполагают к исследованию чувствительности теста для полноценного установления его диагностической ценности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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). Наибольший вклад распределён следующим образом: И.О. Голубев — разработка дизайна исследования, анализ литературных источников, анализ полученных данных, написание и редактирование текста статьи; Б.М. Газимиева — разработка дизайна исследования, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, проведение клинического тестирования испытуемых, анализ полученных данных, написание и редактирование текста статьи; М.Е. Саутин — проведение клинического тестирования испытуемых, анализ полученных данных, написание

и редактирование текста статьи; А.В. Королёв — разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание и редактирование текста статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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. I.O. Golubev — designed the study, performed literature review, analyzed data, wrote the manuscript with input from all authors; B.M. Gazimieva — designed the study, performed literature review, performed clinical testing, analyzed data, wrote the manuscript with input from all authors; M.E. Sautin — performed clinical testing, analyzed data, wrote the manuscript with input from all authors; A.V. Korolev — designed the study, analyzed data, wrote the manuscript with input from all authors.

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kitay A., Wolfe S.W. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management // *Journal of Hand Surgery*. 2012. Vol. 37, № 10. P. 2175–2196. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.07.035
2. Kuo C.E., Wolfe S.W. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management // *Journal of Hand Surgery*. 2008. Vol. 33, Issue 6. P. 998–1013. doi: 10.1016/j.jhsa.2008.04.027
3. Short W.H., Werner F.W., Green J.K., Masaoka S. Biomechanical evaluation of ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate // *Journal of Hand Surgery*. 2002. Vol. 27, № 6. P. 991–1002. doi: 10.1053/jhsu.2002.35878
4. Lane R., Tafti D., Varacallo M. Scapholunate Advanced Collapse. In: Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.
5. Fritz J.M., Wainner R.S. Examining diagnostic tests: an evidence-based perspective // *Physical Therapy*. 2001. Vol. 81, Issue 9. P. 1546–64. doi: 10.1093/ptj/81.9.1546. Режим доступа: <https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/81/9/1546/2857672>
6. Elzinga K.E., Kamnerdnakta S., Chung K.C. Concepts and artistry in the treatment of scapholunate ligament injuries // *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2018. Vol. 142, № 3. P. 322E–333E. doi: 10.1097/PRS.0000000000004690
7. Ruston J., Konan S., Rubinraut E., Sorene E. Diagnostic accuracy of clinical examination and magnetic resonance imaging for common articular wrist pathology // *Acta Orthopaedica Belgica*. 2013. Vol. 79, № 4. P. 375–380. Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24205765>
8. Easterling K.J., Wolfe S.W. Scaphoid shift in the uninjured wrist // *J Hand Surg Am*. 1994. Vol. 19, № 4. P. 604–6. doi: 10.1016/0363-5023(94)90265-8.
9. Watson K.H., Ashmead D., Makhlouf V.M. Examination of the scaphoid // *Journal of Hand Surgery*. 1988. Vol. 13, № 5. P. 657–660. doi: 10.1016/S0363-5023(88)80118-7
10. LaStayo P., Howell J. Clinical provocative tests used in evaluating wrist pain: a descriptive study // *Journal of Hand Therapy*. 1995. Vol. 8, № 1. P. 10–17. doi: 10.1016/S0894-1130(12)80150-5
11. Yao J., Skirven T., Osterman A.L., Culp R.W. Clinical assessment of the wrist. In: Cooney W.P. III, editor. *The wrist: Diagnosis and operative treatment*: 2nd edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. P. 119–150.
12. Голубев И.О., Шершнева О.Г. Диагностика острой карпальной нестабильности при переломах лучевой кости в «типичном месте» // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 1998. Т. 5, № 4. С. 20–23. doi: 10.17816/vto104826
13. Wolfe S.W., Kakar S. Instability. In: Wolfe S.W., Hotchkiss R.N., Pederson W.C., et al. *Green's operative hand surgery*: 8th edition. Philadelphia: Elsevier, 2021. 510 p.
14. Kleinman W.B. Physical examination of the wrist: Useful provocative maneuvers // *Journal of Hand Surgery*. 2015. Vol. 40, Issue 7. P. 1486–1500. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.01.016
15. Yerushalmy J. Statistical problems in assessing methods of medical diagnosis, with special reference to X-ray techniques // *Public health reports (Washington, D.C.: 1896)*. 1947. Vol. 62, № 40. P. 1432–1449. doi: 10.2307/4586294
16. Prosser R., Harvey L., LaStayo P., Hargreaves I., Scougall P., Herbert R.D. Provocative wrist tests and MRI are of limited diagnostic value for suspected wrist ligament injuries: A cross-sectional study // *Journal of Physiotherapy*. 2011. Vol. 57, № 4. P. 247–253. doi: 10.1016/S1836-9553(11)70055-8
17. Geissler W.B., Freeland A.E., Savoie F.H., McIntyre L.W., Whipple T.L. Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius // *J Bone Joint Surg Am*. 1996. Vol. 78, № 3. P. 357–65. doi: 10.2106/00004623-199603000-00006
18. Schmauss D., Pöhlmann S., Weinzierl A., Schmauss V., Moog P., Germann G., Bickert B., Megerle K. Relevance of the Scaphoid Shift Test for the Investigation of Scapholunate Ligament Injuries // *Journal of Clinical Medicine*. 2022. Vol. 11, № 21. P. 6322. doi: <https://doi.org/10.3390/jcm11216322>
19. Krastman P., Mathijssen N.M.C., Bierma-Zeinstra S.M.A., Kraan G.A., Runhaar J. Diagnostic accuracy of history taking, physical examination and imaging for non-chronic finger, hand and wrist ligament and tendon injuries: A systematic review update // *BMJ Open*. 2020. Vol. 10, № 11. doi: 10.1136/bmjopen-2020-037810

REFERENCES

1. Kitay A, Wolfe SW. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management. *Journal of Hand Surgery*. 2012;37(10):2175–2196. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.07.035
2. Kuo CE, Wolfe SW. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management. *Journal of Hand Surgery*. 2008;33(6):998–1013. doi: 10.1016/j.jhsa.2008.04.027
3. Short WH, Werner FW, Green JK, Masaoka S. Biomechanical evaluation of ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate. *Journal of Hand Surgery*. 2002;27(6):991–1002. doi: 10.1053/jhsu.2002.35878
4. Lane R, Tafti D, Varacallo M. *Scapholunate Advanced Collapse*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
5. Fritz JM, Wainner RS. Examining diagnostic tests: an evidence-based perspective perspective. *Physical Therapy*. 2001;81(9):1546–64. doi: 10.1093/ptj/81.9.1546. Available from: <https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/81/9/1546/2857672>
6. Elzinga KE, Kamnerdnakta S, Chung KC. Concepts and artistry in the treatment of scapholunate ligament injuries. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2018;142(3):322E–333E. doi: 10.1097/PRS.00000000000004690
7. Ruston J, Konan S, Rubinraut E, Sorene E. Diagnostic accuracy of clinical examination and magnetic resonance imaging for common articular wrist pathology. *Acta Orthopaedica Belgica*. 2013;79(4):375–380. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24205765>
8. Easterling KJ, Wolfe SW. Scaphoid shift in the uninjured wrist. *J Hand Surg Am*. 1994;19(4):604–6. doi: 10.1016/0363-5023(94)90265-8
9. Watson KH, Ashmead D, Makhlof VM. Examination of the scaphoid. *Journal of Hand Surgery*. 1988;13(5):657–660. doi: 10.1016/S0363-5023(88)80118-7
10. LaStayo P, Howell J. Clinical provocative tests used in evaluating wrist pain: a descriptive study. *Journal of Hand Therapy*. 1995;8(1):10–17. doi: 10.1016/S0894-1130(12)80150-5
11. Yao J, Skirven T, Osterman AL, Culp RW. Clinical assessment of the wrist. In: Cooney WP III, editor. *The wrist: Diagnosis and operative treatment*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. P. 119–150.
12. Golubev IO, Shershneva OG. Diagnosis of acute carpal instability in radial fractures. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 1998;5(4):20–23. (In Russ). doi: 10.17816/vto104826
13. Wolfe SW, Kakar S. Instability. In: Wolfe SW, Hotchkiss RN, Pederson WC, et al. *Green's operative hand surgery*. 8th ed. Philadelphia: Elsevier; 2021. 510 p.
14. Kleinman WB. Physical examination of the wrist: Useful provocative maneuvers. *Journal of Hand Surgery*. 2015;40(7):1486–1500. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.01.016
15. Yerushalmy J. Statistical problems in assessing methods of medical diagnosis, with special reference to X-ray techniques. *Public health reports (Washington, D.C.: 1896)*. 1947;62(40):1432–1449. doi: 10.2307/4586294
16. Prosser R, Harvey L, LaStayo P, Hargreaves I, Scougall P, Herbert RD. Provocative wrist tests and MRI are of limited diagnostic value for suspected wrist ligament injuries: A cross-sectional study. *Journal of Physiotherapy*. 2011;57(4):247–253. doi: 10.1016/S1836-9553(11)70055-8
17. Geissler WB, Freeland AE, Savoie FH, McIntyre LW, Whipple TL. Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78(3):357–65. doi: 10.2106/00004623-199603000-00006
18. Schmauss D, Pöhlmann S, Weinzierl A, Schmauss V, Moog P, Germann G, Bickert B, Megerle K. Relevance of the Scaphoid Shift Test for the Investigation of Scapholunate Ligament Injuries. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(21):6322. doi: 10.3390/jcm11216322
19. Krastman P, Mathijssen NMC, Bierma-Zeinstra SMA, Kraan GA, Runhaar J. Diagnostic accuracy of history taking, physical examination and imaging for non-chronic finger, hand and wrist ligament and tendon injuries: A systematic review update. *BMJ Open*. 2020;10(11). doi: 10.1136/bmjopen-2020-037810

ОБ АВТОРАХ

Голубев Игорь Олегович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-2568-7307;
eLibrary SPIN: 2090-0471;
e-mail: iog305@mail.ru

*** Газимиева Бэлла Магомедовна;**

адрес: Россия, 129110, Москва, Орловский пер., д. 7;
ORCID: 0000-0002-0700-6355;
eLibrary SPIN: 4836-9231;
e-mail: bellagazimieva@gmail.com

Саутин Максим Евгеньевич, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0001-9933-7102;
eLibrary SPIN: 4152-4596;
e-mail: msautin@emcmos.ru

Королёв Андрей Вадимович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-8769-9963;
eLibrary SPIN: 6980-6109;
e-mail: akorolev@emcmos.ru

AUTHORS' INFO

Igor O. Golubev, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: 0000-0003-2568-7307;
eLibrary SPIN: 2090-0471;
e-mail: iog305@mail.ru

*** Bella M. Gazimieva;**

address: 7 Orlovsky lane, 129110, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-0700-6355;
eLibrary SPIN: 4836-9231;
e-mail: bellagazimieva@gmail.com

Maksim E. Sautin, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0001-9933-7102;
eLibrary SPIN: 4152-4596;
e-mail: msautin@emcmos.ru

Andrey V. Korolev, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0002-8769-9963;
eLibrary SPIN: 6980-6109;
e-mail: akorolev@emcmos.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto313457>

Анализ ранних результатов применения прямого переднего доступа с кожным разрезом «бикини» при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава

И.К. Ерёмин¹, А.А. Данильянц², Е.В. Огарёв³, Н.В. Загородний^{3,4}¹ ООО «Нейро-клиника», Москва, Россия;² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия;³ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;⁴ Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В настоящее время при реконструкции тазобедренного сустава всё шире используются менее инвазивные методы, что обусловило повышение интереса к прямому переднему доступу и способствовало значительному росту его распространения в течение двух последних десятилетий. С анатомической точки зрения применение прямого переднего доступа при эндопротезировании тазобедренного сустава ассоциировано с меньшей травматизацией мягких тканей.

Цель. Оценить результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава путём использования прямого переднего доступа с кожным разрезом «бикини».

Материалы и методы. В исследование были включены 163 пациента с коксартрозом, в том числе 71 мужчина и 92 женщины, которые затем были рандомизированы в 2 группы: группу 1 (сравнения) — 78 пациентов, у которых применялся стандартный (боковой) доступ при выполнении первичного эндопротезирования тазобедренного сустава, и группу 2 (основная) — 85 пациентов, у которых при выполнении первичного эндопротезирования был использован прямой передний доступ. Для исследования эффективности предложенного подхода к эндопротезированию тазобедренного сустава использовали результаты динамической оценки жалоб (выраженность болевого синдрома) и функционального состояния поражённого сустава с помощью шкал Harris Hip Score и Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis Index WOMAC. При анализе безопасности хирургического лечения учитывали частоту послеоперационных осложнений.

Результаты. Всего в группе сравнения было отмечено 3 случая осложнений (3,9%), тогда как в основной группе количество осложнений в раннем послеоперационном периоде после эндопротезирования было ниже — 1 случай (1,2%). Оценка длительности стационарного лечения показала, что в группе сравнения значение этого показателя было равно 5–6 суткам, тогда как в основной группе оно было ниже, составляя 2–3 суток. Изучение динамики показателя оценки пациентами болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале показало, что через сутки после операции значение показателя в группе 2 составило $7,94 \pm 0,41$ балла и было статистически значимо ниже ($p < 0,05$) соответствующего показателя в группе 1 — $8,21 \pm 0,39$ балла.

Заключение. В послеоперационном периоде применение прямого переднего доступа при эндопротезировании тазобедренного сустава ассоциировано с меньшей выраженностью болевого синдрома, более быстрым восстановлением функциональности тазобедренного сустава и меньшей длительностью стационарного этапа лечения по сравнению с переднебоковым доступом.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава; прямой передний доступ; коксартроз; болевой синдром; послеоперационный период; послеоперационные осложнения; малоинвазивный доступ.

Как цитировать:

Ерёмин И.К., Данильянц А.А., Огарёв Е.В., Загородний Н.В. Анализ ранних результатов применения прямого переднего доступа с кожным разрезом «бикини» при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 393–407. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto313457>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto313457>

Analysis of the early results of using the direct anterior approach with a skin incision “bikini” in primary hip arthroplasty

Ivan K. Eremin¹, Armen A. Daniliyants², Egor V. Ogarev³, Nikolai V. Zagorodniy^{3,4}

¹ LLC “Neuro-clinic”, Moscow, Russia;

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

³ Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

⁴ Russian Peoples' Friendship University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The use of less invasive techniques in hip arthroplasty is on the rise, which has led to an increased interest in direct anterior access and contributed to a significant expansion of its use over the past two decades. From an anatomical point of view, the use of direct anterior access in hip arthroplasty is associated with less soft tissue trauma.

AIM: To evaluate the results of primary hip arthroplasty using direct anterior access with a “bikini” skin incision.

MATERIAL AND METHODS: 163 patients with coxarthrosis were enrolled in the study, including 71 men and 92 women, who were then randomised into 2 groups: group 1 (comparison) — 78 patients in whom a standard (lateral) access was used for primary hip arthroplasty, and group 2 (main) — 85 patients in whom a direct anterior access was used for primary hip arthroplasty. To study the effectiveness of the proposed approach to hip arthroplasty, we used the results obtained by dynamic assessment of complaints (severity of pain syndrome) and functional status of the affected joint using Harris Hip Score and Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis Index WOMAC scales. When analysing the surgical treatment safety, the incidence of postoperative complications was taken into account.

RESULTS: In total, 3 cases of complications (3.9%) were noted in the comparison group, whereas in the main group the number of complications in the early postoperative period after endoprosthesis was lower — 1 case (1.2%). The assessment of inpatient treatment duration showed that in the comparison group the value of this index was equal to 5–6 days, whereas in the main group it was lower, being 2–3 days. Studying the dynamics of the pain syndrome assessment index by the patients according to the visual analogue scale showed that a day after the operation the index value in group 2 was 7.94 ± 0.41 points which was statistically significantly lower ($p < 0.05$) than the corresponding index in group 1 — 8.21 ± 0.39 points.

CONCLUSION: In the postoperative period, the use of direct anterior access in hip arthroplasty is associated with a lower severity of pain syndrome, faster recovery of hip joint functionality, and shorter in-patient stay compared with anterolateral access.

Keywords: hip arthroplasty; direct anterior approach; coxarthrosis; pain syndrome; postoperative period; postoperative complications; minimally invasive approach.

To cite this article:

Eremin IK, Daniliyants AA, Ogarev EV, Zagorodniy NV. Analysis of the early results of using the direct anterior approach with a skin incision “bikini” in primary hip arthroplasty. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):393–407. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto313457>

INTRODUCTION

Increased life expectancy in most countries has resulted in increased occurrence of degenerative musculoskeletal diseases, with osteoarthritis (OA) of large joints being the most prevalent [1–3]. According to Jin et al. (2020), the global incidence of OA increased annually by 0.32% (95% confidence interval (CI): 0.28%–0.36%) from 1990 to 2017, with an overall increase of 9% over 28 years. Considering the general trend of aging worldwide, the number of new OA cases may increase even more rapidly [4].

OA accounted for 24.2% of all cases of musculoskeletal disorders in Russian adults, according to the 2016 statistics from the N.N. Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics. Among people of working age, OA accounts for 15.2% of musculoskeletal diseases, whereas among those of retirement age, this figure reaches 33.7% [5]. Previous data indicate the importance of developing and improving treatment methods for OA in large joints, specifically the prevalent disease coxarthrosis.

Endoprosthesis is the primary surgical method for treating hip joint pathologies. It can provide a rapid rehabilitation effect and significantly improve patients' quality-of-life [6–9]. Total hip arthroplasty (HA) is generally performed using a direct lateral or posterior approach (PA). However, owing to the increasing demand for minimally invasive surgical techniques, other approaches, such as the direct anterior approach (DAA) for HA, have gained popularity in recent years [10–13].

Less-invasive techniques are increasingly being used in hip reconstruction, leading to a growing interest in DAA. Its prevalence has significantly increased over the past two decades. DDA was first described by Hueter in 1881 [14] and was developed by Smith-Petersen, who used this approach in hip surgery. His initial publication was dated 1917. In 1980, Light and Keggi reported extensive experience using this approach for performing HA [15].

From an anatomical perspective, the use of DDA in HA is associated with less soft tissue trauma and contributes to greater surgical convenience [2, 16–19]. Currently, the frequency of applying different approaches during primary HA is determined based on surgeons' preferences, medical institutions' traditions, and other factors. However, there is no convincing clinical evidence to prove the advantages or disadvantages of using different approaches.

Thus, this study aimed to assess the outcomes of primary HA using the DAA with a bikini incision technique.

MATERIALS AND METHODS

Study design

A prospective study was conducted on patients referred to a clinic for HA.

Eligibility criteria

Patients were initially selected according to the following inclusion criteria:

- Patients of both sexes aged 18–79 years
- Idiopathic coxarthrosis or dysplastic coxarthrosis of the first degree according to Crowe classification and stage II–III according to the N.S. Kosinskaya classification and aseptic necrosis of the femoral head
- Voluntary consent of the patient to participate in the study and readiness for adequate cooperation during the course of the study

The final selection of participants was performed by excluding those who met the following exclusion criteria:

- Previous surgical treatment of the hip joint
- Pronounced overgrowth of marginal osteophytes of the acetabulum, significantly limiting visualization of the surgical site, and femoral defects, such as destruction or absence of the femoral medullary canal, which prevent correct insertion of the femoral component of the endoprosthesis
- Osteomyelitis at the proposed surgical site (pelvic bones, head, and neck or femoral condyles in patients with coxarthrosis)
- Purulent arthritis of the affected joint within 6 months preceding the planned surgery
- Purulent soft tissue infection in the area of the affected joint within 3 months preceding surgery
- Scarring in the proposed surgical intervention site, involving the bony components of the affected joint
- Severe osteopenia
- Acute thrombophlebitis
- Immobilization of the patient, unrelated to a joint lesion, which prevents mobilization by endoprosthesis (due to hemiparesis resulting from stroke, neurodegenerative diseases, or other causes)
- Primary arthrodesis with satisfactory or relatively satisfactory functional outcome in the absence of pain syndrome
- Pregnancy and/or lactation
- Acute infectious-inflammatory diseases of any etiology or concomitant chronic infectious diseases in the active phase (e.g., tuberculosis, viral hepatitis, and HIV infection)
- Chronic inflammatory foci requiring sanitation, any localization
- Anemia of any degree and origin
- Erosive and ulcerative lesions of the gastrointestinal tract
- Grade 3 morbid obesity
- Severe concomitant somatic pathology with significant function impairment of the corresponding organs (uncontrolled arterial hypertension, decompensated diabetes mellitus, hemodynamically significant heart rhythm and conduction disorders, recent myocardial infarction or stroke, severe heart defects, acute and

chronic diseases of the lungs, liver and/or kidneys in the acute stage with the development of cardiac, respiratory, and hepatic and/or renal failure)

- Severe mental disorders or neurological diseases

Study settings

The study was conducted from 2019 to 2023 at the Traumatology and Orthopedics Departments of MEDSI Clinical Hospital No. 1 and Yusupov Hospital in Moscow, Russia.

Methods of target assessment

The outcomes of primary HA between patients with idiopathic coxarthrosis, dysplastic coxarthrosis, and aseptic necrosis of the femoral head using both standard lateral and DAA were compared.

A clinical examination showed the nature, severity, and conditions of pain syndrome in the affected joint. Furthermore, a dynamic assessment of pain using the standard visual analog scale (VAS) was performed from postoperative days 1 to 21.

The effectiveness of the proposed approach to HA was studied by analyzing the results of dynamic assessment of complaints (pain syndrome severity) and functional status of the affected joint using the Harris Hip Score and Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) scales.

The incidence of postoperative complications was considered when analyzing the safety of surgical treatment.

Patients in group 1 (comparison group) underwent total primary HA using the standard Hardinge lateral approach [20].

Patients in group 2 underwent intervention using DDA with the bikini incision technique. This method minimizes damage to the posterior capsule and external rotators, reducing the risk of joint instability, and preserves the tendon and muscle of the thigh broad fascia, which stabilize the lower limb during dynamic step loading while walking. Furthermore, the attachment sites of the small and middle gluteal muscles are preserved. This approach enables visualization of all anatomical structures relevant to the surgeon during surgery, facilitating accurate positioning of the endoprosthesis components.

The use of DDA in HA allows surgery to be performed on any standard orthopedic table without significant limitations (Fig. 1). Thus, in inferior and superior capsulotomy of the hip joint in "position no. 4," external rotation is conducted and the operated limb is brought under the contralateral limb. This approach enables surgery without the need for a specialized orthopedic table and avoids the need for hip hyperextension. After medial and lateral capsulotomy, a retractor is used to translate the hip into the surgical wound.

The optimal and safe position of the patient during DDA is the supine position. This position allows the surgeon to measure and adjust the length of the lower extremities individually for each patient as planned during preoperative preparation.

The patient was positioned supine on a standard surgical table with the legs draped loosely (Fig. 2). A skin incision was made in the pubic area, three fingerbreadths distal to the anterior superior iliac spine, with 2/3 of the incision lateral and 1/3 medial to the spine (Fig. 3). The tensegrity of the broad fascia in the abdomen was identified and incised (Fig. 4 and 5). After opening the space between the tensor of the broad fascia and rectus muscle, the lateral circumflex artery was coagulated.

The surgical procedure began with anterior capsulotomy and head extraction (neck fillet and head removal) (Fig. 6–8), followed by inferior and superior capsulotomy. To perform inferior capsulotomy (or pubofemoral ligament release), the patient's contralateral limb was placed over the contralateral limb to allow for slight external rotation. This allowed for surgical intervention of the small acetabulum and pubic–femoral ligament. For upper capsulotomy, the leg is positioned neutrally, and the bone hook is attached to the dense posteromedial region of the femur below the fibula (*calcar femorale*). This allows the femur to be pulled laterally and anteriorly, enabling the operating surgeon to clearly define the moment of release completion.

After capsular release, visualization of the acetabulum was simplified (Fig. 9). The femur is displaced posteriorly using a posterior retractor, which exposes the transverse acetabular ligament. Expansion can be initiated using either conventional or offset reamers (Fig. 10).

The femur is exposed by pulling on the bone hook in the anterior and lateral directions. This allows the soft tissue to be retracted using the femoral retractor. The retractor is placed at the level of the capsular release and provides an elevated position of the proximal femur. The leg is not extended but is placed under the opposite leg in a reduced position with slight external rotation (Fig. 4). A second retractor is used to expose the posteromedial aspect of the femur. The formation of the femoral component bed using rasps and the subsequent endoprosthetic steps are performed in the same manner as in the anterolateral approach [20] (Fig. 11–14).

During the surgical procedures, the authors used an optical image converter (OIC) to accurately position the acetabular component. The use of OIC for intraoperative correction of component placement decreases as surgical experience increases (>50 operations per year according to the learning curve).

The authors recommend using Müller-type femoral components for endoprosthesis placement and selecting the head diameter based on acetabular socket size. The recommended diameters are 28, 32, and 36 mm. The authors frequently use a head diameter of 32 mm.

In a prospective study, the only complication observed with DDA using a bikini incision was injury to the lateral cutaneous nerve of the thigh. Neuropathy of this nerve resolved spontaneously 2 months after surgery. We did



Fig. 1. Patient positioning.



Fig. 2. Operating field preparation.



Fig. 3. Projection of the skin incision "bikini".

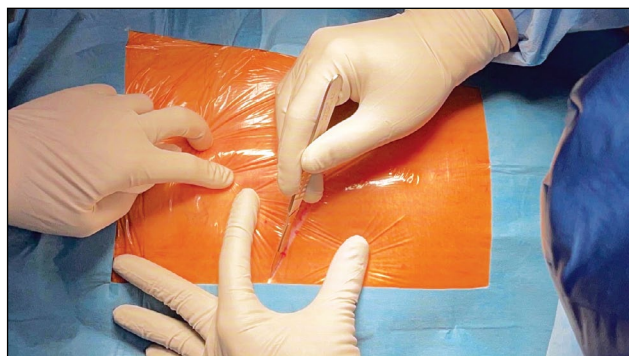


Fig. 4.1. Making an incision.

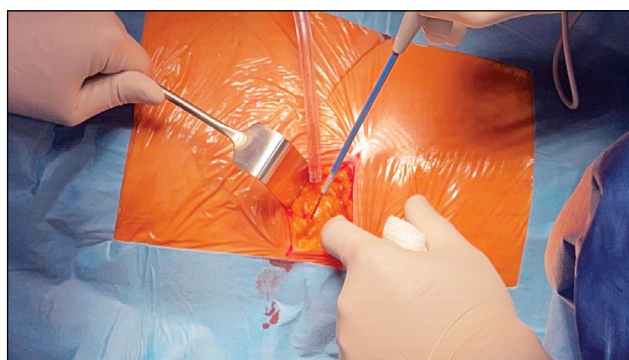


Fig. 4.2. Coagulation of the vessels of the subcutaneous fat.

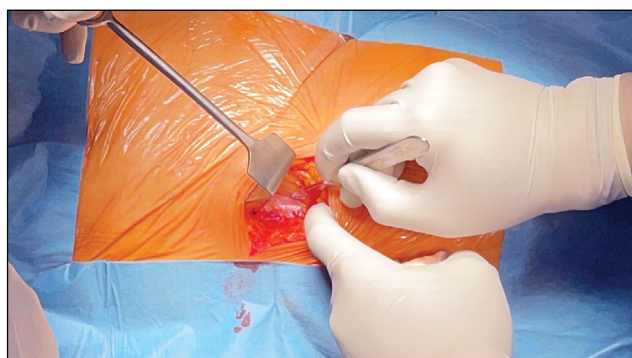


Fig. 5. Opening the fascia of the musculus tensor fasciae latae.

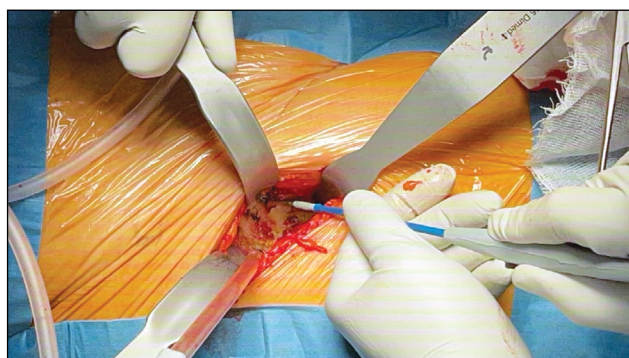


Fig. 6. Capsulotomy.

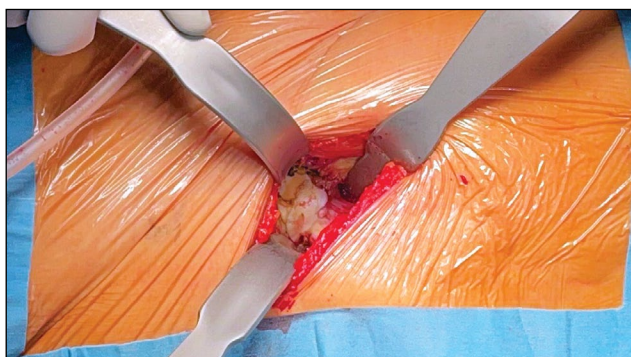


Fig. 7. Visualization of the neck of the left femur and preparation for osteotomy.

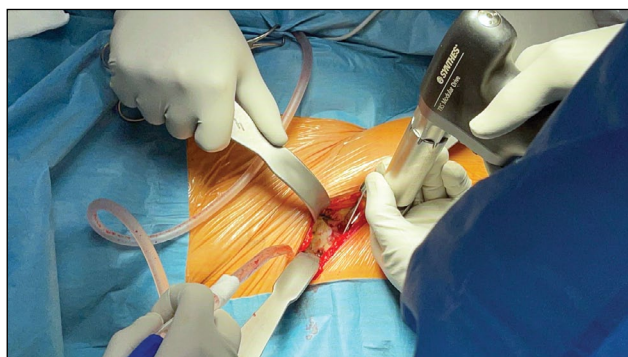


Fig. 8. Osteotomy of the femoral head.



Fig. 9. Visualization of the acetabular cavity before treatment.



Fig. 10.1. Treatment of the acetabulum.

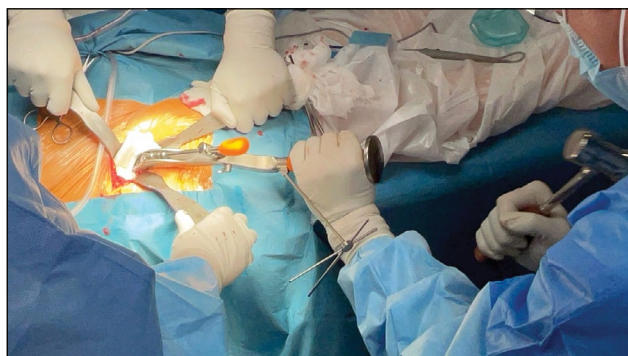


Fig. 10.2. Installation of the acetabular component.

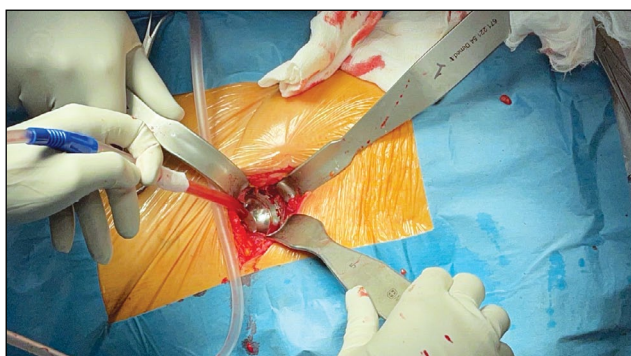


Fig. 10.3. Acetabular component set.



Fig. 11. Formation of the bone channel.



Fig. 12. Insertion of the femoral component.



Fig. 13. Limb length check.



Fig. 14. Postoperative suture.

not observe this complication when using DDA with a perpendicular skin incision (caudal–cranial).

Ethical review

All manipulations performed in research involving human subjects were conducted in accordance with the standards of the local ethics committee and the 1964 Declaration of Helsinki and its later amendments or comparable ethical standards. Formal consent from the local ethical committee was not required for this type of research.

Statistical analysis

The study results were analyzed using the StatSoft Statistica 10 and Microsoft Excel 2016 software packages. Mean values with standard errors of the mean were calculated, whereas qualitative parameters were presented as frequencies of occurrence of features as a percentage of the total number of patients in the respective groups.

Intergroup comparisons of quantitative indicators were conducted using the Mann–Whitney rank nonparametric test in cases of nonparametric distribution of indicator values and/or significant differences in dispersions between

groups. Differences in qualitative parameters were analyzed using the chi-square or Fisher's exact test. Significance was determined at a p-value below the null hypothesis statistical significance level (alpha) of 0.05.

RESULTS

Participants

The study included 163 patients (men, 71; women, 92) with coxarthrosis who were randomized into two groups:

- Group 1 (comparison group): 78 patients who underwent primary HA using the standard (lateral) approach
- Group 2 (main group): 85 patients who underwent primary endoprosthetic replacement using DDA

All the study patients underwent a thorough preoperative examination. The primary method of treatment was endoprosthesis of the affected joint. After surgery, patients were followed up for 12 months to assess joint function, clinical parameters, complications, and outcomes.

The distribution of patients based on the OA stage, according to the N.S. Kosinskaya classification, was similar in both the main and control groups. Stage 3 OA was prevalent in both groups, diagnosed in 29 patients (60.4%) in group 1 and 33 (58.9%) in group 2. Stage 2 OA was less frequent in both groups, with 15 patients (31.3%) in group 1 and 17 (30.4%) in group 2. Surgical intervention was the least frequent in cases of stage 1 OA with severe pain syndrome. This was confirmed in four patients (8.3%) in the comparison group and in six patients (10.7%) in the main group. No statistically significant differences were noted between the groups in the frequency of different OA stages ($p > 0.05$ for all comparisons).

The average age of patients in the main and comparison groups was 64.2 ± 9.3 years and 66.5 ± 10.2 years, respectively. The sex and age composition of patients with coxarthrosis was comparable in both study groups ($p > 0.05$).

Main results of the study

Analysis of the incidence of complications in the early postoperative period after HA revealed that infectious complications were observed in one patient (1.3%) in group 1,

Table 1. The frequency of complications in the early postoperative period after hip arthroplasty using various approaches

Complications	Group 1 (comparison group), <i>n</i> =78		Group 2 (main group), <i>n</i> =85	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Infectious-inflammatory process (ligature fistula)	1	1,3	–	–
Damage to the lateral cutaneous nerve of the thigh	–	–	1	1,2
Damage to the medial gluteal nerve	2	2,6	–	–
Total	3	3,9	1	1,2

whereas no such complications were observed in group 2 (Table 1). In group 1, two cases (2.6%) of upper gluteal nerve injury occurred, whereas in group 2, one patient (1.2%) experienced neuropathy of the lateral cutaneous nerve of the thigh.

In the comparison group, there were three cases (3.9%) of complications. However, in the main group, only one case (1.2%) of complications was observed during the early postoperative period after HA.

The assessment of hospitalization duration revealed that in the comparison group, the indicator value was 5–6 days, whereas in the main group, it was to 2–3 days. This difference in hospital stay duration was due to a shorter postoperative rehabilitation time, reduced need for opioid analgesia associated with a decrease in pain severity, and accelerated resumption of self-care.

This study analyzed the dynamics of the index of patients' pain syndrome assessment by VAS. The results showed that a day after surgery, the index value in group 2 was 7.94 ± 0.41 points, which was significantly lower ($p < 0.05$) than that in group 1, which was 8.21 ± 0.39 points (Fig. 15).

On postoperative days 3 and 7, both groups showed a further decrease in the VAS pain score. However, the main

group had statistically significantly lower levels of this parameter ($p < 0.05$) than the comparison group.

Subsequently, the trend persisted. After 14 and 21 days, the index value in group 2 was 2.57 ± 0.31 and 2.07 ± 0.23 points, respectively. These values were significantly lower ($p < 0.05$) than those in group 1, which were 4.89 ± 0.62 and 3.24 ± 0.53 points, respectively.

The present study evaluated the dynamics of the pain index according to the WOMAC scale in patient groups who underwent HA using different approaches. Before surgery, the pain index values were similar between the study groups (range: 27.7–28.3 points) (Table 2). After 1 month, the pain index value in the main group decreased to 19.8 ± 2.0 points, which was significantly lower ($p < 0.05$) than the comparison group's value of 25.2 ± 2.9 points.

After 3 months, the pain index value decreased in both groups. The correlations remained the same: the main group had a significantly lower index value ($p < 0.05$) than the comparison group. However, after 6 months, the index level did not differ between the patient groups, regardless of the surgical approach used during HA, according to the WOMAC scale.

One year after surgery, the value of this parameter decreased to 13.2 ± 1.4 and 11.8 ± 0.9 points in groups 1 and 2,

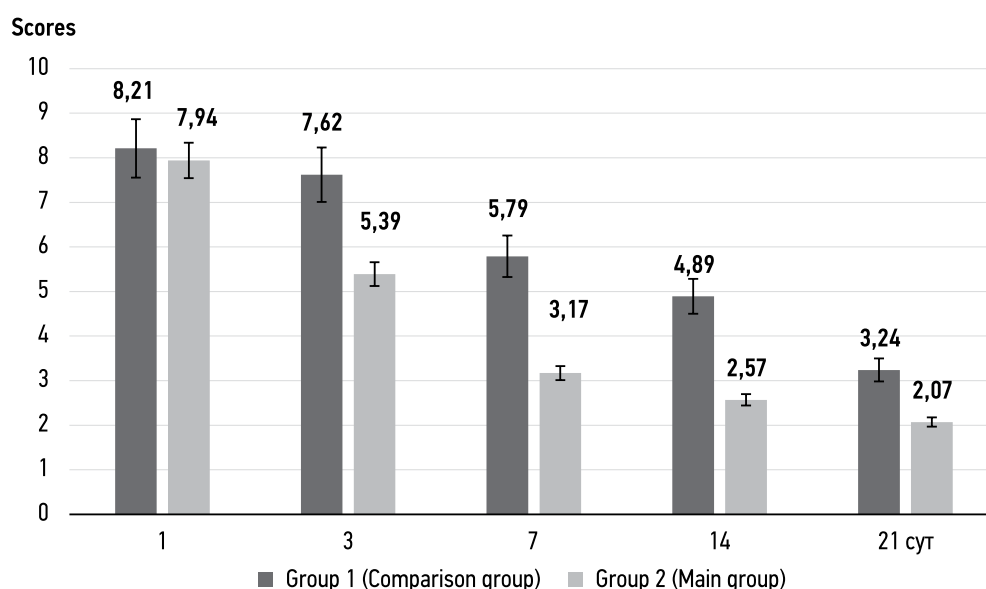
**Fig. 15.** Dynamics of patients' subjective assessment of pain syndrome according to the visual analogue scale after hip arthroplasty using various approaches.

Table 2. Dynamics of pain assessment according to the WOMAC scale, points ($M \pm m$)

Study period	Group 1 (comparison group), $n=78$	Group 2 (main group), $n=85$
Before surgery	28,3 $\pm$ 2,6	27,7 $\pm$ 2,1
After 1 month	25,2 $\pm$ 2,9	19,8 $\pm$ 2,0*
After 3 months	22,1 $\pm$ 1,7	17,5 $\pm$ 2,2*
After 6 months	18,3 $\pm$ 2,0	16,6 $\pm$ 1,9
After 12 months	13,2 $\pm$ 1,4	11,8 $\pm$ 0,9

Note (here and in Table 3–5). * — statistically significant intergroup differences ($p < 0.05$) when compared with the corresponding indicator of group 1 (Mann–Whitney test), WOMAC — Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index.

respectively. However, the revealed differences did not reach statistical significance ($p=0.062$).

Analysis of the dynamics of the WOMAC stiffness score showed a significant decrease in both groups during the follow-up period. After 1 month, the value of this parameter in the main group was 66.5 $\pm$ 7.3 points, which was statistically significantly lower ($p < 0.05$) than that in the comparison group, which was 83.9 $\pm$ 6.5 points (Table 3).

After 3 months, the correlation remained unchanged: the index value in the main group was significantly lower than that in the comparison group. At 6 months and 1 year later, the WOMAC values in the main group were slightly lower than those in the comparison group; however, the difference was not statistically significant ($p > 0.05$), regardless of the surgical approach used for HA.

This study analyzed functional activity limitation using the WOMAC scale. Before surgery, the index values did not differ between the study groups (range: 6.93–7.31 points) (Table 4). One month after HA, the main group's index level decreased to 5.89 $\pm$ 0.74 points, which was significantly lower ($p < 0.05$) than that in the comparison group (6.68 $\pm$ 0.63 points).

After 3 months, both groups showed a decrease in the index level. The main group had a significantly lower value of the parameter on the WOMAC scale than the comparison group ($p < 0.05$). However, no significant changes in the index were observed after 6 and 12 months, and the values in both study groups were not statistically different.

The present study evaluated the dynamics of the total WOMAC score in patient groups who underwent HA using different approaches. Before surgery, the values in the study groups did not differ (range: 129.7–130.9 points) (Table 5). After 1 month, the value of this parameter in the main group decreased to 92.2 $\pm$ 8.3 points, which was significantly lower ($p < 0.05$) than that in the comparison group (115.7 $\pm$ 7.8 points).

At 3 and 6 months after surgery, the pain index value continued to decrease in both groups, and the correlations remained consistent. The main group had a statistically significantly lower index value ($p < 0.05$) than the comparison group.

However, after 12 months, the total WOMAC scores for groups 1 and 2 were 73.2 $\pm$ 6.9 and 66.8 $\pm$ 7.3 points,

respectively, and the differences were not statistically significant ($p=0.089$).

The total Harris Hip Score was slightly higher in the main group than in the comparison group 1 month after HA. However, no significant intergroup differences were observed (Table 6).

Table 3. Dynamics of stiffness assessment according to the WOMAC scale, points ($M \pm m$)

Study period	Group 1 (comparison group), $n=78$	Group 2 (main group), $n=85$
Before surgery	95,3 $\pm$ 8,9	96,1 $\pm$ 9,5
After 1 month	83,9 $\pm$ 6,5	66,5 $\pm$ 7,3*
After 3 months	70,5 $\pm$ 7,3	58,8 $\pm$ 5,7*
After 6 months	61,4 $\pm$ 6,5	54,3 $\pm$ 5,9
After 12 months	54,2 $\pm$ 5,3	49,2 $\pm$ 6,2

Table 4. Dynamics of assessment of functional activity according to the WOMAC scale, points ($M \pm m$)

Study period	Group 1 (comparison group), $n=78$	Group 2 (main group), $n=85$
Before surgery	7,31 $\pm$ 0,87	6,93 $\pm$ 1,01
After 1 month	6,68 $\pm$ 0,63	5,89 $\pm$ 0,74*
After 3 months	6,19 $\pm$ 0,79	5,41 $\pm$ 0,65*
After 6 months	5,98 $\pm$ 0,43	5,63 $\pm$ 0,52
After 12 months	5,83 $\pm$ 0,64	5,59 $\pm$ 0,45

Table 5. Dynamics of the total score on the WOMAC scale, points ($M \pm m$)

Study period	Group 1 (comparison group), $n=78$	Group 2 (main group), $n=85$
Before surgery	130,9 $\pm$ 8,9	129,7 $\pm$ 10,3
After 1 month	115,7 $\pm$ 7,8	92,2 $\pm$ 8,3*
After 3 months	98,7 $\pm$ 6,6	81,7 $\pm$ 7,5*
After 6 months	85,8 $\pm$ 7,3	76,5 $\pm$ 6,8*
After 12 months	73,2 $\pm$ 6,9	66,8 $\pm$ 7,3

Table 6. Evaluation of the total score of the Harris Hip Score scale, points ($M \pm m$)

Study period	Group 1 (comparison group), $n=78$	Group 2 (main group), $n=85$
Before surgery	40,7 $\pm$ 3,3	41,3 $\pm$ 3,9
After 1 month	72,2 $\pm$ 6,7	80,9 $\pm$ 7,8*
After 3 months	79,7 $\pm$ 7,3	91,8 $\pm$ 8,4*
After 6 months	85,3 $\pm$ 5,9	93,2 $\pm$ 6,5
After 12 months	84,8 $\pm$ 3,8	92,8 $\pm$ 4,7

Note. * — statistically significant intergroup differences ($p < 0.05$) when compared with the corresponding indicator of group 1 (Mann–Whitney test).

After 1 month, the value of this parameter increased to 80.9 $\pm$ 7.8 points in the main group, which was statistically significantly higher ($p < 0.05$) than that in the comparison group (72.2 $\pm$ 6.7 points).

After 3 months, the value of this parameter increased in both groups of patients. The total Harris Hip Score in the main group was significantly higher ($p < 0.05$) than that in the comparison group. The values in groups 1 and 2 were 79.7 $\pm$ 7.3 and 91.8 $\pm$ 8.4 points, respectively.

After 6 and 12 months, the value of this parameter was slightly higher in the main group than in the comparison group, although the differences were not statistically significant ($p=0.094$).

DISCUSSION

Endoprosthesis is the primary surgical method for treating hip joint pathology [21–23]. Although various approaches to performing HA have been proposed, a consensus on the optimal surgical method regarding effectiveness and safety remains unclear [24, 25].

The study results indicate several advantages of using DDA in HA. The use of DDA in HA is associated with less severe pain, faster recovery of hip joint functionality, and shorter hospital stays compared with the anterolateral approach, which was confirmed by the following statistically significant intergroup differences:

- Lower subjective pain scores on VAS in the DDA group than in the anterolateral approach group
- Lower scores on the pain subscale of the WOMAC questionnaire
- Higher scores on the pain subscale of the Harris Hip Score questionnaire
- Lower scores on the functional activity subscale of the WOMAC questionnaire
- Higher scores on the function subscale of the Harris Hip Score

Considering the less-invasive and traumatic nature of DDA compared with the standard anterolateral approach, it is reasonable to use this approach for all patients indicated

for HA, including patients with coxarthrosis and pronounced degenerative changes in the hip joint, persistent joint function impairment, and symptomatic coxarthrosis with any severity of degenerative changes in the absence of conservative therapy efficacy.

The obtained data are consistent with the results reported by other authors. For instance, a meta-analysis of data from seven randomized controlled clinical trials involving 600 patients conducted by Peng et al. [26] compared the use of DDA and PA in primary HA. The study showed that the duration of surgery was on average 13.74 min longer with the use of DDA (95% CI, 6.88–20.61; $p < 0.0001$). No significant differences were found regarding skin incision length, length of hospital stay, blood loss volume, hemotransfusion rate, and complication rate. The patients who underwent HA with DDA had significantly higher early functional outcome scores than those who underwent PA. The use of DDA resulted in better pain scores on the VAS on postoperative days 1 and 2 ($p < 0.001$) and a higher Harris Hip Score at 6 weeks after surgery ($p=0.02$).

Maldonado et al. [27] have analyzed the results of HA performed between 2008 and 2016. Patients who underwent endoprosthesis replacement using DDA and PA were followed up for 2 years. The study evaluated the Harris Hip Score, Forgotten Joint Score-12 (FJS-12), Veterans RAND 12 Mental (VR-12 Mental), Veterans RAND 12 Physical (VR-12 Physical), and the SF-12 brief quality-of-life questionnaire. The comparison of scores showed that the patients who received DDA had significantly higher scores in VR-12 Mental ($p=0.0145$), VR-12 Physical ($p=0.0236$), SF-12 Mental ($p=0.0393$), and SF-12 Physical ($p=0.0391$). However, the Harris Hip Score ($p=0.0737$) and FJS-12 ($p=0.2900$) were comparable between the groups. Patients who underwent HA using DDA reported a higher quality-of-life than those who underwent surgery using PA.

In an evaluation of the safety of using DDA during HA, Rivera et al. [28] have evaluated the incidence of complications and compared the results with literature data. The retrospective study included patients who underwent HA with DDA and had a follow-up period of at least 1 year. The study was conducted in a large medical center between January 2010 and December 2019. A total of 394 patients underwent HA in 412 hip joints, with a mean follow-up time of 64.8 months (range: 12–120 months). During the follow-up period, revision endoprosthesis was performed in seven cases. Complications observed included cortical perforation, intraoperative fracture of the vertebral and lateral cortical wall, diaphyseal fracture, and late aseptic loosening. Furthermore, the use of DDA was associated with a lower incidence of dislocation. The authors noted that careful patient selection and preoperative planning, a high level of specialist training, and intraoperative visualization can reduce the incidence of complications when performing surgery using this approach.

Taunton et al. [29] have analyzed data from 316 patients who underwent primary unilateral HA. The patients were

randomized into two groups: group 1 underwent DDA intervention and group 2 underwent posterolateral approach (PLA) for HA. When evaluating the intervention, differences in early functional recovery rates were found between performing DDA and using PLA. These differences included the time to discontinuation of walker use (10 and 15 days, $p=0.01$) and time to discontinuation of all walking aids (17 and 24 days, $p=0.04$). The only other difference in early functional measures was that 2 weeks after surgery, the mean number of steps per day was 3897 in the DDA group and 2235 in the PLA group ($p<0.01$).

According to several specialists, HA using minimally invasive DDA can allow femoral elevation without damaging the thigh broad fascia, tensor of the broad fascia, and medial and small gluteal muscles. This is in contrast to the anterolateral and direct lateral approaches. Additionally, DDA enables effective control of limb length restoration while the patient is in the supine position [2, 18, 30–32].

CONCLUSIONS

The study results indicate that using DDA during HA provides the following benefits:

- Good visualization when treating the acetabulum and femur
- No damage to the broad fascia of the thigh and muscle that tenses the broad fascia
- No damage to the greater, medial, and lesser gluteal muscles of the thigh
- Minimization of soft tissue trauma during femoral head removal by traction and dislocation
- Control of limb length recovery, which allows the patient to lie in the supine position
- Convenience of execution for the specialists of the operating team
- Greater ease of X-ray imaging
- Ensuring good stability of the implant while reducing the risk of dislocation

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ippolito G., Serrao M., Conte C., et al. Direct anterior approach versus direct lateral approach in total hip arthroplasty and bipolar hemiarthroplasty for femoral neck fractures: a retrospective comparative study // *Aging Clin Exp Res.* 2021. Vol. 33, № 6. P. 1635–1644. doi: 10.1007/s40520-020-01696-9
2. Rudert M., Thaler M., Holzapfel B.M. Primary hip arthroplasty via the direct anterior approach // *Oper Orthop Traumatol.* 2021. Vol. 33, № 4. P. 287. doi: 10.1007/s00064-021-00725-8
3. Awad M.E., Farley B.J., Mostafa G., et al. Direct anterior approach has short-term functional benefit and higher resource requirements compared with the posterior approach in primary total hip arthroplasty: a meta-analysis of functional outcomes and cost // *Bone Joint J.* 2021. Vol. 103-B, № 6. P. 1078–1087. doi: 10.1302/0301-620x.103b6.bjj-2020-1271.r1

- Reduction in the risk of muscle damage and, consequently, the incidence of postoperative muscle atrophy and dysfunction
- Increased patient mobility during the early postoperative period
- Reduction in the duration of hospitalization and faster rehabilitation of patients after surgery

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию их медицинских данных и фотографий (дата подписания: 06.02.2023).

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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

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

Consent for publication. The patients gave their written consents (06.02.2023) for publication of their medical data and images.

4. Jin Z., Wang D., Zhang H., et al. Incidence trend of five common musculoskeletal disorders from 1990 to 2017 at the global, regional and national level: results from the global burden of disease study 2017 // *Ann Rheum Dis.* 2020. № 79. P. 1014–1022. doi: 10.1136/annrheumdis-2020-217050
5. Еськин Н.А., Андреева Т.М. Состояние специализированной травматолого-ортопедической помощи в Российской Федерации // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2017. № 1. С. 5–11.
6. Luo Z.L., Chen M., Shang X.F., et al. Direct anterior approach versus posterolateral approach for total hip arthroplasty in the lateral decubitus position // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2016. Vol. 96, № 35. P. 2807–2812. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2016.35.009

7. Martusiewicz A., Delagrammaticas D., Harold R.E., et al. Anterior versus posterior approach total hip arthroplasty: patient-reported and functional outcomes in the early postoperative period // *Hip Int.* 2020. Vol. 30, № 6. P. 695–702. doi: 10.1177/1120700019881413
8. Hunter S.W., Bobos P., Somerville L., et al. Comparison of functional and patient-reported outcomes between direct anterior and lateral surgical approach one-year after total hip arthroplasty in a Canadian population: A cross-sectional study // *J Orthop.* 2019. № 19. P. 36–40. doi: 10.1016/j.jor.2019.11.004
9. Corten K., Holzapfel B.M. Direct anterior approach for total hip arthroplasty using the “bikini incision” // *Oper Orthop Traumatol.* 2021. Vol. 33, № 4. P. 318–330. doi: 10.1007/s00064-021-00721-y
10. Голубев Г.Ш., Кабанов В.Н. Долгосрочный анализ серии случаев эндопротезирования тазобедренного сустава в зависимости от доступа и типа эндопротезирования // *Медицинский вестник Юга России.* 2018. Т. 9, № 2. С. 26–34. doi: 10.21886/2219-8075-2018-9-2-26-34
11. Singh G., Khurana A., Gupta S. Evaluation of direct anterior approach for revision total hip arthroplasty: A systematic review // *Hip Pelvis.* 2021. Vol. 33, № 3. P. 109–119. doi: 10.5371/hp.2021.33.3.109
12. Ramadanov N., Bueschges S., Dimitrov D. Comparison of outcomes between suture button technique and screw fixation technique in patients with acute syndesmotic diastasis: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Foot Ankle Orthop.* 2021. Vol. 6, № 4. P. 24730114211061405. doi: 10.1177/24730114211061405
13. Sun X., Zhao X., Zhou L., et al. Direct anterior approach versus posterolateral approach in total hip arthroplasty: a meta-analysis of results on early post-operative period // *J Orthop Surg Res.* 2021. Vol. 16, № 1. P. 69. doi: 10.1186/s13018-021-02218-7
14. Hueter C. Fünfte abtheilung: die verletzung und krankheiten des hüftgelenkes, neunundzwanzigstes capitel. In: *Grundriss der Chirurgie.* 2nd ed. Leipzig: FCW Vogel, 1883. P. 129–200.
15. Light T.R., Keggi K.J. Anterior approach to hip arthroplasty // *Clin Orthop Relat Res.* 1980. № 152. P. 255–60.
16. Siddiqi A., Alden K.J., Yerasimides J.G., et al. Direct anterior approach for revision total hip arthroplasty: anatomy and surgical technique // *J Am Acad Orthop Surg.* 2021. Vol. 29, № 5. P. e217–e231. doi: 10.5435/jaas-d-20-00334
17. Huang X.T., Liu D.G., Jia B., et al. Comparisons between direct anterior approach and lateral approach for primary total hip arthroplasty in postoperative orthopaedic complications: a systematic review and meta-analysis // *Orthop Surg.* 2021. Vol. 13, № 6. P. 1707–1720. doi: 10.1111/os.13101
18. Moschetti W.E., Kunkel S., Keeney B.J., et al. Do patients with higher preoperative functional outcome scores preferentially seek direct anterior approach total hip arthroplasty? // *Arthroplast Today.* 2021. № 10. P. 6–11. doi: 10.1016/j.artd.2021.05.018
19. Wang Z., Hou J.Z., Wu C.H., et al. A systematic review and meta-analysis of direct anterior approach versus posterior approach in total hip arthroplasty // *J Orthop Surg Res.* 2018. Vol. 13, № 1. P. 229. doi: 10.1186/s13018-018-0929-4
20. Руководство по хирургии тазобедренного сустава / под ред. Р.М. Тихилова, И.И. Шубнякова. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2014. Т. I. 368 с.
21. Fullam J., Theodosi P.G., Charity J., et al. A scoping review comparing two common surgical approaches to the hip for hemiarthroplasty // *BMC Surg.* 2019. Vol. 19, № 1. P. 32. doi: 10.1186/s12893-019-0493-9
22. Higgins B.T., Barlow D.R., Heagerty N.E., et al. Anterior vs. posterior approach for total hip arthroplasty, a systematic review and meta-analysis // *J Arthroplasty.* 2015. Vol. 30, № 3. P. 419–34. doi: 10.1016/j.arth.2014.10.020
23. Lawrie C.M., Bechtold D., Schwabe M., et al. Primary total hip arthroplasty via the direct anterior approach in the lateral decubitus position: surgical technique, learning curve, complications, and early results // *Bone Joint J.* 2021. Vol. 103-B, № 7, Supple B. P. 53–58. doi: 10.1302/0301-620x.103b7.bjj-2020-2460.r1
24. Lygrisse K.A., Gaukhman G.D., Teo G., et al. Is surgical approach for primary total hip arthroplasty associated with timing, incidence, and characteristics of periprosthetic femur fractures? // *J Arthroplasty.* 2021. Vol. 36, № 9. P. 3305–3311. doi: 10.1016/j.arth.2021.04.026
25. Ries M.D. Relationship between functional anatomy of the hip and surgical approaches in total hip arthroplasty // *Orthopedics.* 2019. Vol. 42, № 4. P. e356–e363. doi: 10.3928/01477447-20190624-03
26. Peng L., Yi Zeng, Yuangang Wu. Clinical, functional and radiographic outcomes of primary total hip arthroplasty between direct anterior approach and posterior approach: a systematic review and meta-analysis // *BMC Musculoskelet Disord.* 2020. Vol. 21, № 1. P. 338. doi: 10.1186/s12891-020-03318-x
27. Maldonado D.R., Kyin C., Walker-Santiago R., et al. Direct anterior approach versus posterior approach in primary total hip replacement: comparison of minimum 2-year outcomes // *Hip Int.* 2021. Vol. 31, № 2. P. 166–173. doi: 10.1177/1120700019881937
28. Rivera F., Comba L.C., Bardelli A. Direct anterior approach hip arthroplasty: How to reduce complications — A 10-years single center experience and literature review // *World J Orthop.* 2022. Vol. 13, № 4. P. 388–399. doi: 10.5312/wjo.v13.i4.388
29. Taunton M.J., Trousdale R.T., Sierra R.J., et al. John Charnley Award: randomized clinical trial of direct anterior and minimposterolateral approach THA: which provides better functional recovery? // *Clin Orthop Relat Res.* 2018. Vol. 476, № 2. P. 216–229. doi: 10.1007/s11999.00000000000000112
30. Skowronek P., Wojciechowski A., Wypniewski K., et al. Time efficiency of direct anterior hip arthroplasty compared to posterolateral approach in elderly patients // *Arch Med Sci.* 2021. Vol. 17, № 1. P. 106–112. doi: 10.5114/aoms/86185
31. Jelsma J., Pijnenburg R., Boons H.W., et al. Limited benefits of the direct anterior approach in primary hip arthroplasty: A prospective single centre cohort study // *J Orthop.* 2016. Vol. 14, № 1. P. 53–58. doi: 10.1016/j.jor.2016.10.025
32. Wu H., Cheng W.D., Jing J. Total hip arthroplasty by direct anterior approach in the lateral position for the treatment of ankylosed hips // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020. Vol. 30, № 6. P. 993–1001. doi: 10.1007/s00590-020-02655-w

REFERENCES

1. Ippolito G, Serrao M, Conte C, et al. Direct anterior approach versus direct lateral approach in total hip arthroplasty and bipolar hemiarthroplasty for femoral neck fractures: a retrospective comparative study. *Aging Clin Exp Res.* 2021;33(6):1635–1644. doi: 10.1007/s40520-020-01696-9
2. Rudert M, Thaler M, Holzapfel BM. Primary hip arthroplasty via the direct anterior approach. *Oper Orthop Traumatol.* 2021;33(4):287. doi: 10.1007/s00064-021-00725-8
3. Awad ME, Farley BJ, Mostafa G, et al. Direct anterior approach has short-term functional benefit and higher resource requirements compared with the posterior approach in primary total hip arthroplasty: a meta-analysis of functional outcomes and cost. *Bone Joint J.* 2021; 103-B(6):1078–1087. doi: 10.1302/0301-620x.103b6.bjj-2020-1271.r1
4. Jin Z, Wang D, Zhang H, et al. Incidence trend of five common musculoskeletal disorders from 1990 to 2017 at the global, regional and national level: results from the global burden of disease study 2017. *Ann Rheum Dis.* 2020;(79):1014–1022. doi: 10.1136/annrheumdis-2020-217050
5. Es'kin NA, Andreeva TM. State of specialized trauma and orthopaedic care in the Russian federation. *N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopaedics.* 2017;(1):5–11. (In Russ).
6. Luo ZL, Chen M, Shang XF, et al. Direct anterior approach versus posterolateral approach for total hip arthroplasty in the lateral decubitus position. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2016;96(35):2807–2812. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2016.35.009
7. Martusiewicz A, Delagrammaticas D, Harold RE, et al. Anterior versus posterior approach total hip arthroplasty: patient-reported and functional outcomes in the early postoperative period. *Hip Int.* 2020;30(6):695–702. doi: 10.1177/1120700019881413
8. Hunter SW, Bobos P, Somerville L, et al. Comparison of functional and patient-reported outcomes between direct anterior and lateral surgical approach one-year after total hip arthroplasty in a Canadian population: A cross-sectional study. *J Orthop.* 2019;(19):36–40. doi: 10.1016/j.jor.2019.11.004
9. Corten K, Holzapfel BM. Direct anterior approach for total hip arthroplasty using the "bikini incision". *Oper Orthop Traumatol.* 2021;33(4):318–330. doi: 10.1007/s00064-021-00721-y
10. Golubev GS, Kabanov VN. Long-term analysis of a series of cases of hip replacement depending on access and type of arthroplasty. *Medical Herald of the South of Russia.* 2018;9(2):26–34. (In Russ). doi: 10.21886/2219-8075-2018-9-2-26-34
11. Singh G, Khurana A, Gupta S. Evaluation of direct anterior approach for revision total hip arthroplasty: A systematic review. *Hip Pelvis.* 2021;33(3):109–119. doi: 10.5371/hp.2021.33.3.109
12. Ramadanov N, Bueschges S, Dimitrov D. Comparison of outcomes between suture button technique and screw fixation technique in patients with acute syndesmotic diastasis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Foot Ankle Orthop.* 2021;6(4):24730114211061405. doi: 10.1177/24730114211061405
13. Sun X, Zhao X, Zhou L, et al. Direct anterior approach versus posterolateral approach in total hip arthroplasty: a meta-analysis of results on early post-operative period. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):69. doi: 10.1186/s13018-021-02218-7
14. Hueter C. Fünfte abtheilung: die verletzung und krankheiten des hüftgelenkes, neunundzwanzigstes capitel. In: *Grundriss der Chirurgie.* 2nd ed. Leipzig: FCW Vogel; 1883. P. 129–200. (In German).
15. Light TR, Keggi KJ. Anterior approach to hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(152):255–60.
16. Siddiqi A, Alden KJ, Yerasimides JG, et al. Direct anterior approach for revision total hip arthroplasty: anatomy and surgical technique. *J Am Acad Orthop Surg.* 2021;29(5):e217–e231. doi: 10.5435/jaaos-d-20-00334
17. Huang XT, Liu DG, Jia B, et al. Comparisons between direct anterior approach and lateral approach for primary total hip arthroplasty in postoperative orthopaedic complications: a systematic review and meta-analysis. *Orthop Surg.* 2021;13(6):1707–1720. doi: 10.1111/os.13101
18. Moschetti WE, Kunkel S, Keeney BJ, et al. Do patients with higher preoperative functional outcome scores preferentially seek direct anterior approach total hip arthroplasty? *Arthroplast Today.* 2021;(10):6–11. doi: 10.1016/j.artd.2021.05.018
19. Wang Z, Hou JZ, Wu CH, et al. A systematic review and meta-analysis of direct anterior approach versus posterior approach in total hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):229. doi: 10.1186/s13018-018-0929-4
20. Tikhilov PM, Shubnyakov II, editors. *Hip Joint Surgery Manual.* St. Petersburg: P.P. Vreden RNIITO; 2014. Vol. I. 368 p. (In Russ).
21. Fullam J, Theodosi PG, Charity J, et al. A scoping review comparing two common surgical approaches to the hip for hemiarthroplasty. *BMC Surg.* 2019;19(1):32. doi: 10.1186/s12893-019-0493-9
22. Higgins BT, Barlow DR, Heagerty NE, et al. Anterior vs. posterior approach for total hip arthroplasty, a systematic review and meta-analysis. *J Arthroplasty.* 2015;30(3):419–34. doi: 10.1016/j.arth.2014.10.020
23. Lawrie CM, Bechtold D, Schwabe M, et al. Primary total hip arthroplasty via the direct anterior approach in the lateral decubitus position: surgical technique, learning curve, complications, and early results. *Bone Joint J.* 2021;103-B(7 Supple B):53–58. doi: 10.1302/0301-620x.103b7.bjj-2020-2460.r1
24. Lygrisse KA, Gaukhman GD, Teo G, et al. Is surgical approach for primary total hip arthroplasty associated with timing, incidence, and characteristics of periprosthetic femur fractures? *J Arthroplasty.* 2021;36(9):3305–3311. doi: 10.1016/j.arth.2021.04.026
25. Ries MD. Relationship between functional anatomy of the hip and surgical approaches in total hip arthroplasty. *Orthopedics.* 2019;42(4):e356–e363. doi: 10.3928/01477447-20190624-03
26. Peng L, Yi Zeng, Yuangang Wu. Clinical, functional and radiographic outcomes of primary total hip arthroplasty between direct anterior approach and posterior approach: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):338. doi: 10.1186/s12891-020-03318-x
27. Maldonado DR, Kyin C, Walker-Santiago R, et al. Direct anterior approach versus posterior approach in primary total hip replacement: comparison of minimum 2-year outcomes. *Hip Int.* 2021;31(2):166–173. doi: 10.1177/1120700019881937
28. Rivera F, Comba LC, Bardelli A. Direct anterior approach hip arthroplasty: How to reduce complications — A 10-years single center experience and literature review. *World J Orthop.* 2022;13(4):388–399. doi: 10.5312/wjo.v13.i4.388
29. Taunton MJ, Trousdale RT, Sierra RJ, et al. John Charnley Award: randomized clinical trial of direct anterior and minimally posterior approach THA: which provides better functional recovery? *Clin Orthop Relat Res.* 2018;476(2):216–229. doi: 10.1007/s11999-0000000000000112

- 30.** Skowronek P, Wojciechowski A, Wypniewski K, et al. Time efficiency of direct anterior hip arthroplasty compared to postero-lateral approach in elderly patients. *Arch Med Sci.* 2021;17(1):106–112. doi: 10.5114/aoms/86185
- 31.** Jelsma J, Pijnenburg R, Boons HW, et al. Limited benefits of the direct anterior approach in primary hip arthroplasty:

- A prospective single centre cohort study. *J Orthop.* 2016;14(1):53–58. doi: 10.1016/j.jor.2016.10.025
- 32.** Wu H, Cheng WD, Jing J. Total hip arthroplasty by direct anterior approach in the lateral position for the treatment of ankylosed hips. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020;30(6):993–1001. doi: 10.1007/s00590-020-02655-w

ОБ АВТОРАХ

Ерёмин Иван Константинович;

ORCID: 0000-0002-0992-0706;

eLibrary SPIN: 9019-4184;

e-mail: eremindocor@yandex.ru

*** Данильянц Армен Альбертович;**

адрес: Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, дом 1;

ORCID: 0000-0001-6692-0975;

e-mail: armendts@mail.ru

Загородний Николай Васильевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-6736-9772;

eLibrary SPIN: 6889-8166;

e-mail: zagorodniy51@mail.ru

Огарёв Егор Витальевич, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-0621-1047;

e-mail: evogarev@yandex.ru

AUTHORS' INFO

Ivan K. Eremin;

ORCID: 0000-0002-0992-0706;

eLibrary SPIN: 9019-4184;

e-mail: eremindocor@yandex.ru

*** Armen A. Daniliyants;**

address: 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia;

ORCID: 0000-0001-6692-0975;

e-mail: armendts@mail.ru

Nikolay V. Zagorodniy, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0002-6736-9772;

eLibrary SPIN: 6889-8166;

e-mail: zagorodniy51@mail.ru

Egor V. Ogarev, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-0621-1047;

e-mail: evogarev@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568718>

Сустав сберегающие операции у пациентов с ацетабулярной дисплазией, осложнённой нарушением сферичности головки бедра

М.П. Тепленький, В.С. Бунов, Д.Т. Фозилов

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Дисплазия вертлужной впадины, сочетающаяся с ишемической деформацией головки бедра, способствует быстрому прогрессированию коксартроза у лиц молодого возраста. Вопросы тактики лечения указанной патологии остаются не до конца решёнными.

Цель. Анализ ближайших и среднесрочных результатов внесуставных и внутрисуставных комбинированных реконструктивных вмешательств, выполненных у пациентов с ацетабулярной дисплазией, сочетающейся с нарушением сферичности головки бедренной кости.

Материалы и методы. Изучены исходы лечения 23 пациентов с ацетабулярной дисплазией, сочетающейся с деформацией головки бедра. Средний возраст пациентов при выполнении операции составлял $19,0 \pm 1,2$ года (14–34 года). Средний срок наблюдения — $3,4 \pm 0,4$ года. Анатомо-функциональные результаты оценивали по критериям D'Aubigne-Postel, Tonnis и по системе Российского научного центра «Восстановительная травматология и ортопедия». Внесуставные реконструктивные вмешательства на обоих суставных компонентах выполнены у 14 пациентов. В 9 наблюдениях произведены внутрисуставные операции.

Результаты. Функциональные результаты после внесуставных вмешательств были следующими: хороший (15–17 баллов) — 8 суставов, удовлетворительный (12–14 баллов) — 6 суставов. Средний показатель составлял $5,05 \pm 0,06$ балла. Функциональные результаты после внутрисуставных вмешательств: хороший (15 баллов) — 3 сустава, удовлетворительный (13–14 баллов) — 5 суставов, неудовлетворительный (7 баллов) — 1 сустав. Средний показатель — $4,3 \pm 0,07$ балла. Быстрое прогрессирование артроза отмечено в одном случае. В остальных случаях степень артроза не изменилась. Анатомические результаты лечения после внесуставных вмешательств: хороший ($2,6 \pm 0,03$) — 8 суставов, удовлетворительный ($1,95 \pm 0,06$) — 6 суставов. Анатомические результаты лечения после внутрисуставных вмешательств: хороший ($2,55 \pm 0,01$) — 2 сустава, удовлетворительный ($2,1 \pm 0,04$) — 6 суставов, неудовлетворительный (1,6) — 1 сустав.

Заключение. Дифференцированное применение внесуставных и внутрисуставных сустав сберегающих вмешательств позволяет замедлить прогрессирование патологического процесса в суставе в условиях нарушения сферичности суставных поверхностей, что даёт возможность рассматривать их в качестве временной альтернативы эндопротезированию у подростков и молодых взрослых.

Ключевые слова: тазобедренный сустав; диспластический коксартроз; ацетабулярная дисплазия; сустав сберегающие операции.

Как цитировать:

Тепленький М.П., Бунов В.С., Фозилов Д.Т. Сустав сберегающие операции у пациентов с ацетабулярной дисплазией, осложнённой нарушением сферичности головки бедра // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 409–418. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568718>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568718>

Joint-sparing surgery in patients with acetabular dysplasia complicated by sphericity of the femoral head

Mikhail P. Teplenky, Vyacheslav S. Bunov, Jonibek T. Fozilov

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

ABSTRACT

BACKGROUND: Acetabular dysplasia combined with ischaemic deformity of the femoral head contributes to rapid progression of coxarthrosis in young adults. The issues of treatment tactics for this pathology remain unresolved.

AIM: Analysis of the immediate and mid-term results of extra-articular and intra-articular combined reconstructive interventions performed in patients with acetabular dysplasia combined with femoral head sphericity disorder.

MATERIALS AND METHODS: Treatment outcomes were studied in 23 patients with acetabular dysplasia associated with femoral head deformity. The average age at the operation was 19.0 ± 1.2 years (14–34). The mean follow-up period was 3.4 ± 0.4 years. Anatomical and functional results were evaluated according to the criteria of D'Aubigne-Postel, Tonnis and according to the Russian Scientific Center "Restorative Traumatology and Orthopedics" system. Extra-articular reconstructive interventions on both articular components were performed in 14 patients. In 9 cases, intra-articular operations were performed.

RESULTS: Functional results after extra-articular interventions: good (15–17 points) — 8 joints, satisfactory (12–14 points) — 6 joints. The average score was 5.05 ± 0.06 points. Functional results after intra-articular interventions: good (15 points) — 3 joints, satisfactory (13–14 points) — 5 joints, unsatisfactory (7 points) — 1 joint. The average score is 4.3 ± 0.07 points. Rapid progression of arthrosis was noted in one case. In other cases, the degree of arthrosis did not change. Anatomical results of treatment after extra-articular interventions: good (2.6 ± 0.03) — 8 joints, satisfactory (1.95 ± 0.06) — 6 joints. Anatomical results of treatment after intra-articular interventions: good (2.55 ± 0.01) — 2 joints, satisfactory (2.1 ± 0.04) — 6 joints, unsatisfactory (1.6) — 1 joint.

CONCLUSION: Differential application of extra-articular and intra-articular joint-saving interventions makes it possible to slow down the progression of the pathological process in the joint in conditions of sphericity disturbance of the articular surfaces, which makes it possible to consider them as a temporary alternative to endoprosthesis in adolescents and young adults.

Keywords: dysplastic hip; hip osteoarthritis; acetabular dysplasia; joint-sparing operations.

To cite this article:

Teplenky MP, Bunov VS, Fozilov JT. Joint-sparing surgery in patients with acetabular dysplasia complicated by sphericity of the femoral head. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):409–418. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568718>

Received: 23.08.2023

Accepted: 17.10.2023

Published: 27.10.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Одним из неблагоприятных последствий асептического некроза головки бедра у детей признаётся нарушение её сферичности, что в сочетании с ацетабулярной дисплазией вызывает нарушение конгруэнтности суставных поверхностей [1]. Указанное состояние приводит к уменьшению площади контакта между ними и повышению внутрисуставного давления, что считается одной из ведущих причин развития дегенеративно-дистрофических изменений в суставе у пациентов молодого возраста [2]. Лечение данной патологии представляет собой существенные сложности в связи с определёнными разногласиями по поводу оптимальной лечебной стратегии. Сочетание внутрисуставного вмешательства с реконструкцией обоих суставных компонентов увеличивает риск декомпенсации сочленения и быстрого прогрессирования артроза [3]. С другой стороны, возможности внесуставной операции при выраженной исходной дисконгруэнтности суставных поверхностей существенно ограничены. Ряд авторов отмечают, что результаты внесуставных вмешательств, выполненных на обоих суставных компонентах, существенно не отличаются от результатов операций, произведённых только на тазовой кости [4]. Согласно противоположной точке зрения, коррекция ацетабулярной дисплазии при сохранении дисконгруэнтности суставных поверхностей оказывает неблагоприятное влияние на течение патологического процесса в суставе [5].

Цель исследования — анализ ближайших и среднесрочных результатов внесуставных и внутрисуставных комбинированных реконструктивных вмешательств, выполненных у пациентов с ацетабулярной дисплазией, сочетающейся с нарушением сферичности головки бедренной кости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено проспективное контролируемое исследование.

Условия проведения

Исследование было проведено в ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава Российской Федерации с января 2014 по декабрь 2022 года.

Критерии соответствия

Критерии включения: нарушение сферичности в сочетании с ацетабулярной дисплазией, нарушение конгруэнтности суставных поверхностей, период наблюдения не менее двух лет.

Критерии исключения: нормальное развитие вертлужной впадины, III степень артроза по Tonnis, период наблюдения менее 2 лет.

Методы оценки целевых показателей

Рентгенография.

Клиническое состояние определяли по критериям D'Aubigne-Postel [6]. Клинические признаки патологии в анализируемой группе: болевой синдром, ограничение подвижности в суставе, нарушение походки.

Рентгенологические признаки патологии определяли по рентгенограммам тазобедренного сустава, выполненным в передне-задней проекции. Оценивали состояние вертлужной впадины, головки, проксимального отдела бедра и характер суставных соотношений. Определяли следующие рентгенографические показатели: угол наклона опорной поверхности впадины (WBS), угол Лансе, индексы сферичности впадины (ISA, $N\ 0,8-1,2$) и головки (ISH, $N\ 0,6-1,0$) (отношение диаметра окружности, соответствующей форме суставного компонента, к половине расстояния между фигурами «слезы»), индекс сферичности головки по Окапо (отношение расстояния от медиального края головки до её вершины к расстоянию от медиального до латерального края головки, $N\ 0,45-0,55$) [7], показатель сферичности головки (отношение длины перпендикуляра, построенного от базальной линии головки к её поверхности, к максимальному поперечному размеру головки, $N\ 0,75-1,0$), артикуло-трохантерное расстояние (ATD), индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS-отношение ISA к ISH, $N\ 1,1-1,4$), степень покрытия головки крышей впадины (AHI, $N\ \geq 0,85$), показатель краиниального смещения (SL), индекс латерального смещения (ILD, $N\ 0,07-0,12$; отношение расстояния между впадиной и медиальным краем головки к расстоянию между фигурами «слезы»). Выраженность артроза определяли в соответствии с критериями Tonnis [8]. Характер суставных поверхностей оценивали с помощью модифицированных критериев Coleman [9].

Описание медицинского вмешательства

У пациентов анализируемой группы использовали сустав сберегающие операции. Показания устанавливали с учётом величины индекса конгруэнтности суставных поверхностей. В 14 наблюдениях при величине показателя ICAS $\geq 0,85$ применены внесуставные операции на суставных компонентах. Для транспозиции вертлужной впадины использовали остеотомию таза, которая в 3 наблюдениях была дополнена shelf-операцией для увеличения объёма впадины. Для реконструкции проксимального отдела бедра в 9 наблюдениях использовали двойную чрезвертельную остеотомию (рис. 1), в 5 случаях — межвертельную корригирующую остеотомию.

Для фиксации использовали аппарат Илизарова. Продолжительность аппаратного лечения составила $72,0 \pm 3,2$ дня. У 9 пациентов при величине показателя ICAS $< 0,85$ применены внутрисуставные вмешательства. В 6 наблюдениях выполнена уменьшающая остеотомия головки (HRO) (рис. 2), в 3 — моделирующая резекция головки (MRH).

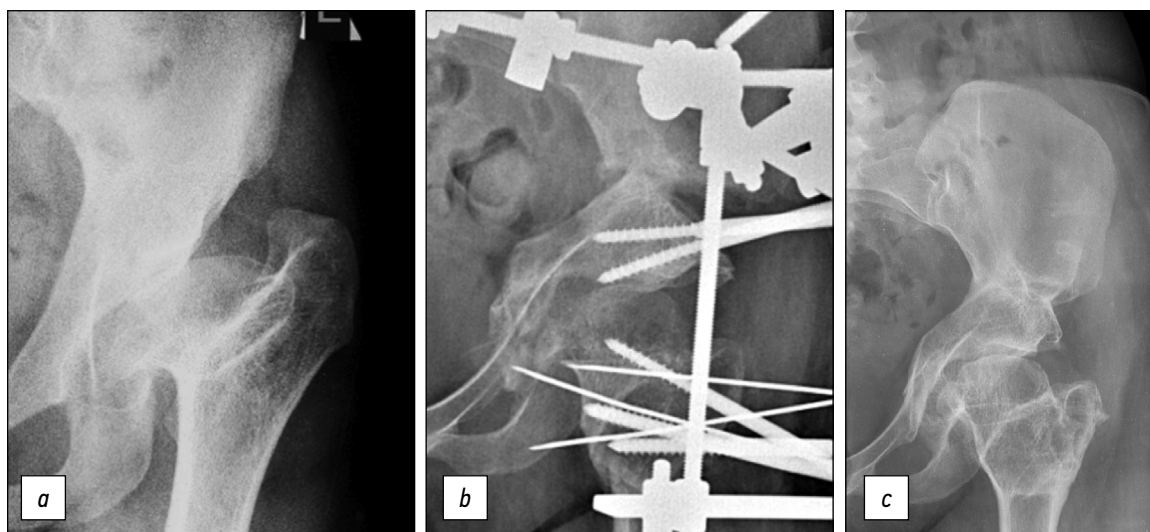


Рис. 1. Рентгенограммы пациентки 25 лет: *a* — до лечения: диспластический коксартроз II степени, ишемическая деформация проксимального отдела бедра вследствие асептического некроза головки при лечении врождённой дисплазии тазобедренного сустава (ISH 1,15, ATD –18 мм), остаточная дисплазия вертлужной впадины (WBZ 32°), децентрация головки левого бедра (ICAS 0,97, AHI 0,5); *b* — в процессе лечения: остеотомия таза, двойная чрезвертельная остеотомия бедра; *c* — через 5 лет: ATD 10 мм, WBZ 0°, AHI 0,95.

Fig. 1. Radiographs of a 25-year-old patient: *a* — before treatment: dysplastic coxarthrosis of degree II, ischemic deformation of the proximal femur due to avascular necrosis of the head during the treatment of congenital dysplasia of the hip joint (ISH 1.15, ATD –18 mm), residual dysplasia of the acetabulum (WBZ 32°), decentration of the head of the left femur (ICAS 0.97, AHI 0.5); *b* — during treatment: pelvic osteotomy, double transtrochanteric osteotomy of the femur; *c* — after 5 years: ATD 10 mm, WBZ 0°, AHI 0.95.

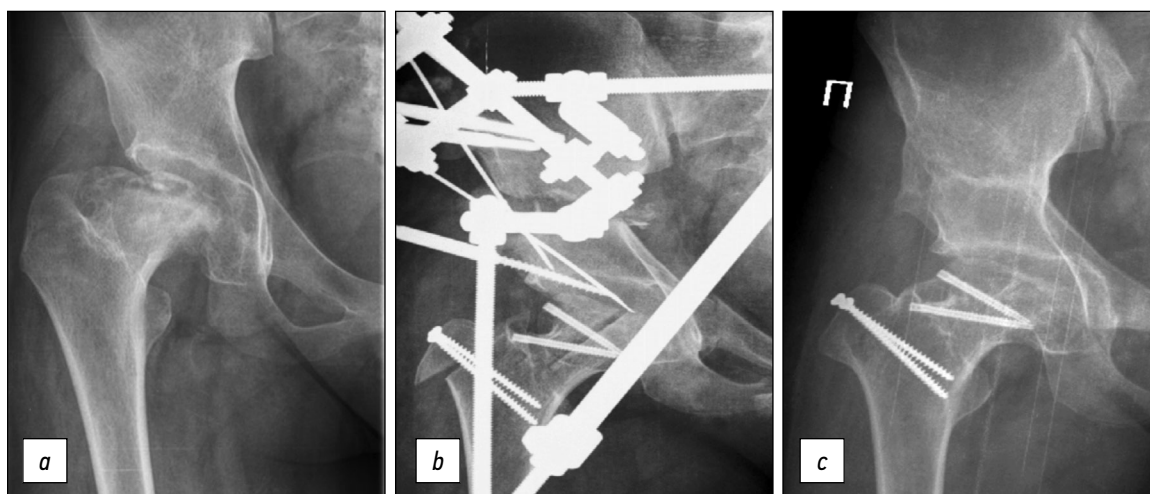


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки 15 лет: *a* — до лечения: вторичный коксартроз I степени, ишемическая деформация головки и проксимального отдела бедра вследствие болезни Пертеса (ISH 1,8; ATD 0 мм), вторичная дисплазия вертлужной впадины (WBZ 22°), децентрация головки правого бедра (ICAS 0,8, AHI 0,65); *b* — в процессе лечения: остеотомия таза, хирургический вывих бедра, уменьшающая остеотомия головки бедра; *c* — через 3 года: ATD 10 мм, WBZ 0°, AHI 0,95.

Fig. 2. Radiographs of a 15-year-old patient: *a* — before treatment: secondary coxarthrosis of the first degree, ischemic deformation of the head and proximal femur due to Perthes disease (ISH 1.8, ATD 0 mm), secondary dysplasia of the acetabulum (WBZ 22°), decentration of the head of the right hip (ICAS 0.8, AHI 0.65); *b* — during treatment: pelvic osteotomy, surgical dislocation of the hip, reducing osteotomy of the femoral head; *c* — after 3 years: ATD 10 mm, WBZ 0°, AHI 0.95.

Для коррекции ацетабулярной дисплазии применяли остеотомию таза (5 суставов), остеотомию таза в сочетании с shelf-операцией (2 сустава), shelf-операцию в изолированном виде (2 сустава). При внутрисуставных операциях кроме аппаратной фиксации дополнительно выполнялась фиксация фрагментов головки и вертела компрессирующими винтами. Продолжительность аппаратного лечения

у этой категории пациентов составила $33,0 \pm 1,5$ дня. Продолжительность реабилитационного лечения — $10,0 \pm 1,2$ месяца. В двух наблюдениях отмечено поверхностное воспаление мягких тканей в области крыла подвздошной кости вокруг фиксирующих элементов аппарата, которое было купировано посредством консервативного лечения (местная и общая антибактериальная терапия).

Методы регистрации исходов

Функциональные исходы оценивали по критериям Merle D'Aubigne-Postel, рентгенологические показатели — по критериям Российского научного центра «Восстановительная травматология и ортопедия» (РНЦ «ВТО») (табл. 1).

Хороший результат соответствовал среднему показателю более 2,5 балла. Неудовлетворительным результат признавался при среднем показателе менее 1,7 балла.

Статистический анализ

Результаты исследования анализировали с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2010. Определяли средние величины, их ошибку и значимость. Данные обрабатывали с помощью методов непараметрической статистики с использованием *U*-критерия Вилкоксона, Манна-Уитни.

Этический комитет

Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Министерства здравоохранения Российской Федерации. От всех пациентов получено информированное согласие на проведение исследований без идентификации личности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучены результаты лечения 23 пациентов. Средний возраст при выполнении операции составлял $19,0 \pm 1,2$ года (14–34 года). Средний срок наблюдения — $3,4 \pm 0,4$ года.

Распределение пациентов по этиологии заболевания: асептический некроз головки, осложнивший лечение врожденной дисплазии тазобедренного сустава, — 10 случаев, болезнь Пертеса — 8 случаев, септический коксит — 5 случаев.

Пациенты были разделены на две группы с учётом характера выполненного вмешательства. В первую группу включены 14 больных, при лечении которых применены внесуставные операции. Средний возраст пациентов первой группы — $20,3 \pm 1,7$ года (14–34 года). Исходный функциональный показатель в соответствии с критериями Merle d'Aubigne-Postel составил $3,96 \pm 0,06$ балла. Рентгенологические признаки патологии: дисплазия вертлужной впадины, нарушение сферичности головки бедра. Средний показатель сферичности головки составлял $0,46 \pm 0,01$, индекс сферичности по Окапо — $0,700 \pm 0,016$, индекс сферичности головки — $1,15 \pm 0,08$. Средний показатель индекса конгруэнтности составлял $1,10 \pm 0,06$. Во всех наблюдениях имело место укорочение шейки бедра. В восьми наблюдениях выявлена избыточная антеверсия шейки бедра ($43,0 \pm 1,3^\circ$). У 10 пациентов отмечены соха вага, укорочение шейки бедра, высокое стояние верхушки большого вертела (NSA $96,5 \pm 2,3^\circ$, ATD $-9,8 \pm 2,0$ мм). Распределение суставов по степени дислокации (Tonnis) [9]: I степень — 4, II — 7, III — 3. Распределение суставов по степени артроза (Tonnis): 0 степень — 6, I — 7, II — 1.

Вторую группу составили 9 пациентов, которым выполнены внутрисуставные вмешательства. Средний возраст пациентов второй группы — $18,4 \pm 1,7$ года (15–26 лет). Исходный функциональный показатель был ниже, чем в первой группе, и составил $3,40 \pm 0,09$ балла. Снижение функционального показателя в первую очередь было обусловлено более выраженным ограничением подвижности сустава ($3,10 \pm 0,01$). Рентгенологическими признаками патологии являлись дисплазия вертлужной впадины и деформация головки бедра. Средний показатель сферичности головки составлял $0,37 \pm 0,01$, индекс сферичности по Окапо — $0,78 \pm 0,02$, индекс сферичности головки — $1,54 \pm 0,05$. Средний показатель индекса конгруэнтности

Таблица 1. Критерии оценки рентгенологических показателей у пациентов с коксартрозом

Table 1. Criteria for evaluating radiological parameters in patients with coxarthrosis

Показатель	3 балла	2 балла	1 балл
WBS, °	5–15 (0–10)	16–20 (11–15)	>20 (>15)
Состояние головки	Улучшилось или не изменилось	Ухудшилась форма	Ухудшились форма и структура
ATD, мм	>10	0–10	<0
AHI	1,0–0,85	0,84–0,65	<0,65
ICAS	1,0–1,4	>1,4	<1,0
ILD	<0,12	0,12–0,20	>0,2
SL, см	<0,5	0,5–1,0	>1,0
Степень артроза	Улучшилась на 1 степень или не изменилась	Ухудшилась на 1 степень	Ухудшилась более чем на 1 степень

Примечание. WBS — угол наклона опорной поверхности впадины, ATD — артикуло-трохантерное расстояние, AHI — степень покрытия головки крыши впадины, ICAS — индекс конгруэнтности суставных поверхностей, ILD — индекс латерального смещения, SL — показатель краниального смещения.

Note. WBS — angle of inclination of the supporting surface of the cavity, ATD — articular-trochanter distance, AHI — degree of coverage of the head with the roof of the cavity, ICAS — index of congruence of articular surfaces, ILD — index of lateral displacement, SL — index of cranial displacement.

был ниже по сравнению с первой группой и составил $0,75 \pm 0,02$. Во всех наблюдениях отмечена деформация проксимального отдела бедра в виде укорочения шейки и высокого стояния вертушки большого вертела (ATD $-5,4 \pm 2,2$ мм). Распределение суставов по степени дислокации (Tonnis): I степень — 4, II — 4, III — 1. Распределение суставов по степени артроза: 0 степень — 4, I — 4, II — 1.

Функциональные результаты у пациентов первой группы были выше по сравнению со второй группой. Средний показатель составил $5,05 \pm 0,06$ балла. Степень увеличения — 1,1 балла. В восьми наблюдениях результат расценён как хороший (15–17 баллов). Неудовлетворительных исходов не зафиксировано. Во второй группе средний показатель увеличился на 0,9 балла и составил $4,3 \pm 0,07$ балла. В трёх случаях определён хороший результат (15 баллов). У одной пациентки исход признан неудовлетворительным (7 баллов). В пяти наблюдениях результат был удовлетворительным (13–14 баллов). В обеих группах констатируется улучшение всех трёх параметров (боль, функция сустава, двигательная активность).

По данным рентгенографии в обеих группах выявлено значимое улучшение показателей, характеризующих состояние вертлужной впадины и суставные соотношения (табл. 2). Конгруэнтность суставных поверхностей и форма головки улучшились у пациентов второй группы. Регресс артрозных изменений в анализируемых группах не отмечен. Быстрое прогрессирование дегенеративно-дистрофического процесса констатируется в одном наблюдении у пациентки второй группы со II степенью артроза. Через 8 месяцев после операции выполнено

эндопротезирование тазобедренного сустава. В остальных 22 суставах степень артроза соответствовала исходной.

В первой группе рентгенографические результаты по критериям РНЦ «ВТО» в 8 наблюдениях расценены как хорошие ($2,60 \pm 0,03$), в 6 — как удовлетворительные ($1,95 \pm 0,06$). Во всех наблюдениях отмечен III тип конгруэнтности по Coleman. Рентгенографические результаты пациентов второй группы были хуже. Распределение суставов по типу конгруэнтности: III тип — 7, IV тип — 2. В соответствии с критериями РНЦ «ВТО» в двух наблюдениях результат расценён как хороший ($2,55 \pm 0,01$), в шести — как удовлетворительный ($2,03 \pm 0,04$), в одном — как неудовлетворительный (1,6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Ишемические поражения головки бедра в виде нарушения её сферичности, сочетающиеся с дисплазией вертлужной впадины, способствуют развитию структурной нестабильности сочленения и формированию фемороацетабулярного импиджмента (ФАИ) [10]. Указанные состояния способствуют развитию и быстрому прогрессированию коксартроза у пациентов на третьей декаде жизни [11, 12]. Следует признать, что технологии эндопротезирования у данной категории больных не всегда должны быть операцией выбора в связи с высокой вероятностью повторного, более травматичного вмешательства [13, 14]. Одним из возможных путей их ортопедической реабилитации может быть более широкое внедрение сустав сберегающих методик. Ввиду наличия механических причин для развития патологического процесса значимость

Таблица 2. Динамика рентгенометрических показателей у 23 пациентов

Table 2. Dynamics of radiometric parameters in 23 patients

Показатель	Группы пациентов			
	I (14 суставов)		II (9 суставов)	
	До лечения	Контрольный осмотр	До лечения	Контрольный осмотр
WBZ, °	$33,0 \pm 2,9$	$9,0 \pm 1,7^*$	32 ± 5	$7,4 \pm 1,7^*$
Угол Lance	$38,5 \pm 1,4$	$54,0 \pm 1,6^{**}$	$37,7 \pm 3,2$	$51,0 \pm 2,1^*$
ISA	$1,40 \pm 0,06$	$1,40 \pm 0,07$	$1,20 \pm 0,04$	$1,3 \pm 0,1$
ISH	$1,15 \pm 0,05$	$1,10 \pm 0,07$	$1,54 \pm 0,05$	$1,03 \pm 0,08^{**}$
ICAS	$1,20 \pm 0,05$	$1,20 \pm 0,05$	$0,75 \pm 0,02$	$1,30 \pm 0,09^{**}$
AHI	$0,54 \pm 0,08$	$0,85 \pm 0,02^*$	$0,50 \pm 0,04$	$0,87 \pm 0,03^*$
ILD	$0,15 \pm 0,015$	$0,10 \pm 0,01^{**}$	$0,155 \pm 0,080$	$0,12 \pm 0,02$
SL, мм	$19,0 \pm 2,4$	$3,0 \pm 0,2^*$	22 ± 3	$6,0 \pm 2,6^*$

Примечание. WBS — угол наклона опорной поверхности впадины, ISA — индекс сферичности впадины, ISH — индекс сферичности головки, ICAS — индекс конгруэнтности суставных поверхностей, AHI — степень покрытия головки крыши впадины, ILD — индекс латерального смещения, SL — показатель краниального смещения, * — значимые отличия от исходного показателя ($p < 0,01$), ** — значимые отличия от исходного показателя ($p < 0,05$).

Note. WBS — angle of inclination of the supporting surface of the cavity, ISA — index of the sphericity of the cavity, ISH — index of the sphericity of the head, ICAS — index of congruence of articular surfaces, AHI — degree of coverage of the head with the roof of the cavity, ILD — index of lateral displacement, SL — index of cranial displacement, * — significant differences from the initial indicator ($p < 0,01$), ** — significant differences from the initial indicator ($p < 0,05$).

консервативного лечения сомнительна [11]. Следует отметить наличие разнообразных, часто противоположных точек зрения относительно оптимальной стратегии хирургического сустава сберегающего лечения [15–17]. Это обусловлено достаточным разнообразием известных внесуставных и внутрисуставных хирургических методов [10]. Ряд авторов считают ведущим, иногда единственно необходимым элементом хирургической коррекции внутрисуставное вмешательство, направленное на устранение ФАИ. Высказывается мнение о необходимости сужения показаний для хирургической коррекции ацетабулярной дисплазии [18, 19]. Согласно другой точке зрения, обоснованный отказ от вмешательства на тазовом компоненте не позволяет устранить дефицит покрытия головки, что может усугубить результат сустава сберегающего вмешательства [10]. Существует мнение, что определяющее значение при лечении данной патологии имеет внесуставная реориентирующая операция на тазовой кости. По данным Т. Shinoda, отказ от внутрисуставных манипуляций и корригирующих вмешательств на бедренной кости у пациентов с указанной патологией в большинстве случаев позволяет достигнуть хороших функциональных среднесрочных результатов, однако не даёт возможности улучшить конгруэнтность суставных поверхностей [1]. Известно, что нарушение конгруэнтности суставных поверхностей считается фактором, ухудшающим прогноз сустава сберегающего вмешательства [20–22]. По мнению К. Осано, достижение хорошего покрытия головки впадиной в условиях сохранения дисконгруэнтности суставных поверхностей не обеспечивает положительного результата. Напротив, восстановление конгруэнтности после операции способствует благоприятному течению патологического процесса даже при наличии исходного артроза [5].

Мы отдаём предпочтение внесуставным операциям, которые предполагают улучшение конгруэнтности суставных поверхностей посредством изменения пространственного положения суставных компонентов. Их применение допустимо при наличии рентгенологических признаков артроза. Внутрисуставные корригирующие вмешательства должны выполняться у пациентов с выраженной дисконгруэнтностью суставных поверхностей, которая способствует значительному ограничению подвижности сочленения и фемороацетабулярному импиджменту. Обязательным условием их применения является наличие минимальных (I степень) рентгенологических признаков артроза.

Развившийся артроз признаётся многими специалистами прогностически неблагоприятным фактором при выполнении сустава сберегающего вмешательства [23–25]. По данным ряда авторов, в этих условиях существует опасность декомпенсации сочленения в виде быстрого прогрессирования дегенеративно-дистрофических изменений [26]. В анализируемых группах указанное осложнение констатировано у одной пациентки второй группы. Его развитие мы связываем с выполнением

внутрисуставной реконструктивной операции в условиях значительных артрозных изменений (II степень).

Согласно данным литературы, в результате использования сустава сберегающего вмешательства возможен регресс дегенеративно-дистрофических изменений в суставе [25–27]. Удельный вес суставов с обратным развитием патологического процесса варьирует от 6 до 91%, что связано с исходной степенью артроза, а также, вероятно, с различными критериями интерпретации данных рентгенографии [26, 27, 29]. В анализируемых группах регресс артрозных изменений не отмечен. В 12 суставах (92%) структурные изменения компонентов суставов оставались на прежнем уровне, что даёт основание говорить о замедлении прогрессирования деформирующего артроза. Результаты лечения 8 пациентов первой группы с признаками артроза позволяют предположить, что нарушение сферичности суставных компонентов при условии улучшения их конгруэнтности не оказывает отрицательного влияния на течение патологического процесса в суставе.

Ограничения исследования

Данная работа имеет ряд ограничений, связанных с небольшим числом наблюдений и отсутствием групп сравнения. Сопоставление результатов лечения представленных групп невозможно в связи с различной степенью исходных анатомо-функциональных нарушений. Небольшой срок наблюдения не позволяет объективно оценить влияние представленных сустав сберегающих вмешательств на развитие и прогрессирование коксартроза. На основании полученных результатов можно предположить, что несмотря на наличие исходных неблагоприятных факторов риска (нарушение сферичности и конгруэнтности суставных поверхностей, рентгенологические признаки артроза) при правильно установленных показаниях использованные технологии не вызывают декомпенсацию сочленения и быстрое прогрессирование артрозного процесса.

В анализируемой группе не отмечено осложнений, которые, согласно данным литературы, могут наблюдаться при операциях на тазовой кости (неврологические расстройства, формирование ложных суставов, гетеротопическая оссификация) [15, 30, 31]. Все осложнения, удельный вес которых составил 8,7%, были связаны с применением аппаратной фиксации и не оказали существенного влияния на лечебный процесс и исход лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов позволяет предположить, что в условиях развившегося диспластического коксартроза и нарушения сферичности суставных поверхностей дифференцированное применение внесуставных и внутрисуставных сустав сберегающих вмешательств снижает риск декомпенсации сочленения и в ряде случаев способствует замедлению прогрессирования патологического процесса

в суставе. Однако для объективной оценки влияния указанных операций на дальнейшее развитие коксартроза необходимо изучение отдалённых результатов лечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

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

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Shinoda T., Naito M., Nakamura Y., Kiyama T. Periacetabular osteotomy for the treatment of dysplastic hip with Perthes-like deformities // *Int Orthop*. 2009. Vol. 33, № 1. P. 71–75. doi: 10.1007/s00264-007-0476-9
- Chen M., Shang X.F. Surgical treatment for young adult hip dysplasia: joint-preserving options // *Int Orthop*. 2016. Vol. 40, № 5. P. 891–900. doi: 10.1007/s00264-015-2927-z
- Edelstein A.I., Duncan S.T., Akers S., Pashos G., Schoenecker P.L., Clohisy J.C. Complications associated with combined surgical hip dislocation and periacetabular osteotomy for complex hip deformities // *J Hip Preserv Surg*. 2019. Vol. 6, № 2. P. 117–123. doi: 10.1093/jhps/hnz014
- Clohisy J.C., Ross J.R., North J.D., Nepple J.J., Schoenecker P.L. What are the factors associated with acetabular correction in Perthes-like hip deformities? // *Clin Orthop Relat Res*. 2012. Vol. 470, № 12. P. 3439–3445. doi: 10.1007/s11999-012-2507-0
- Okano K., Enomoto H., Osaki M., Shindo H. Joint congruency as an indication for rotational acetabular osteotomy // *Clin Orthop Relat Res*. 2009. Vol. 467, № 4. P. 894–900. doi: 10.1007/s11999-008-0443-9
- d'Aubigné R.M., Postel M. The classic: functional results of hip arthroplasty with acrylic prosthesis. 1954 // *Clin Orthop Relat Res*. 2009. Vol. 467, № 01. P. 7–27. doi: 10.1007/s11999-008-0572-1
- Okano K., Enomoto H., Osaki M., Takahashi K., Shindo H. Femoral head deformity after open reduction by Ludloff's medial approach // *Clin Orthop Relat Res*. 2008. Vol. 466, № 10. P. 2507–2512. doi: 10.1007/s11999-008-0266-8
- Tönnis D. Congenital dysplasia and dislocation of the hip. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 506 p.
- Тепленький М.П., Олейников Е.В., Бунов В.С. Реконструкция тазобедренного сустава у пациентов с ишемическими деформациями проксимального отдела бедра, сочетающимися с ацетабулярной дисплазией // *Гений ортопедии*. 2020. Т. 26, № 4. С. 502–507. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-4-502-507
- Clohisy J.C., Nepple J.J., Ross J.R., Pashos G., Schoenecker P.L. Does surgical hip dislocation and periacetabular osteotomy improve pain in patients with Perthes-like deformities and acetabular dysplasia? // *Clin Orthop Relat Res*. 2015. Vol. 473, № 4. P. 1370–1377. doi: 10.1007/s11999-014-4115-7
- Lecuire F. The long-term outcome of primary osteochondritis of the hip (Legg-Calvé-Perthes' disease) // *J Bone Joint Surg Br*. 2002. Vol. 84, № 5. P. 636–640. doi: 10.1302/0301-620x.84b5.12124
- Yrjönen T. Long-term prognosis of Legg-Calvé-Perthes disease: a meta-analysis // *J Pediatr Orthop B*. 1999. Vol. 8, № 3. P. 169–172. doi: 10.1097/01202412-199907000-00005
- Haverkamp D. Intertrochanteric osteotomy combined with acetabular shelfplasty in young patients with severe deformity of the femoral head and secondary osteoarthritis. A long-term follow-up study // *J Bone Joint Surg Br*. 2005. Vol. 87-B, № 1. P. 25–31.
- Тепленький М.П., Олейников Е.В., Бунов В.С., Фозиллов Д.Т. Реконструкция тазобедренного сустава у молодых пациентов с диспластическим коксартрозом // *Травматология и ортопедия России*. 2022. Т. 28, № 1. С. 19–27. doi: 10.17816/2311-2905-1678
- Clohisy J.C., Nunley R.M., Curry M.C., Schoenecker P.L. Periacetabular osteotomy for the treatment of acetabular dysplasia associated with major aspherical femoral head deformities // *J Bone Joint Surg Am*. 2007. Vol. 89, № 7. P. 1417–1423. doi: 10.2106/JBJS.F.00493
- Anderson L.A., Erickson J.A., Severson E.P., Peters C.L. Sequelae of Perthes disease: treatment with surgical hip dislocation and relative femoral neck lengthening // *J Pediatr Orthop*. 2010. Vol. 30, № 8. P. 758–766. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181fcbbaaf
- Tannast M., Macintyre N., Steppacher S.D., Hosalkar H.S., Ganz R., Siebenrock K.A. A systematic approach to analyse the sequelae of LCPD // *Hip Int*. 2013. Vol. 23, № 9 (Suppl). P. S61–S70. doi: 10.5301/hipint.5000071
- Novais E.N., Clohisy J., Siebenrock K., Podeszwa D., Sucato D., Kim Y.J. Treatment of the symptomatic healed Perthes hip // *Orthop Clin North Am*. 2011. Vol. 42, № 3. P. 401–17. doi: 10.1016/j.jocl.2011.05.003
- Myers S.R., Eijer H., Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement after periacetabular osteotomy // *Clin Orthop Relat Res*. 1999. № 363. P. 93–99.
- Steppacher S.D., Tannast M., Werlen S., Siebenrock K.A. Femoral morphology differs between deficient and excessive acetabular coverage // *Clin Orthop Relat Res*. 2008. Vol. 466, № 4. P. 782–790. doi: 10.1007/s11999-008-0141-7

21. Yasunaga Y., Yamasaki T., Ochi M. Patient selection criteria for periacetabular osteotomy or rotational acetabular osteotomy // *Clin Orthop Relat Res.* 2012. Vol. 470, № 12. P. 3342–3354. doi: 10.1007/s11999-012-2516-z
22. Perry K.I., Trousdale R.T., Sierra R.J. Hip dysplasia in the young adult: an osteotomy solution // *Bone Joint J.* 2013. Vol. 95-B, № 11 (Suppl A). P. 21–25. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32633
23. Hartig-Andreasen S., Troelsen A., Thillemann T.M., Soballe K. What Factors Predict Failure 4 to 12 Years After Periacetabular Osteotomy? // *Clin Orthop Relat Res.* 2012. Vol. 470, № 11. P. 2978–2987. doi: 10.1007/s11999-012-2386-4
24. Troelsen A., Elmengaard B., Soballe K. Medium-term outcome of periacetabular osteotomy and predictors of conversion to total hip replacement // *J Bone Joint Surg Am.* 2009. Vol. 91, № 9. P. 2169–2179. doi: 10.2106/JBJS.H.00994
25. Wells J., Millis M., Kim Y.-J., Bulat E., Miller P., Matheney T. Survivorship of the Bernese Periacetabular Osteotomy: What Factors are Associated with Long-term Failure? // *Clin Orthop Relat Res.* 2017. Vol. 475, № 2. P. 396–405. doi: 10.1007/s11999-016-4887-z
26. Камоско М.М., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Григорьев И.В. Транспозиция вертлужной впадины путём остеотомии таза при лечении детей с дисплазией тазобедренного

- сустава // *Травматология и ортопедия России.* 2014. Т. 20, № 3. С. 76–85. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-76-85
27. Shimogaki K., Yasunaga Y., Ochi M. A histological study of articular cartilage after rotational acetabular osteotomy for hip dysplasia // *J Bone Joint Surg Br.* 2005. Vol. 87, № 7. P. 1019–1023. doi: 10.1302/0301-620X.87B7.15589
28. Sen C., Sener N., Tozun R., Boynuk B. Polygonal triple (Kotz) osteotomy in the treatment of acetabular dysplasia 17 patients (19 hips) with 4–9 years of follow-up // *Acta Orthop Scand.* 2003. Vol. 74, № 2. P. 127–132. doi: 10.1080/00016470310013833
29. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Бортулёва О.В., Басков В.Е., и др. Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии // *Травматология и ортопедия России.* 2020. Т. 26, № 3. С. 93–105. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-93-105
30. Clohisy J.C., Schutz A., John L., Schoenecker P., Wright R. Periacetabular Osteotomy: A Systematic Literature Review // *Clin Orthop.* 2009. Vol. 467, № 8. P. 2041–2052. doi: 10.1007/s11999-009-0842-6
31. Biedermann R., Donnan L., Gabriel A., Wachter R., Krismer M., Behensky H. Complications and patient satisfaction after periacetabular pelvic osteotomy // *Int Orthop.* 2008. Vol. 32, № 5. P. 611–617. doi: 10.1007/s00264-007-0372-3

REFERENCES

1. Shinoda T, Naito M, Nakamura Y, Kiyama T. Periacetabular osteotomy for the treatment of dysplastic hip with Perthes-like deformities. *Int Orthop.* 2009;33(1):71–75. doi: 10.1007/s00264-007-0476-9
2. Chen M, Shang XF. Surgical treatment for young adult hip dysplasia: joint-preserving options. *Int Orthop.* 2016;40(5):891–900. doi: 10.1007/s00264-015-2927-z
3. Edelstein AI, Duncan ST, Akers S, Pashos G, Schoenecker PL, Clohisy JC. Complications associated with combined surgical hip dislocation and periacetabular osteotomy for complex hip deformities. *J Hip Preserv Surg.* 2019;6(2):117–123. doi: 10.1093/jhps/hnz014
4. Clohisy JC, Ross JR, North JD, Nepple JJ, Schoenecker PL. What are the factors associated with acetabular correction in Perthes-like hip deformities? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(12):3439–3445. doi: 10.1007/s11999-012-2507-0
5. Okano K, Enomoto H, Osaki M, Shindo H. Joint congruency as an indication for rotational acetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(4):894–900. doi: 10.1007/s11999-008-0443-9
6. d'Aubigné RM, Postel M. The classic: functional results of hip arthroplasty with acrylic prosthesis. 1954. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(01):7–27. doi: 10.1007/s11999-008-0572-1
7. Okano K, Enomoto H, Osaki M, Takahashi K., Shindo H. Femoral head deformity after open reduction by Ludloff's medial approach. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(10):2507–2512. doi: 10.1007/s11999-008-0266-8
8. Tönnis D. *Congenital dysplasia and dislocation of the hip.* Berlin: Springer-Verlag; 1987. 506 p.
9. Teplenky M, Oleinikov E, Bunov V. Hip reconstruction in patients with ischemic deformity of the proximal femur and associated acetabular dysplasia. *Genij Ortopedii.* 2020;26(4):502–507. (In Russ). doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-4-502-507
10. Clohisy JC, Nepple JJ, Ross JR, Pashos G, Schoenecker PL. Does surgical hip dislocation and periacetabular osteotomy improve pain in patients with Perthes-like deformities and acetabular dysplasia? *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(4):1370–1377. doi: 10.1007/s11999-014-4115-7
11. Lecuire F. The long-term outcome of primary osteochondritis of the hip (Legg-Calvé-Perthes' disease). *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84(5):636–640. doi: 10.1302/0301-620x.84b5.12124
12. Yrjönen T. Long-term prognosis of Legg-Calvé-Perthes disease: a meta-analysis. *J Pediatr Orthop B.* 1999;8(3):169–172. doi: 10.1097/01202412-199907000-00005
13. Haverkamp D. Intertrochanteric osteotomy combined with acetabular shelfplasty in young patients with severe deformity of the femoral head and secondary osteoarthritis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87-B(1):25–31.
14. Teplenky MP, Oleinikov EV, Bunov VS, Fozilov DT. Pelvic Osteotomies for Treatment of Young Patients With Hip Osteoarthritis Secondary to Developmental Dysplasia. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(1):19–27. (In Russ). doi: 10.17816/2311-2905-1678
15. Clohisy JC, Nunley RM, Curry MC, Schoenecker PL. Periacetabular osteotomy for the treatment of acetabular dysplasia associated with major aspherical femoral head deformities. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(7):1417–1423. doi: 10.2106/JBJS.F.00493
16. Anderson LA, Erickson JA, Severson EP, Peters CL. Sequelae of Perthes disease: treatment with surgical hip dislocation and relative femoral neck lengthening. *J Pediatr Orthop.* 2010;30(8):758–766. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181fcbaf
17. Tannast M, Macintyre N, Steppacher SD, Hosalkar HS, Ganz R, Siebenrock KA. A systematic approach to analyse the sequelae of LCPD. *Hip Int.* 2013;23(Suppl 9):S61–S70. doi: 10.5301/hipint.5000071
18. Novais EN, Clohisy J, Siebenrock K, Podeszwa D, Sucato D, Kim YJ. Treatment of the symptomatic healed Perthes hip. *Orthop Clin North Am.* 2011;42(3):401–17. doi: 10.1016/j.ocl.2011.05.003
19. Myers SR, Eijer H, Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement after periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(363):93–99.

20. Steppacher SD, Tannast M, Werlen S, Siebenrock KA. Femoral morphology differs between deficient and excessive acetabular coverage. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(4):782–790. doi: 10.1007/s11999-008-0141-7
21. Yasunaga Y, Yamasaki T, Ochi M. Patient selection criteria for periacetabular osteotomy or rotational acetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(12):3342–3354. doi: 10.1007/s11999-012-2516-z
22. Perry KI, Trousdale RT, Sierra RJ. Hip dysplasia in the young adult: an osteotomy solution. *Bone Joint J.* 2013;95-B(11 Suppl A):21–25. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32633
23. Hartig-Andreasen S, Troelsen A, Thillemann TM, Soballe K. What Factors Predict Failure 4 to 12 Years After Periacetabular Osteotomy? *Clin Orthop Relat Res.* 2012. 470(11):2978–87. doi: 10.1007/s11999-012-2386-4
24. Troelsen A, Elmengaard B, Soballe K. Medium-term outcome of periacetabular osteotomy and predictors of conversion to total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(9):2169–79. doi: 10.2106/JBJS.H.00994
25. Wells J, Millis M, Kim Y-J, Bulat E, Miller P, Matheney T. Survivorship of the Bernese Periacetabular Osteotomy: What Factors are Associated with Long-term Failure? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(2):396–405. doi: 10.1007/s11999-016-4887-z
26. Kamosko MM, Baskov VE, Barsukov DB, Pozdnikin IYu, Grigoriev IV. Transposition of the acetabulum after triple pelvic osteotomy in the treatment of children with hip dysplasia *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2014;20(3):76–85. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-76-85
27. Shimogaki K, Yasunaga Y, Ochi M. A histological study of articular cartilage after rotational acetabular osteotomy for hip dysplasia. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(7):1019–23. doi: 10.1302/0301-620X.87B7.15589
28. Sen C, Sener N, Tozun R, Boynuk B. Polygonal triple (Kotz) osteotomy in the treatment of acetabular dysplasia 17 patients (19 hips) with 4–9 years of follow-up. *Acta Orthop Scand.* 2003;74(2):127–132. doi: 10.1080/00016470310013833
29. Bortulev PI, Vissarionov SV, Bortuleva OV, Baskov VE, Barsukov DB, Pozdnikin IYu, Baskaeva TV. The Medium-Term Results of Complex Treatment of the Children with I–II Stage Dysplastic Osteoarthritis. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2020;26(3):93–105. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-93-105
30. Clohisy JC, Schutz A, John L, Schoenecker P, Wright R. Periacetabular Osteotomy: A Systematic Literature Review. *Clin Orthop.* 2009;467(8):2041–52. doi: 10.1007/s11999-009-0842-6
31. Biedermann R, Donnan L, Gabriel A, Wachter R, Krismer M, Behensky H. Complications and patient satisfaction after periacetabular pelvic osteotomy. *Int Orthop.* 2008;32(5):611–617. doi: 10.1007/s00264-007-0372-3

ОБ АВТОРАХ

Тепленький Михаил Павлович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-1973-5192;

eLibrary SPIN: 6891-8377;

e-mail: teplenkiymp@mail.ru

Бунов Вячеслав Сергеевич, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-5926-7872;

eLibrary SPIN: 5089-3928;

e-mail: bvsbunov@yandex.ru

*** Фозилов Джонибек Турдиевич**;

адрес: Россия, 640005, Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6;

ORCID: 0000-0001-5068-6643;

eLibrary SPIN: 3901-1107;

e-mail: turdievich25081995@gmail.com

AUTHORS' INFO

Mikhail P. Teplenky, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-1973-5192;

eLibrary SPIN: 6891-8377;

e-mail: teplenkiymp@mail.ru

Vyacheslav S. Bunov, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-5926-7872;

eLibrary SPIN: 5089-3928;

e-mail: bvsbunov@yandex.ru

*** Jonibek T. Fozilov**;

address: 6 M. Ulianova str., 640005, Kurgan, Russia;

ORCID: 0000-0001-5068-6643;

eLibrary SPIN: 3901-1107;

e-mail: turdievich25081995@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

Оценка эффективности предоперационной гало-тракции пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии

С.В. Колесов, М.Б. Цыкунов, С.Б. Багиров, А.И. Казьмин, В.С. Переверзев

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Основным методом лечения пациентов с тяжёлыми формами идиопатического сколиоза является хирургический метод. При тяжёлых деформациях позвоночника как этап предоперационной подготовки возможно использовать гало-тракцию. Однако при ригидных деформациях достаточно сложно оценить результаты тракционной подготовки. Тем не менее возможно применение аппарата биологической обратной связи Tergumed Pegasus 3D в оценке изменения мобильности позвоночника.

Цель. Оценить эффективность предоперационной гало-тракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии.

Материалы и методы. Проведён проспективный анализ результатов предоперационной подготовки 15 пациентов с тяжёлыми сколиотическими деформациями позвоночника. Все пациенты получали в качестве предоперационной подготовки гало-тракцию стоя в прогулочной раме или сидя в кресле-каталке. Выполнены расчёт индекса мобильности деформации, измерение объёма движений и статической силы мышц позвоночника в трёх плоскостях динамографическим методом до и после тракционной подготовки. Проведён статистический анализ полученных данных с применением критерия Уилкоксона.

Результаты. Изменения величины индекса мобильности до и после предоперационной подготовки оказались статистически незначимыми ($p > 0,05$). Анализ изменения объёма движений позвоночника обнаружил увеличение объёма движений практически во всех плоскостях, кроме разгибания и наклонов вбок в выпуклую сторону деформации. Статистически значимое увеличение объёма движений отмечено при поворотах в аксиальной плоскости в выпуклую и вогнутую стороны деформации, при наклонах вбок в вогнутую сторону ($p < 0,05$), а при сгибании позвоночника получено статистически незначимое улучшение показателей. Исследование статической силы мышц позвоночника продемонстрировало увеличение силы во всех плоскостях, однако статистически значимые изменения обнаружены при наклонах вбок в выпуклую и вогнутую стороны, повороте в выпуклую сторону и разгибании спины.

Заключение. Полученные данные демонстрируют увеличение силы мышц позвоночника после проводимой гало-гравитационной подготовки, а также повышение мобильности. Динамография показала свою эффективность при оценке предоперационной гало-тракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника, однако требуются дальнейшие исследования с более высоким уровнем доказательности.

Ключевые слова: динамография; гало-тракция; сколиоз.

Как цитировать:

Колесов С.В., Цыкунов М.Б., Багиров С.Б., Казьмин А.И., Переверзев В.С. Оценка эффективности предоперационной гало-тракции пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 419–430. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

Evaluation of the effectiveness of preoperative halo-traction in patients with severe spinal deformities using dynamography

Sergey V. Kolesov, Mikhail B. Tsykunov, Samir B. Bagirov, Arkadii I. Kazmin, Vladimir S. Pereverzev

Priorov National Medical Research Center, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Surgical treatment is the main method of treatment for patients with severe forms of idiopathic scoliosis. In severe spinal deformities, halo-traction can be used as a preoperative preparation stage. However, it is difficult to assess the results of traction preparation in rigid deformities. Nevertheless, the Tergumed Pegasus 3D biofeedback device can be used to assess changes in spinal mobility.

AIM: To evaluate the effectiveness of preoperative halo-traction preparation in patients with severe spinal deformities using dynamography.

MATERIALS AND METHODS: We prospectively analysed the results of 15 patients with severe spinal scoliotic deformities preoperatively. All patients received halo-traction while standing in a walking frame or sitting in a wheelchair as a preoperative preparation. We calculated the deformity mobility index, measured the volume of movement and static strength of spinal muscles in three planes using the dynamographic method before and after traction preparation. The data were statistically analysed using the Wilcoxon test.

RESULTS: Changes in the mobility index before and after preoperative preparation were statistically insignificant ($p > 0.05$). Analysis of changes in the spinal movement volume revealed an increase in the range of motion in almost all dimensions, except for extension and lateral bending to the convex side of the deformity. A statistically significant increase in the movement volume was observed in axial rotations to the convex and concave sides of the deformity, and in lateral bends to the concave side ($p < 0.05$), while spinal flexion showed a statistically insignificant improvement. The study of static spinal muscle strength showed an increase in strength in all angles, but statistically significant changes were found in lateral bending to the convex and concave sides, turning to the convex side, and back extension.

CONCLUSION: The data obtained demonstrate an increase in the strength of the spinal muscles after halo-gravity training, as well as an increase in mobility. Dynamography has been shown to be effective in assessing preoperative halo-traction preparation in patients with severe spinal deformities, but further studies with a higher level of evidence are required.

Keywords: dynamography; halo-traction; scoliosis.

To cite this article:

Kolesov SV, Tsykunov MB, Bagirov SB, Kazmin AI, Pereverzev VS. Evaluation of the effectiveness of preoperative halo-traction in patients with severe spinal deformities using dynamography. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):419–430. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

ОБОСНОВАНИЕ

Сколиоз — трёхмерная деформация позвоночника, характеризующаяся искривлением во фронтальной плоскости более 10° с ротационным компонентом [1–4]. Распространённость идиопатического сколиоза, по данным литературы, составляет 0,47–5,2% [5]. Идиопатический сколиоз чрезвычайно редко встречается в младенчестве и раннем детстве, но его распространённость составляет от 1 до 2% среди школьников до 15 лет [6]. Дегенеративные изменения объясняют дальнейший рост распространённости до более чем 8% у взрослых в возрасте от 25 лет и старше и до 68% у лиц в возрасте от 60 до 90 лет [7, 8].

Основным методом лечения пациентов с тяжёлыми формами идиопатического сколиоза является хирургический метод. Одним из этапов предоперационного планирования является определение мобильности деформации. В своё время А.И. Казьмин предложил индекс стабильности [9–12], который определялся как соотношение величины угла деформации лёжа и величины угла в положении стоя. В дальнейшем индекс мобильности рассчитывался как отношение величины угла деформации при выполнении функциональной рентгенографии — тракционном тесте позвоночника (вытяжении лёжа) к величине угла сколиотической деформации стоя [13, 14]. Деформация в пределах величин 0,7–1 (в процентном соотношении — 70–100%) считается ригидной.

По данным литературы, предлагаются различные виды функциональных проб для определения мобильности: стоя и лёжа, с боковыми наклонами (bending tests), лёжа на животе с мануальным давлением на область вершины деформации дуги и противодуги (prone push спондилография), рентгенография с вытяжением грузом, составляющим 30–50% от массы тела, или в условиях наркоза [15–17]. При деформациях более 50° – 60° , по мнению некоторых авторов, использование спондилограмм с тракционным тестом информативнее, нежели с боковыми наклонами [18–20].

При тяжёлых деформациях позвоночника как этап предоперационной подготовки возможно использовать гало-тракцию. Этот метод достаточно безопасный [21]. Литературные данные указывают на благоприятное операционное течение, меньшую кровопотерю, улучшение показателей лёгочной вентиляции (показатель жизненной ёмкости лёгочной ткани, ЖЕЛ), подтверждённые статистическими методами обработки. Всё это улучшает предоперационный общий, респираторный и нутритивный статусы пациента, помогая быстро адаптироваться в послеоперационном периоде [23, 28, 29]. Однако при ригидных деформациях достаточно сложно оценить результаты тракционной подготовки. Аппарат биологической обратной связи (БОС) Tergumed Pegasus 3D используется реабилитологами для лечебной физкультуры. Однако он является лечебно-диагностической станцией для позвоночника, позволяющей проводить тестирование статической силы

мышц, участвующих в движении позвоночника, а также определять объём движения во всех плоскостях.

Цель исследования — оценить эффективность предоперационной гало-тракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведён проспективный анализ результатов предоперационной подготовки 15 пациентов (3 мужчин, 12 женщин) с тяжёлыми деформациями позвоночника.

Критерии соответствия

Все пациенты были сопоставимы между собой и имели IV степень деформации позвоночника (по В.Д. Чаклину). Средний возраст пациентов составил 26,1 года с медианным значением 26 (95% доверительный интервал (ДИ) 20,8–31,4). Средний угол основной сколиотической деформации составил 103° с медианным значением 96° (95% ДИ 91,3–116°).

Локализация сколиотических дуг по отделам позвоночника у пациентов была следующей:

- правосторонняя грудная и левосторонняя поясничная дуги (10 пациентов);
- правосторонняя грудная деформация без противодуги в поясничном отделе (2 пациента);
- сколиотическая деформация у остальных 3 пациентов была правосторонней груднопоясничной (2 человека) или правосторонней поясничной (1 человек).

Все пациенты получали в качестве предоперационной подготовки гало-тракцию стоя в прогулочной раме и сидя в кресле-каталке по 6–8 часов в сутки.

Условия проведения

В исследовании участвовали пациенты, проходившие лечение в 7-м травматолого-ортопедическом отделении патологии позвоночника ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ, г. Москва.

Продолжительность исследования

Исследование проведено в период с июля 2021 по октябрь 2022 года.

Описание медицинского вмешательства

Всем больным проведены клиническое обследование, лучевая диагностика, включающая постуральную спондилографию и рентгенограммы с тракционным тестом, причём тракционные спондилограммы выполнялись при поступлении и после предоперационной подготовки, за сутки до операции. Проведён расчёт индекса мобильности (ИМ) деформации у каждого пациента до и после тракционной подготовки в зависимости от расположения деформации. Результаты ИМ представлены в табл. 1.

Table 1. Calculation of the deformity mobility index, range of motion and static strength of the spinal muscles before and after halo-traction preparation, depending on the location of the deformity

Примечание (здесь и в табл. 2, 3). IM — индекс мобильности, Th — грудной отдел, L — поясничный отдел.
Note (here and in Table 2, 3). IM — mobility index, Th — thoracic spine, L — lumbar spine.



Рис. 1. Положение пациента X. в аппарате.

Fig. 1. The position of patient X. in the device.

Аналогично двукратно, при поступлении и после тракционной подготовки, пациентам выполнено измерение объема движений позвоночника и статической силы мышц в аппарате интеллектуальной системы с БОС Tergumed Pegasus 3D. Процедура исследования следующая. Сперва производится настройка аппарата для пациента в положении сидя. Специальными фиксаторами зажимаются плечи пациента, крылья подвздошных костей. Кресло регулируется по высоте, чтобы угол сгибания в тазобедренных суставах составлял 90 градусов. Производится компьютерная калибровка аппарата. Данные фиксаторов и положения пациента сохраняются в памяти компьютера и используются для следующих исследований этого же пациента. На рис. 1 продемонстрировано положение пациента X. в аппарате. Следующим шагом является исследование объема движений и силы мышц в различных плоскостях. Тестирование объема движений происходит в динамическом режиме, его подвижные части двигаются с пациентом в трёх плоскостях, осуществляя сгибание-разгибание, наклоны вправо-влево и ротации туловища вправо-влево. Исследование силы производится в статическом режиме: пациент выполняет движение, аппарат неподвижен. Каждое движение осуществляется троекратно, компьютером выдаются усреднённые данные. Результаты исследования пациента X. продемонстрированы на рис. 2.

Методы регистрации исходов

Для оценки результатов предоперационной гало-тракционной подготовки оценивались результаты полученных данных по объёму движений и силы мышц в следующих направлениях: сгибание и разгибание в сагиттальной плоскости, а во фронтальной и аксиальной (трансверсальной, как указывает аппарат) — в выпуклую и вогнутую стороны относительно поясничной деформации. У 2 пациентов отсутствовала поясничная дуга, их результаты оценивались, как у пациентов в группе с двумя дугами — правосторонней грудной и левосторонней поясничной. Результаты исследования объёма движений и статической силы представлены в табл. 1.

Этическая экспертиза

Не проводилась.

Статистический анализ

Для оценки полученных данных выполнен статистический анализ с помощью критерия Уилкоксона с использованием программы Jamovi 2.3.21. Проводилась проверка нормальности распределения при помощи критерия Колмогорова–Смирнова. С учётом связанных выборок применяли парный критерий Уилкоксона. Различия принимали за статистически значимые при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При анализе величины индекса мобильности до и после предоперационной подготовки как в грудном, так и в поясничном отделе отмечено его уменьшение: в грудном

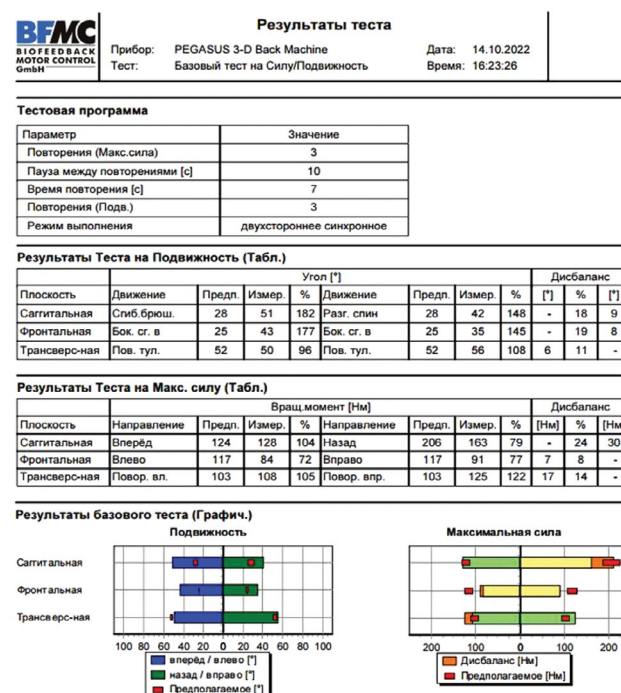


Рис. 2. Результаты исследования пациента X.

Fig. 2. The results of the research of patient X.

отделе — с 0,829 до 0,740, а в поясничном — с 0,798 до 0,755, что говорит об увеличении мобильности дуг. Однако эти изменения оказались статистически незначимыми: в грудном отделе $p=0,065$, в поясничном — 0,380.

Анализ изменения объёма движений позвоночника обнаружил увеличение объёма движений практически во всех плоскостях, кроме разгибания, где он уменьшился с 44,8 до 40,9°, и наклонов в выпуклую сторону деформации, где он остался неизменным — 43,1°, причём при статистическом анализе данные изменения оказались статистически незначимыми, $p=0,139$ и 0,726 соответственно (табл. 2, 3). В остальных плоскостях получены следующие данные: статистически значимое увеличение объёма движений при поворотах в аксиальной плоскости в выпуклую ($p=0,001$) и вогнутую ($p=0,023$) сторону деформации; при наклонах вбок в вогнутую сторону ($p=0,038$). В сгибании позвоночника отмечено улучшение показателей, но полученные изменения статистически незначимы ($p=0,246$) (табл. 2, 3). Из полученных данных видно, что увеличение объёма движений всё же является статистически значимым в определённых плоскостях после гало-тракционной подготовки пациентов, несмотря на то, что индекс мобильности демонстрирует статистически незначимое улучшение и остаётся в пределах ригидных показателей.

Что касается статической силы мышц, участвующих в движениях позвоночника, то полученные данные говорят об увеличении силы мышц во всех плоскостях, однако изменения статистически значимы в следующих движениях: наклоны до и после тракционной подготовки в выпуклую ($p=0,035$) и вогнутую ($p=0,013$) сторону, повороты в выпуклую сторону ($p=0,047$) и разгибания в сагиттальной плоскости ($p=0,005$). При поворотах в вогнутую сторону $p=0,053$, а при сгибании — 1,000. Силовой тест также демонстрирует увеличение статической силы глубоких мышц позвоночника в результате тракционной подготовки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Вопрос выбора тактики хирургической коррекции пациентов с тяжёлыми деформациями дискуссионен. Как известно, в арсенале спинального хирурга имеются различные методы мобилизации позвоночника из заднего доступа, например за счёт релиза связочного аппарата (межостистых, жёлтой связок), фасетэктомии, задних остеотомий — по Смит–Петерсену (SPO), по Ponte, вертебротомии. Возможен и передний релиз: за счёт резекции головок рёбер, дискэктомии [22].

Классической методикой хирургического лечения тяжёлых деформаций являются трёхколонные вертебротомии, которые травматичны, сопровождаются выраженной интраоперационной кровопотерей и высоким риском неврологического дефицита [23–25].

За последнее десятилетие роль переднего релиза отошла на второй план [25, 26]. Вентральные доступы

зачастую приводят к ухудшению лёгочной функции, prolongации длительности пребывания пациентов в стационаре, а задний доступ оказывает лучшее влияние на функцию лёгких по сравнению с открытыми или эндоскопическими передними релизами, особенно у пациентов с ослабленной функцией дыхательной системы [27]. Чтобы уменьшить эти риски, хирурги используют различные методы, в частности, обращаются за помощью к гало-гравитационной тракции.

Гало-тракционная подготовка является хорошо переносимой и достаточно безопасной процедурой [21]. Серьёзные осложнения встречаются редко, а остальные легко поддаются лечению. Данные метаанализа [28] и ретроспективных исследований различных авторов [23] указывают на благоприятное операционное течение, меньшую кровопотерю, улучшение показателей лёгочной вентиляции (ЖЕЛ), подтверждённые статистическими методами обработки. Всё это улучшает предоперационный общий, респираторный и нутритивный статусы пациента, помогая быстро адаптироваться в послеоперационном периоде [29]. Кроме того, различные методы гало-тракции позволяют комбинировать их с различными видами остеотомий позвоночника для более эффективной коррекции.

В нашем исследовании показана эффективность динамографического контроля при гало-тракционной подготовке, проведённой с помощью аппарата Tergumed Pegasus 3D. Полученные данные демонстрируют увеличение силы мышц позвоночника, мобильности в определённых плоскостях. Причём данные изменения статистически значимы при имеющейся недостоверности изменения индекса мобильности.

Нами найдено немного литературных данных по применению аппаратов БОС. В основном описывается их использование в реабилитационных целях при дегенеративных заболеваниях позвоночника. Два исследования проведено на здоровых людях. Veerle K. Stevens с соавт. [30] в 2006 году оценили работу поясничных мышц позвоночника и прямой мышцы живота у лиц без симптома LBP (боли внизу спины). Авторами установлено, что многораздельным мышцам (лат. *Musculi multifidi*) отводится важная функция — сегментарной стабилизации поясничного отдела позвоночника, что в дальнейшем позволяет создавать эффективные программы реабилитации для пациентов с болями внизу спины.

В 2015 году была опубликована работа Eline De Ridder с соавт., в которой исследовалась взаимосвязь между дозированием нагрузки и вовлечением мышц-разгибателей спины при выполнении экстензии туловища [31]. В работе описаны различные методы оценки работы мышц-разгибателей спины. Обнаружено, что применение аппарата Tergumed позволяет точно определять нагрузку и фактическую активность мышц-разгибателей спины при интенсивных нагрузках как метод прямой оценки. Полученные данные подтверждены статистическим методом обработки.

Таблица 2. Описательная статистика. Изменения средних величин индекса мобильности и результатов измерения аппарата биологической обратной связи Tergumed Pegasus 3D
Table 2. Descriptive statistics. Changes in the average values of the mobility index and measurement results of the Tergumed Pegasus 3D BFB device

	IM Th до	IM Th после	IM L до	IM L после	Угол сгибания до	Угол сгибания после	Угол наклона вынул. до	Угол наклона вынул. после	Угол ротации вынул. до	Угол ротации вынул. после	Сила сгибания до	Сила сгибания после	Сила наклона вынул. до	Сила наклона вынул. после	Сила ротации вынул. до	Сила ротации вынул. после	Сила разгибания до	Угол разгибания до	Угол разгибания после	Угол наклона вынул. до	Угол наклона вынул. после	Угол ротации вынул. до	Угол ротации вынул. после	Сила разгибания до	Сила разгибания после	Сила наклона вынул. до	Сила наклона вынул. после	Сила ротации вынул. до	Сила ротации вынул. после	
N	15	15	12	12	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Пропущено	5	5	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Среднее	0.829	0.740	0.798	0.755	52.8	54.3	43.1	43.1	43.5	54.2	62.5	62.7	45.9	56.5	38.6	44.8	40.9	38.2	39.7	44.3	51.3	60.1	85.8	112	49.3	61.7	37.7	46.3	44.3	51.3
95% ДИ средняя нижняя граница	0.763	0.636	0.727	0.670	49.6	51.5	38.5	39.2	36.6	46.2	46.6	46.6	34.0	46.3	24.8	29.1	34.8	33.5	34.1	39.6	42.4	50.6	60.6	84.6	37.5	45.7	24.6	30.2	42.4	50.6
95% ДИ средняя верхняя граница	0.896	0.844	0.870	0.840	56.0	57.2	47.6	47.0	50.4	62.2	78.4	78.9	57.8	66.6	52.4	60.5	46.9	42.9	45.2	49.0	60.2	69.7	111	139	61.2	77.7	49.1	62.3	69.7	111
Медиана	0.800	0.760	0.810	0.775	52	55	42	43	44	51	63	57	41	51	35	46	42	35	40	47	54	68	80	99	53	56	35	40	68	80
Стандартное отклонение	0.12	0.188	0.113	0.133	5.82	5.19	8.26	7.07	12.50	14.40	28.70	29.20	21.50	18.30	24.90	28.40	10.90	8.51	10.10	8.49	16.10	17.20	45.50	49.30	21.40	28.90	20.60	28.90	17.20	45.50
Минимум	0.600	0.390	0.630	0.480	43	45	29	29	28	35	22	33	18	35	9	10	22	21	21	26	28	29	23	35	13	29	14	10	29	23
Максимум	1.00	1.00	1.00	0.980	65	63	61	54	76	79	128	128	101	84	85	108	57	51	55	60	81	77	190	200	78	135	92	125	77	190

Таблица 3. Статистический анализ с определением критерия Уилкоксона**Table 3.** Statistical analysis with the definition of the Wilcoxon criterion

Параметр сравнения		Значение Т-критерия	Уровень значимости, $p < 0,05$
ИМ Th до	ИМ Th после	93,00	0,065
ИМ L до	ИМ L после	51,00	0,380
Угол сгибания до	Угол сгибания после	28,50	0,246
Угол наклона выпукл. до	Угол наклона выпукл. после	40,00	0,726
Угол ротации выпукл. до	Угол ротации выпукл. после	1,50	<0,001
Сила сгибания до	Сила сгибания после	53,00	1,000
Сила наклона выпукл. до	Сила наклона выпукл. после	18,50	0,035
Сила ротации выпукл. до	Сила ротации выпукл. после	24,50	0,047
Угол разгибания до	Угол разгибания после	76,50	0,139
Угол наклона вогн. до	Угол наклона вогн. после	23,00	0,038
Угол ротации вогн. до	Угол ротации вогн. после	19,50	0,023
Сила разгибания до	Сила разгибания после	10,00	0,005
Сила наклона вогн. до	Сила наклона вогн. после	16,00	0,013
Сила ротации вогн. до	Сила ротации вогн. после	25,50	0,053

В 2019 году Jacek Wilczyński и Alicja Kasprzak провели исследование 41 женщины с синдромом болей внизу спины на фоне дегенеративных изменений [32]. В данном исследовании аппарат Tergumed использовался не только для оценки определённых параметров силы, но и в качестве тренажёра с БОС, позволяющей использовать его в лечебных целях.

В.Д. Ерёменко и Н.Л. Иванова в своей статье отмечают, что Tergumed 3D является универсальной диагностической, тестовой и реабилитационной станцией для всего позвоночника [33]. Он позволяет объективно оценивать диапазон движений во всех трёх плоскостях, его дефицит, изометрическую и динамическую силу мышц, их дисбаланс. Полученные данные применяются для разработки реабилитационных методик для лечения пациентов с заболеваниями позвоночника. Кроме того, авторы отмечают, что аппарат может использоваться как критерий оценки эффективности мероприятий, направленных на коррекцию дисбаланса силы паравертебральных мышц. Также оптимизация режима асимметричной нагрузки у детей с деформациями позвоночника начальных степеней может служить эффективным средством профилактики усиления степени деформации и её коррекции.

Касательно деформаций позвоночника Г.С. Лупандина-Болотова с соавт. опубликовали ряд работ, посвящённых исследованию применения аппарата Tergumed 3D при оценке реабилитации подростков в возрасте от 12 до 16 лет с нарушениями осанки и сколиозами I–II степени [34–36]. В первых двух научных работах оценивались результаты применения аппарата БОС при проведении дополнительных тренировок в изометрическом режиме. Исследования

проводились с использованием контрольных групп пациентов, применением статистического анализа. Полученные данные демонстрировали улучшение показателей антропометрии, стабилометрии, миографии паравертебральных мышц, значимое улучшение мышечной силы и тренированности у пациентов в группе применения аппарата [35], причём лучших результатов удавалось достичь за меньшие сроки [34]. Ограничением этих исследований было отсутствие точно установленного диагноза.

В ещё одном сообщении Г.С. Лупандиной-Болотовой с соавт. [36] о методах диагностики нарушений осанки и деформаций позвоночника отмечается, что значимость показаний прибора Tergumed 3D доказана Н. Schaar с соавт. [37].

Нами прибор применялся для исследования пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника IV степени. Научных работ с использованием динамографии в оценке функционального результата при предоперационной галотракции при тяжёлых сколиотических деформациях в литературе нам не встретилось.

Ограничение исследования

Ограничением исследования является малая выборка пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные демонстрируют увеличение силы мышц позвоночника после проводимой гало-гравитационной подготовки, а также повышение мобильности в ряде плоскостей. Динамографический метод показал

свою эффективность при оценке предоперационной галотракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника, однако требуются дальнейшие исследования с более высоким уровнем доказательности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

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

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов С.В. Хирургия деформаций позвоночника / под ред. С.П. Миронова. Москва: Авторская академия, 2014. 272 с.
2. Михайловский М.В. Этапы развития вертебральной хирургии: исторический экскурс // Хирургия позвоночника. 2004. № 1. С. 10–24.
3. Адамбаев З.И., Киличев И.А. Тракционная терапия (обзор литературы) // Достижения науки и образования. 2017. Т. 20, № 7. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/traktsionnaya-terapiya-obzor-literatury>. Дата обращения: 29.03.2023.
4. Konieczny M.R., Senyurt H., Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis // J Child Orthop. 2013. Vol. 7, № 1. P. 3–9. doi: 10.1007/s11832-012-0457-4
5. Comité Nacional de Adolescencia SAP; Comité de Diagnóstico por Imágenes SAP; Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil; Sociedad Argentina de Patología de la Columna Vertebral (SAPCV); Comité de Diagnóstico por Imágenes; Colaboradores. Consenso de escoliosis idiopática del adolescente [Adolescent idiopathic scoliosis] // Arch Argent Pediatr. 2016. Vol. 114, № 6. P. 585–594. doi: 10.5546/aap.2016.585
6. Willner S., Udén A. A prospective prevalence study of scoliosis in Southern Sweden // Acta Orthop Scand. 1982. Vol. 53, № 2. P. 233–7. doi: 10.3109/17453678208992208
7. Carter O.D., Haynes S.G. Prevalence rates for scoliosis in US adults: results from the first National Health and Nutrition Examination Survey // Int J Epidemiol. 1987. Vol. 16, № 4. P. 537–44. doi: 10.1093/ije/16.4.537
8. Schwab F., Dubey A., Gamez L., El Fegoun A.B., Hwang K., Pagala M., Farcy J.P. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population // Spine (Phila Pa 1976). 2005. Vol. 30, № 9. P. 1082–5. doi: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.cd
9. Казьмин А.И., Фищенко В.Я. Дискотомия (Этиология, патогенез и лечение сколиоза). Москва: Медицина, 1974. 200 с.
10. Джалилов Я.Р. Комплексное ортопедо-хирургическое лечение сколиотической болезни // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2002. Т. 9, № 3. С. 47–52. doi: 10.17816/vto99941
11. Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швеи В.В. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения сколиоза с применением дистрактора Harrington в сочетании с методом Luque и системы Cotrel-Dubousset // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 1999. Т. 6, № 2. С. 7–15. doi: 10.17816/vto104799
12. Ветрилэ С.Т., Швеи В.В., Кулешов А.А. Результаты хирургического лечения больных сколиозом по Харрингтону в различных сочетаниях с другими методиками // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 1996. Т. 3, № 1. С. 3–6. doi: 10.17816/vto64039
13. Ветрилэ С.Т., Кисель А.А., Кулешов А.А. Оценка эффективности одноэтапной хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника инструментарием Cotrel — Dubousset // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2004. Т. 11, № 4. С. 58–68. doi: 10.17816/vto200411458-67
14. Кулешов А.А. Тяжёлые формы сколиоза. Оперативное лечение и функциональные особенности некоторых органов и систем: дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2007. Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/tyazhelye-formy-skolioza-operativnoe-lechenie-i-funktsionalnye-osobennosti-nekotorykh-organo>?ysclid=lp5ogu1eyk942975917
15. Cheung K.M., Luk K.D. Prediction of correction of scoliosis with use of the fulcrum bending radiograph // J Bone Joint Surg Am. 1997. Vol. 79, № 8. P. 1144–50. doi: 10.2106/00004623-199708000-00005
16. Kleinman R.G., Csongradi J.J., Rinsky L.A., Bleck E.E. The radiographic assessment of spinal flexibility in scoliosis: a study of the efficacy of the prone push film // Clin Orthop Relat Res. 1982. № 162. P. 47–53.

17. Hamzaoglu A., Ozturk C., Aydogan M., Tezer M., Aksu N., Bruno M.B. Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis (>100 degrees) // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008. Vol. 33, № 9. P. 979–83. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b17
18. White A.A., Panjabi M.M. Clinical biomechanics of the spine. Philadelphia: Lippincott, 1978.
19. Polly D.W. Jr, Sturm P.F. Traction versus supine side bending. Which technique best determines curve flexibility? // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998. Vol. 23, № 7. P. 804–8. doi: 10.1097/00007632-199804010-00013
20. Vaughan J.J., Winter R.B., Lonstein J.E. Comparison of the use of supine bending and traction radiographs in the selection of the fusion area in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996. Vol. 21, № 21. P. 2469–73. doi: 10.1097/00007632-199611010-00012
21. Rinella A., Lenke L., Whitaker C., Kim Y., Park S.S., Peelle M., Edwards C. 2nd, Bridwell K. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis and kyphosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005. Vol. 30, № 4. P. 475–82. doi: 10.1097/01.brs.0000153707.80497.a2
22. Sucato D.J. Management of severe spinal deformity: scoliosis and kyphosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010. Vol. 35, № 25. P. 2186–92. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181feab19
23. Shi B., Liu D., Shi B., Li Y., Xia S., Jiang E., Qiu Y., Zhu Z. A Retrospective Study to Compare the Efficacy of Preoperative Halo-Gravity Traction and Postoperative Halo-Femoral Traction After Posterior Spinal Release in Corrective Surgery for Severe Kyphoscoliosis // *Med Sci Monit*. 2020. Vol. 26. P. e919281. doi: 10.12659/MSM.919281
24. Qiao J., Xiao L., Sun X., Liu Z., Zhu Z., Qian B., Qiu Y. Three column osteotomy for adult spine deformity: comparison of outcomes and complications between kyphosis and kyphoscoliosis // *Br J Neurosurg*. 2018. Vol. 32, № 1. P. 32–36. doi: 10.1080/02688697.2018.1427214
25. Kandwal P., Vijayaraghavan G.P., Nagaraja U.B., Jayaswal A. Severe Rigid Scoliosis: Review of Management Strategies and Role of Spinal Osteotomies // *Asian Spine J*. 2017. Vol. 11, № 3. P. 494–503. doi: 10.4184/asj.2017.11.3.494
26. Сажнев М.Л. Хирургическое лечение сколиотической деформации с использованием остеотомии по Смит-Петерсену: дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2013. Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/khirurgicheskoe-lechenie-skolioticheskoi-deformatsii-s-ispolzovaniem-osteotomii-po-smit-pete?ysclid=lp5ox8bkut432207374>
27. Mehrpour S., Sorbi R., Rezaei R., Mazda K. Posterior-only surgery with preoperative skeletal traction for management of severe scoliosis // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017. Vol. 137, № 4. P. 457–463. doi: 10.1007/s00402-017-2642-x
28. Yang C., Wang H., Zheng Z., Zhang Z., Wang J., Liu H., Kim Y.J., Cho S. Halo-gravity traction in the treatment of severe spinal deformity: a systematic review and meta-analysis // *Eur Spine J*. 2017. Vol. 26, № 7. P. 1810–1816. doi: 10.1007/s00586-016-4848-y
29. McIntosh A.L., Ramo B.S., Johnston C.E. Halo Gravity Traction for Severe Pediatric Spinal Deformity: A Clinical Concepts Review // *Spine Deform*. 2019. Vol. 7, № 3. P. 395–403. doi: 10.1016/j.jspd.2018.09.068
30. Stevens V.K., Parlevliet T.G., Coorevits P.L., Mahieu N.N., Bouche K.G., Vanderstraeten G.G., Danneels L.A. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices // *J Electromyogr Kinesiol*. 2008. Vol. 18, № 3. P. 434–45. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.10.009
31. De Ridder E., Danneels L., Vleeming A., Vanderstraeten G., Van Ranst M., Van Oosterwijck J. Trunk extension exercises: How is trunk extensor muscle recruitment related to the exercise dosage? // *J Electromyogr Kinesiol*. 2015. Vol. 25, № 4. P. 681–8. doi: 10.1016/j.jelekin.2015.01.001
32. Wilczyński J., Kasprzak A. Dynamics of Changes in Isometric Strength and Muscle Imbalance in the Treatment of Women with Low back Pain // *Biomed Res Int*. 2020. Vol. 2020. P. 6139535. doi: 10.1155/2020/6139535
33. Ерёменко В.Д., Иванова Н.Л. Тренажёры «Tergumed 3D» и «Proxomed Tergumed 700»: изучение опыта применения в реабилитации при дорсопатиях // *Материалы IV Студенческой заочной международной научной конференции, посвящённой 85-летию образования ИрГТУ, «Физическая культура и спорт — основа здоровья нации»; апрель 27–29 2015; Иркутск / под ред. М.М. Колокольцева. Том 2. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2015. С. 772–776.*
34. Лупандина-Болотова Г.С., Поляков С.Д., Корнеева И.Т. Метод стабилотрии в оценке динамики функциональных вертебральных изменений у детей 12–16 лет при использовании в комплексе реабилитации лечебно-диагностической системы «Тергумед 3D» // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2011. № 12(96). С. 36–40.
35. Лупандина-Болотова Г.С., Корнеева И.Т., Поляков С.Д. Лечебно-диагностическая система «Тергумед 3D» в комплексной реабилитации подростков с функциональными вертебральными нарушениями // *Современная медицина: актуальные вопросы*. 2013. № 25. С. 115–122.
36. Лупандина-Болотова Г.С., Тайбулатов Н.И., Игнатов Д.А., и др. Функциональные нарушения при деформациях позвоночника и методы их коррекции // *Вопросы современной педиатрии*. 2015. Т. 14, № 2. С. 201–206. doi: 10.15690/vsp.v14i2.1287
37. Schaar H., Simon J., Mattes K. Reliability of isometric maximum strength tests of the trunk with elite athletes at the CTT-Pegasus®. 8th WCPAS. Germany, Magdeburg, 2008. P. 3–6.

REFERENCES

1. Kolesov S.V. *Surgery of spinal deformities*. Mironov SP, editor. Moscow: Author's Academy; 2014. 272 p. (In Russ).
2. Mikhailovsky M.V. Stages of development of vertebral surgery: a historical digression. *Spine surgery*. 2004;(1):10–24. (In Russ).
3. Adambaev ZI, Kilichev IA. Traction therapy (literature review). *Achievements of science and education*. 2017;20(7). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/traktsionnaya-terapiya-obzor-literatury>. Accessed: 29.03.2023. (In Russ).

4. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2013;7(1):3–9. doi: 10.1007/s11832-012-0457-4
5. Comité Nacional de Adolescencia SAP; Comité de Diagnóstico por Imágenes SAP; Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil; Sociedad Argentina de Patología de la Columna Vertebral (SAPCV); Comité de Diagnóstico por Imágenes; Colaboradores. Consenso de escoliosis idiopática del adolescente [Adolescent idiopathic scoliosis]. *Arch Argent Pediatr*. 2016;114(6):585–594. (In Spanish). doi: 10.5546/aap.2016.585
6. Willner S, Udén A. A prospective prevalence study of scoliosis in Southern Sweden. *Acta Orthop Scand*. 1982;53(2):233–7. doi: 10.3109/17453678208992208
7. Carter OD, Haynes SG. Prevalence rates for scoliosis in US adults: results from the first National Health and Nutrition Examination Survey. *Int J Epidemiol*. 1987;16(4):537–44. doi: 10.1093/ije/16.4.537
8. Schwab F, Dubey A, Gamez L, El Fegoun AB, Hwang K, Pagala M, Farcy JP. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(9):1082–5. doi: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.cd
9. Kazmin AI, Fishchenko VYa. *Discotomy (Etiology, pathogenesis and treatment of scoliosis)*. Moscow: Medicine; 1974. 200 p. (In Russ).
10. Jalilov YaR. Complex orthopedic and surgical treatment of scoliotic disease. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2002;9(3):47–52. (In Russ). doi: 10.17816/vto99941
11. Vetrile ST, Kuleshov AA, Shvets VV. Comparative analysis of the results of surgical treatment of scoliosis using the Harrington distractor in combination with the Luque method and the Cotrel-Dubousset system. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 1999;6(2):7–15. (In Russ). doi: 10.17816/vto104799
12. Vetrile ST, Shvets VV, Kuleshov AA. Results of surgical treatment of patients with scoliosis according to Harrington in various combinations with other methods. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 1996;3(1):3–6. (In Russ). doi: 10.17816/vto64039
13. Vetrile ST, Kisel AA, Kuleshov AA. Evaluation of the effectiveness of single-stage surgical correction of scoliotic spinal deformity with Cotrel — Dubousset tools. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2004;11(4):58–68. (In Russ). doi: 10.17816/vto200411458-67
14. Kuleshov AA. *Severe forms of scoliosis. Surgical treatment and functional features of some organs and systems* [dissertation]. Moscow; 2007. Available from: <https://www.dissercat.com/content/tyazhelye-formy-skolioza-operativnoe-lechenie-i-funktsionalnye-osobennosti-nekotorykh-organoyscid=lp5ogu1eyk942975917> (In Russ).
15. Cheung KM, Luk KD. Prediction of correction of scoliosis with use of the fulcrum bending radiograph. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(8):1144–50. doi: 10.2106/00004623-199708000-00005
16. Kleinman RG, Csongradi JJ, Rinsky LA, Bleck EE. The radiographic assessment of spinal flexibility in scoliosis: a study of the efficacy of the prone push film. *Clin Orthop Relat Res*. 1982;(162):47–53.
17. Hamzaoglu A, Ozturk C, Aydogan M, Tezer M, Aksu N, Bruno MB. Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis (>100 degrees). *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(9):979–83. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b17
18. White AA, Panjabi MM. *Clinical biomechanics of the spine*. Philadelphia: Lippincott; 1978.
19. Polly DW Jr, Sturm PF. Traction versus supine side bending. Which technique best determines curve flexibility? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(7):804–8. doi: 10.1097/00007632-199804010-00013
20. Vaughan JJ, Winter RB, Lonstein JE. Comparison of the use of supine bending and traction radiographs in the selection of the fusion area in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(21):2469–73. doi: 10.1097/00007632-199611010-00012
21. Rinella A, Lenke L, Whitaker C, Kim Y, Park SS, Peelle M, Edwards C 2nd, Bridwell K. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis and kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(4):475–82. doi: 10.1097/01.brs.0000153707.80497.a2
22. Sucato DJ. Management of severe spinal deformity: scoliosis and kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(25):2186–92. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181feab19
23. Shi B, Liu D, Shi B, Li Y, Xia S, Jiang E, Qiu Y, Zhu Z. A Retrospective Study to Compare the Efficacy of Preoperative Halo-Gravity Traction and Postoperative Halo-Femoral Traction After Posterior Spinal Release in Corrective Surgery for Severe Kyphoscoliosis. *Med Sci Monit*. 2020;26:e919281. doi: 10.12659/MSM.919281
24. Qiao J, Xiao L, Sun X, Liu Z, Zhu Z, Qian B, Qiu Y. Three column osteotomy for adult spine deformity: comparison of outcomes and complications between kyphosis and kyphoscoliosis. *Br J Neurosurg*. 2018;32(1):32–36. doi: 10.1080/02688697.2018.1427214
25. Kandwal P, Vijayaraghavan GP, Nagaraja UB, Jayaswal A. Severe Rigid Scoliosis: Review of Management Strategies and Role of Spinal Osteotomies. *Asian Spine J*. 2017;11(3):494–503. doi: 10.4184/asj.2017.11.3.494
26. Sazhnev ML. *Surgical treatment of scoliotic deformity using Smith-Petersen ostomy* [dissertation]. Moscow; 2013. Available from: <https://www.dissercat.com/content/khirurgicheskoe-lechenie-skolioticheskoi-deformatsii-s-ispolzovaniem-osteotomii-po-smit-peteyscid=lp5ox8bkut432207374> (In Russ).
27. Mehrpour S, Sorbi R, Rezaei R, Mazda K. Posterior-only surgery with preoperative skeletal traction for management of severe scoliosis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137(4):457–463. doi: 10.1007/s00402-017-2642-x
28. Yang C, Wang H, Zheng Z, Zhang Z, Wang J, Liu H, Kim YJ, Cho S. Halo-gravity traction in the treatment of severe spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2017;26(7):1810–1816. doi: 10.1007/s00586-016-4848-y
29. McIntosh AL, Ramo BS, Johnston CE. Halo Gravity Traction for Severe Pediatric Spinal Deformity: A Clinical Concepts Review. *Spine Deform*. 2019;7(3):395–403. doi: 10.1016/j.jspsd.2018.09.068
30. Stevens VK, Parlevliet TG, Coorevits PL, Mahieu NN, Bouche KG, Vanderstraeten GG, Daneels LA. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(3):434–45. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.10.009
31. De Ridder E, Danneels L, Vleeming A, Vanderstraeten G, Van Ranst M, Van Oosterwijck J. Trunk extension exercises: How is trunk extensor

muscle recruitment related to the exercise dosage? *J Electromyogr Kinesiol.* 2015;25(4):681–8. doi: 10.1016/j.jelekin.2015.01.001

32. Wilczyński J, Kasprzak A. Dynamics of Changes in Isometric Strength and Muscle Imbalance in the Treatment of Women with Low back Pain. *Biomed Res Int.* 2020;2020:6139535. doi: 10.1155/2020/6139535

33. Eremenko VD, Ivanova NL. Simulators «Tergumed 3D» and «Proxomed Tergumed 700»: studying the experience of use in rehabilitation for dorsopathies. In: Kolokoltsev MM, editor. Materials of the IV Student correspondence International scientific conference dedicated to the 85th anniversary of the education of IrSTU «Physical culture and sport — the basis of the health of the nation»; April 27–29 2015; Irkutsk. Volume 2. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2015. P. 772–776. (In Russ).

34. Lupandina-Bolotova GS, Polyakov SD, Korneeva IT. The method of stabilometry in assessing the dynamics of functional vertebral

changes in children aged 12–16 years when used in the rehabilitation complex of the therapeutic and diagnostic system «Tergumed 3D». *Therapeutic physical culture and sports medicine.* 2011;12(96):36–40. (In Russ).

35. Lupandina-Bolotova GS, Korneeva IT, Polyakov SD. Therapeutic and diagnostic system «Tergumed 3D» in the complex rehabilitation of adolescents with functional vertebral disorders. *Modern medicine: topical issues.* 2013;(25):115–122. (In Russ).

36. Lupandina-Bolotova GS, Taybulatov NI, Ignatov DA, et al. Functional disorders in spinal deformities and methods of their correction. *Issues of modern pediatrics.* 2015;14(2):201–206. (In Russ). doi: 10.15690/vsp.v14i2.1287

37. Schaar H, Simon J, Mattes K. *Reliability of isometric maximum strength tests of the trunk with elite athletes at the CTT-Pegasus®.* 8th WCPAS. Germany, Magdeburg; 2008. P. 3–6.

ОБ АВТОРАХ

Колесов Сергей Васильевич, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0001-9657-8584;

eLibrary SPIN: 1989-6994;

e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Цыкунов Михаил Борисович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0994-8602;

eLibrary SPIN: 8298-8338;

e-mail: rehcito@mail.ru

*** Багиров Самир Бейукиши оглы;**

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

ORCID: 0000-0003-1038-1815;

eLibrary SPIN: 9620-7038;

e-mail: bagirov.samir22@gmail.com

Казьмин Аркадий Иванович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-2330-0172;

eLibrary SPIN: 4944-4173;

e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Переверзев Владимир Сергеевич, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-6895-8288;

eLibrary SPIN: 8164-1389;

e-mail: vcpereverz@gmail.com

AUTHORS' INFO

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

ORCID: 0000-0001-9657-8584;

eLibrary SPIN: 1989-6994;

e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Mikhail B. Tsykunov, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-0994-8602;

eLibrary SPIN: 8298-8338;

e-mail: rehcito@mail.ru

*** Samir B. Bagirov;**

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

ORCID: 0000-0003-1038-1815;

eLibrary SPIN: 9620-7038;

e-mail: bagirov.samir22@gmail.com

Arkadii I. Kazmin, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-2330-0172;

eLibrary SPIN: 4944-4173;

e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Vladimir S. Pereverzev, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-6895-8288;

eLibrary SPIN: 8164-1389;

e-mail: vcpereverz@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto622849>

Определение эффективности протокола децеллюляризации ксеногенного костного матрикса в исследованиях *in vitro* и *in vivo*

Д.В. Смоленцев¹, Ю.С. Лукина¹, Л.Л. Бионышев-Абрамов¹, Н.Б. Серезникова²,
А.В. Ковалёв¹, Г.Н. Берченко¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;

² Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Задачи восстановления целостности тканей, в том числе костной, на текущий момент являются крайне актуальными — как из-за возрастания высокоэнергетических травм, сопровождающихся тяжёлыми повреждениями скелета, так и из-за растущего числа ревизионных эндопротезирований, требующих применения костно-пластических материалов.

Цель. Определение эффективности разработанного протокола децеллюляризации ксеногенного костного матрикса в доклинических исследованиях *in vitro*, направленных на определение степени очистки матрикса, на основе гистологической, микротомографической оценок, методом клеточных культур, и в исследованиях *in vivo*, направленных на определение биосовместимости и остеогенных свойств материалов.

Методы. Ксеногенную спонгиозную ткань бедренных костей крупного рогатого скота фрагментировали до размеров 10×10×10 мм и обрабатывали водой, гипотоническим раствором и 3% раствором перекиси водорода, применяли глубокую очистку методом сверхкритической флюидной экстракции. Эффективность оптимального протокола проверялась *in vitro* методом клеточных культур и *in vivo*.

Результаты. Выявлено идеальное взаимодействие клеточной культуры с костно-пластическим материалом, что может быть связано с отсутствием цитотоксических веществ в матриксе, оптимальной шероховатостью и хорошими адгезивными свойствами поверхности, пригодной для формирования стромальными клетками костного мозга фокальных контактов, их адгезии, распластывания и пролиферации. Определяется выраженная костная мозоль со сформированными костными мостиками, проходящими по поверхности имплантированного материала, через 30 суток после имплантации. К данному сроку исследования дефект практически закрыт за счёт интермедиарной костной мозоли, имплантированный материал встречается в виде отдельных небольших безостеоцитных фрагментов.

Заключение. Очищенный по разработанному протоколу ксеногенный костный матрикс является био- и цитосовместимым, обладает выраженными остеокондуктивными свойствами, эффективно стимулирует регенеративный остеогенез в живом организме.

Ключевые слова: костная ткань; децеллюляризация; флюидная экстракция; микро-КТ; стромальные клетки; ксеногенная; имплантация.

Как цитировать:

Смоленцев Д.В., Лукина Ю.С., Бионышев-Абрамов Л.Л., Серезникова Н.Б., Ковалёв А.В., Берченко Г.Н. Определение эффективности протокола децеллюляризации ксеногенного костного матрикса в исследованиях *in vitro* и *in vivo* // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 431–443. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto622849>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto622849>

Determining the effectiveness of a xenogeneic bone matrix decellularization protocol in *in vitro* and *in vivo* studies

Dmitriy V. Smolentsev¹, Yulia S. Lukina¹, Leonid L. Bionyshev-Abramov¹,
Natalya B. Serejnikova², Alexey V. Kovalev¹, Gennadiy N. Berchenko¹

¹ Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia;

² Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Restoration of tissue integrity, including bone tissue, is currently an extremely urgent task, both because of the increasing number of high-energy traumas accompanied by severe skeletal injuries and the growing number of revision endoprosthetics requiring the use of bone-plastic materials.

AIM: To determine the efficacy of the developed protocol for decellularization of xenogenic bone matrix in preclinical *in vitro* studies aimed at defining the purification matrix degree, on the basis of histological, microtomographic evaluation, cell culture method, and *in vivo* studies aimed at identifying the biocompatibility and osteogenic properties of the materials.

MATERIALS AND METHODS: Xenogenic spongiosis tissue of bovine femoral bones was fragmented to the size of 10×10×10 mm and treated with water, hypotonic solution and 3% hydrogen peroxide solution, deep purification by supercritical fluid extraction was applied. The efficiency of the optimal protocol was tested *in vitro* by cell culture method and *in vivo*.

RESULTS: The ideal interaction of cell culture with bone-plastic material was revealed, which may be associated with the absence of cytotoxic substances in the matrix, optimal roughness and good adhesive properties of the surface suitable for the formation of focal contacts by bone marrow stromal cells, their adhesion, spreading and proliferation. A pronounced bone callus with formed bone bridges running along the surface of the implanted material was determined 30 days after implantation. By this study period, the defect was practically closed due to the intermedial bone callus, the implanted material is found in the form of individual small osteocyte-free fragments.

CONCLUSIONS: The xenogenic bone matrix purified according to the developed protocol is bio- and cytocompatible, has pronounced osteoconductive properties, effectively stimulates regenerative osteogenesis in living organism.

Keywords: bone tissue; decellularization; fluid extraction; micro-CT; stromal cells; xenogenic; implantation.

To cite this article:

Smolentsev DV, Lukina YS, Bionyshev-Abramov LL, Serezhnikova NB, Kovalev AV, Berchenko GN. Determining the effectiveness of a xenogeneic bone matrix decellularization protocol in *in vitro* and *in vivo* studies. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):431–443. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto622849>

BACKGROUND

Tissue regeneration technologies, including bone regeneration procedures, have been a focus of medical science since the early twentieth century. The success rate of implantations and low incidence of complications support the validity of this field of research [1–4].

The preferred treatment for bone defects is the use of autogenous bone grafts, typically harvested from the patient's iliac crest or other localizations, such as the iliac crest of the femur or tibial tuberosity. This material is biocompatible and possesses osteoinductive, osteoconductive, and osteogenic properties [5–7]. However, autografts have limitations and may result in complications at the donor site [6–8]. The search for alternatives to autografts has led to the emergence of synthetic, allogeneic, and xenogeneic osteoplastic materials [5].

Xenogenic bone matrix may be a substitute for autologous bone because of the availability of raw materials and positive empirical experience in practical application. However, the properties of each material should be studied in-depth owing to the use of different purification protocols [9–10].

In material cleaning, the primary goal is to eliminate antigens. However, aggressive processing can reduce the positive properties of implants. To maintain osteoconduction, which is a crucial property of bone implants, bone microarchitecture and roughness should be preserved while completely removing bone marrow cells and fat. The natural structure provides a suitable environment for cellular function and differentiation [11].

Decellularization is used to remove cells and immunogenic substances from tissues while preserving the natural extracellular matrix [5, 6] and involves chemical, enzymatic, or mechanical disruption. Decellularization protocols are developed based on factors including tissue density, cellularity, and presence of lipids. For bone tissue containing fat, decellularization is combined with delipidization [7, 8]. However, this process can damage the implant structure. To increase the efficiency and safety of implants, maintaining the matrix structure and removing the cellular component are crucial [12].

Decellularization protocols vary and involve physical, enzymatic, and chemical processes. Physical decellularization is the least destructive method, leaving most components and structures of the extracellular matrix intact after exposure [13]. However, physical action alone is insufficient to remove cell fragments from native tissue and is thus combined with chemical or enzymatic methods [14].

In developing a decellularization protocol, the absence of any inflammatory or immune response should be ensured. This is directly related to the degree of tissue purification and potential matrix structure damage.

This study aimed to assess the efficacy of the developed decellularization protocol of xenogenic bone matrix in preclinical *in vitro* and *in vivo* studies. The evaluation was

based on the degree of matrix purification, as determined through histological and microtomographic analysis, and cell culture methods. Additionally, the biocompatibility and osteogenic properties of the materials were assessed in *in vivo* studies.

MATERIALS AND METHODS

Study design

this is an experimental, single-center, prospective, continuous, uncontrolled study.

Study duration

the study was conducted for 4 months, from March to July 2023, using sequential purification protocols and parallel *in vitro* and *in vivo* experiments.

Study settings

the study was conducted in the N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Ministry of Health, Russia.

Main outcome of the study

the end point of this study is to validate a previously developed protocol for purifying xenogeneic bone matrix as a potential technology for producing a safe and effective implantable material.

The degree of achievable decellularization and purification of the xenogeneic bone matrix, assessed using various methods, is the main indicator of the material's safety.

Outcome recording methods

Microtomographic examination of the matrix

The samples underwent scanning using a Bruker SkyScan 1172 X-ray microtomograph (Bruker Belgium, Belgium) in the mode specified by the SkyScan software. Reconstruction was performed in the NRecon program using the Feldkamp algorithm based on the obtained shadow projections. The reconstruction parameters and dynamic range were selected during the preview of the cross sections to achieve optimal image contrast.

The CTvox program, which is included in the tomograph software package, was used to obtain images of the volumetric models of the specimens. To construct the volumetric models, the Marching Cube algorithm was used. This algorithm is based on the explicit hexagonal voxel assignment model developed by Lorensen and Cline (1987).

Densitometric examination of the matrix

The study of the matrix density was conducted on the same specimens by selecting a $5 \times 5 \times 5$ -mm zone of interest located in the central part of the specimen using the CTAn 1.20.3.0 program (Fig. 1).

The densitometric study results are presented as the ratio of substances to biotissue in the central part of the

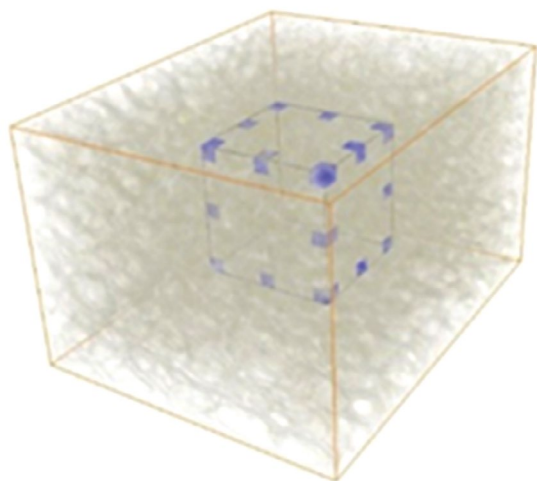


Fig. 1. Area of interest for calculating densitometric indicators.

5 × 5 × 5-mm specimens as a percentage of the total volume, averaged over three measurements.

The degree of purification of the xenogenic bone matrix is represented by the purification factor calculated according to the following formula:

$$\text{Purification factor} = \frac{V_{\text{air}}}{V_{\text{intertrabecular tissue}}}.$$

Histological examination of the matrix

The samples were fixed in neutral formalin, decalcified, dehydrated, and embedded in paraffin, and 4-μm-thick sections were obtained and stained with hematoxylin–eosin and picosirius red. The sections were studied under standard light, phase contrast, and polarization microscopy using a Leica DM 4000 B LED microscope (Leica Microsystems Wetzlar GmbH, Germany) with a Leica DFC 7000 T camera.

Cell culture

Bone marrow stromal cells (BMSCs) were obtained from rabbit cell cultures collected at N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia. After thawing and washing the cells from the cryopreservation medium, they were cultured in T25 flasks (TTP, Switzerland) using DMEM culture medium (Gibco, USA) supplemented with 10% fetal calf serum (Gibco, USA), 1% antibiotic/antimycotic (Gibco, USA), and 2-mM L-glutamine (PanEco, Russia) at 37°C in a humidified atmosphere with 5% CO₂. The formation of a confluent monolayer was monitored using a NICON inverted microscope (Japan). When a cell coverage of 75% on the vial surface was achieved, the cells were detached from the bottom of the vial using a 0.25% trypsin solution with ethylenediaminetetraacetic acid (PanEco, Russia).

Cultivation of cells on the surface of the bone matrix

After detaching the adhesive culture of rabbit BMSCs from the surface of the vial, the suspension of viable cells was

extracted and dispersed. The cells were then washed with DMEM (Gibco, USA). Then, bone matrix samples were placed at the bottom of the Petri dishes. Suspension cells were seeded onto the upper surface of xenogenic bone matrix samples at a density of 5 × 10⁵ cells per 1 cm². The Petri dishes were filled with fresh culture medium of the same composition and transferred to a CO₂ incubator for further cultivation in an abacterial atmosphere with 5% CO₂ for 4 days. The upper surface of the matrix samples, along with the cells, was strictly covered by a layer of culture medium.

For 4 days, the cells interacted with the bone matrix surface, resulting in focal contacts between the cells and matrix.

Rabbit BMSC cell lines from the fourth passage were used in this study. The absence of mycoplasma infection in the stromal cell culture was confirmed using the Hoechst 33258 staining protocol (Sigma, USA).

Scanning electron microscopy

Samples of bone matrix with attached stromal cells were removed from Petri dishes, washed with 0.1-M phosphate-buffered saline (PBS) at 37°C, and fixed for 2 hours in a 2% glutaric aldehyde solution in PBS. Prefixation was performed for 2 hours in a 1% OsO₄ solution in PBS, followed by dehydration in a series of alcohols of increasing concentration and acetone. Dehydrated samples were dried using the apparatus for liquid replacement by critical point transition (HCP-2, Hitachi, Japan) and subjected to gold sputtering with the ion sputtering unit IB-3 (EIKO, Japan). The surface of the samples with cells was kept on top during sputtering. Then the samples were mounted on aluminum alloy tables for electron microscopy and examined using a Hitachi S-3400N scanning electron microscope (Japan).

Ethical review

the study was approved by the ethical committee of N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics (meeting no. 3; March 22, 2023).

RESULTS

Study objects

this study focused on xenogenic tissue from the femur bones of a 24-month-old cattle. The source material was purchased from the Ostankino meat processing plant in Moscow, Russia. The bones were transported in chilled form and stored at 20°C in an MDF-794 freezer (Sanyo, Japan) to maintain their osteoinductive potential. Before cleaning, the bones were thawed, and the spongiosa bone was selected and fragmented into 10 × 10 × 10-mm pieces using a KT-210 band saw (KT Service, Russia).

The purification protocol consisted of two steps:

1) Primary purification:

- The sample was exposed to running water for 4 h using a PSU-20i orbital shaker (BioSan, Latvia) at 120 rpm

under vacuum. The liquid-to-material volume ratio ($V_{\text{liquid}}/V_{\text{material}}$) was 10:1.

- The sample was exposed to a hypotonic solution (0.5% NaCl) for 2 h on a shaking table at 120 rpm under vacuum.
- The sample was exposed to 3% hydrogen peroxide (H_2O_2) solution (Samaramedprom, Russia) in an ultrasonic (US) bath PSB-12035-05 (PSB-Gals, Russia) at 40°C for 8 h.

2) Secondary purification:

- Supercritical fluid extraction was performed using a Water-5000 unit (Waters, USA) at a pressure of 450 bar and a temperature of +35°C. The flow rate of $sk\text{-}CO_2$ was maintained at 2 ± 0.5 mL/min for 8 h.

Following the purification protocol, the xenomatrix samples were examined using microtomographic, densitometric, and histological methods and scanning electron microscopy. Additionally, *in vitro* experiments were conducted on cell culture and *in vivo* experiments on laboratory animals.

Description of medical intervention

the medical intervention was an *in vivo* experiment.

Preclinical evaluation of the biocompatibility and resorption of xenogenic bone matrices was performed through *in vivo* studies on Wistar rats with a body weight of 250–300 g. The studies used a bone perforation model of the tibia of critical size (2/3 diameter) and a subcutaneous implantation model. All surgical procedures and animal husbandry were conducted according to the ethical guidelines for animal experimentation, including the European directive FELASA 2010/63/EU. The animals were anesthetized using a sequential intramuscular injection of 7 mg/kg tiletamine/zolazepam (Zoletil®, Virbac Laboratories, Carros, France) and 13 mg/kg xylazine hydrochloride (Merck, Darmstadt, Germany). The surgical site was shaved and disinfected with an antiseptic.

This study investigated the biological response at the interface between the xenogeneic bone matrix and soft

tissue using a subcutaneous implantation model. To create the implantation sites, an incision was made along the spine, and the subcutaneous tissue was separated to form five pockets. Then, matrices were implanted into the pockets, and the animals were observed for 14 days (3 animals) and 1 month (3 animals).

The material was implanted into the defect area using a critical-size bone perforation model. The matrix size was adjusted to fit the defect. The implantation period lasted for 14 days (3 animals) and 1 month (3 animals). Tomographic and histological examinations were performed to evaluate resorption and biocompatibility.

A micro-CT was conducted *in vivo* after surgery and postmortem at 2 weeks and 1 month after implantation. Micro-CT was performed using a Bruker SkyScan 1178 scanner (Kontich, Belgium) with a voltage of 65 kV and a current of 615 μ A, and a 0.5 mm Al filter was used. The spatial resolution was 84 μ m/pixel. The sections were reconstructed using NRecon software, version 1.6.10.4, and 3D reconstructions were performed using CT Vol 2.2.0.0 program.

For histological examination, the specimens were fixed in 10% formalin with neutral buffer, decalcified using a special acidic solution (SoftyDek, Biovitrum, Stockholm, Sweden), subjected to standard alcohol treatment, and placed in paraffin blocks. Subsequently, 4- μ m-thick paraffin sections were stained with hematoxylin–eosin following standard protocols. The slides were examined using a Leica DM4000 B universal LED microscope with a Leica DFC7000 T digital video camera (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) following standard methods of light and phase-contrast microscopy.

Main results of the study

based on microtomographic and histological studies, no macroscopic changes in the trabecular bone structure were observed after exposure to our cleaning protocol. This is supported by the results of the tomographic study (Fig. 2). The bone trabeculae form a cellular network of normal cancellous bone, as shown in the histological study (Fig. 3).

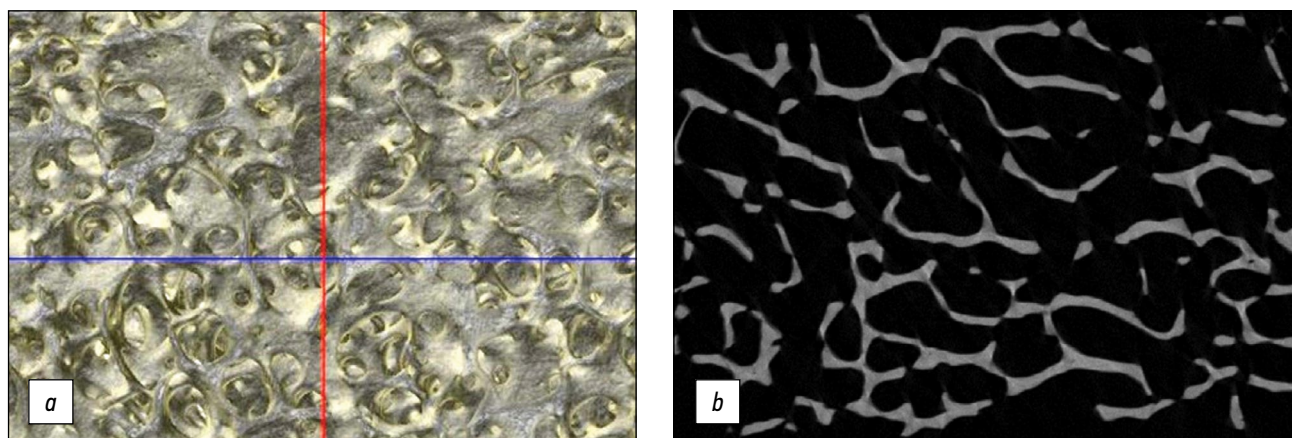


Fig. 2. Results of tomographic examination: *a* — 3D reconstruction, *b* — micro-CT slice.

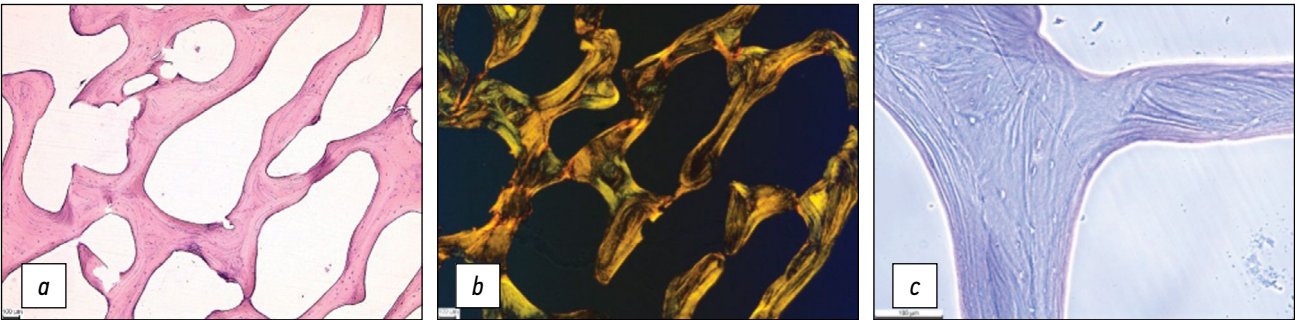


Fig. 3. Histological examination. Microscopy: *a* — bright field, hematoxylin-eosin, magnification $\times 50$; *b* — polarized, picrosirius red, magnification $\times 50$; *c* — phase contrast, hematoxylin-eosin, magnification $\times 100$.

The bone matrix has a normal thin-fiber structure. According to the results of the tomographic study (Fig. 2), the clearance factor of the xenogenic bone matrix was approximately 0.91 ± 0.05 . Table 1 presents the proposed screening method based on micro-CT by the density range for the substance/tissue, which provides a quick assessment of the degree of clearance of the intertrabecular space. Although this method is coarse and cannot be used as the only control method, it is the least labor-intensive and fastest and can be applied for primary screening in the purification process.

The developed protocol involves a combination of hypotonic solution, running water, and hydrogen peroxide along with US to achieve effective cleaning without disrupting the bone structure, which was a crucial goal. The use of flowing water helps preserve the bone trabeculae, resulting in minimal osteocytes in the intertrabecular space. The literature indicates that hypotonic solutions can cause cell lysis through osmotic effects, with minimal changes in matrix molecules and architecture [15]. Based on our experimental results, prolonged hypotonic solution exposure can cause minor structural disturbances, such as thinning of bone trabeculae that are arranged more loosely and in parallel, which may lead to decreased bone density, elasticity, and resilience, resulting in increased bone fragility. Moreover, hypotonic solutions are effective in lysing cells but not in removing cellular debris [16]. Therefore, additional exposure is required to remove residual cellular fragments. These methods have an advantage over chemical methods in that they result in low immune reactions owing to the lack of exposure to chemical reagents that may remain in trace amounts after use. Physical methods are used to purify tissue by altering its physical characteristics, disrupting the cell membrane, inducing cell lysis, and removing cells and other contents [17].

Exposure to US can cause cell lysis; however, it is more commonly used to facilitate chemical exposure and cellular material removal. Hydrogen peroxide damages, inactivates, and eliminates various microorganisms by interacting with cell membrane lipids. The combined interaction of hydrogen peroxide and ultrasound increases the cleaning efficiency, which depends on hydrogen peroxide concentration. US treatment results in cell membrane integrity disruption, pore formation, and cell lysis. This leads to an increase in membrane permeability, which promotes and facilitates peroxide penetration deep into the matrix. In our study, bone matrix purification through fluid extraction proved to be an effective step in the purification protocol.

Xenogenic bone matrix is safe and effective for complete purification of the intertrabecular space of bone tissue from cellular components while preserving the micro- and macrostructure. This has been confirmed through *in vitro* experiments in cellular studies and *in vivo* experiments on experimental animals.

This study evaluated the cytotoxicity and biocompatibility of xenogenic bone matrix and its ability to induce a cellular response. The viability, adhesive, and proliferative activity of rabbit BMSCs were investigated through cell culture experiments, followed by scanning electron microscopy of matrix samples with adherent bone marrow stromal cells transplanted on their surface.

Scanning electron microscopy of the xenogenic bone matrix revealed a confluent monolayer of adherent rabbit BMSCs cells on the bone-plastic material surface in the form of a suspension due to gravity. Rounded cells, which were distant from each other, were identified (Fig. 4). After 4 days of cultivation on the matrix surface, the cells had a longitudinally elongated shape and spread out while tightly adhering to each other. Newly synthesized collagen

Table 1. Density range for substance/fabric

Substance (tissue)	Hounsfield density range (HU)
Air	-1000—-816
Intertrabecular tissue	-816—+301
Mineralized bone tissue	+314—+2487

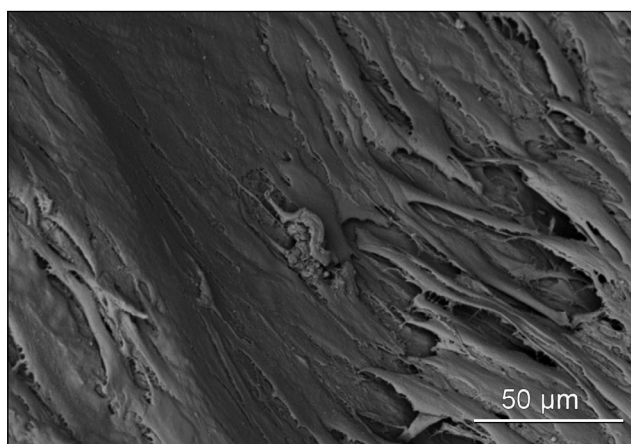


Fig. 4. Appearance of rabbit BMSCs when cultivated on the surface of a xenogeneic bone matrix on the 6th day after seeding (SEM study).

fibers were visible between the cell edges and underlying matrix. The cells measure approximately 80 μm in the longitudinal direction and 10–12 μm in the cross section. Confluent monolayer formation within 6 days indicates an ideal interaction between the cell culture and bone-plastic material. This may be because of the absence of cytotoxic substances in the matrix, optimal roughness, and good

adhesive properties of the matrix surface, which are suitable for focal contact formation by bone marrow stromal cells and their adhesion, spreading, and proliferation. Cell spreading on the substrate is a mechanobiologic factor that stimulates cell division in adherent cultures. The supporting surface of the matrix is assumed to have a positive charge.

Based on CT data, the model of bone perforation in *in vivo* experiments showed that after implantation, the material adhered tightly to the bone walls and was located in the bone defect area, without any migration (Fig. 5). After 14 days, the material remained visible in the projection of the defect; however, partial resorption was observed. The area of the defect decreased, and regeneration formation from the bone edges was observed. No radiologic signs of inflammation were found. After 30 days of implantation, the material was observed in the projection of the defect, and significant resorption of the material was determined. It was mainly preserved in the medullary canal (Fig. 6). The defect area significantly reduced, and a pronounced bone callus with formed bone bridges running along the surface of the implanted material was noted.

A morphological study showed that 14 days after subcutaneous implantation of the material, an immature connective tissue capsule had formed. The capsule had an inner layer adjacent to the implant and an outer layer bordering

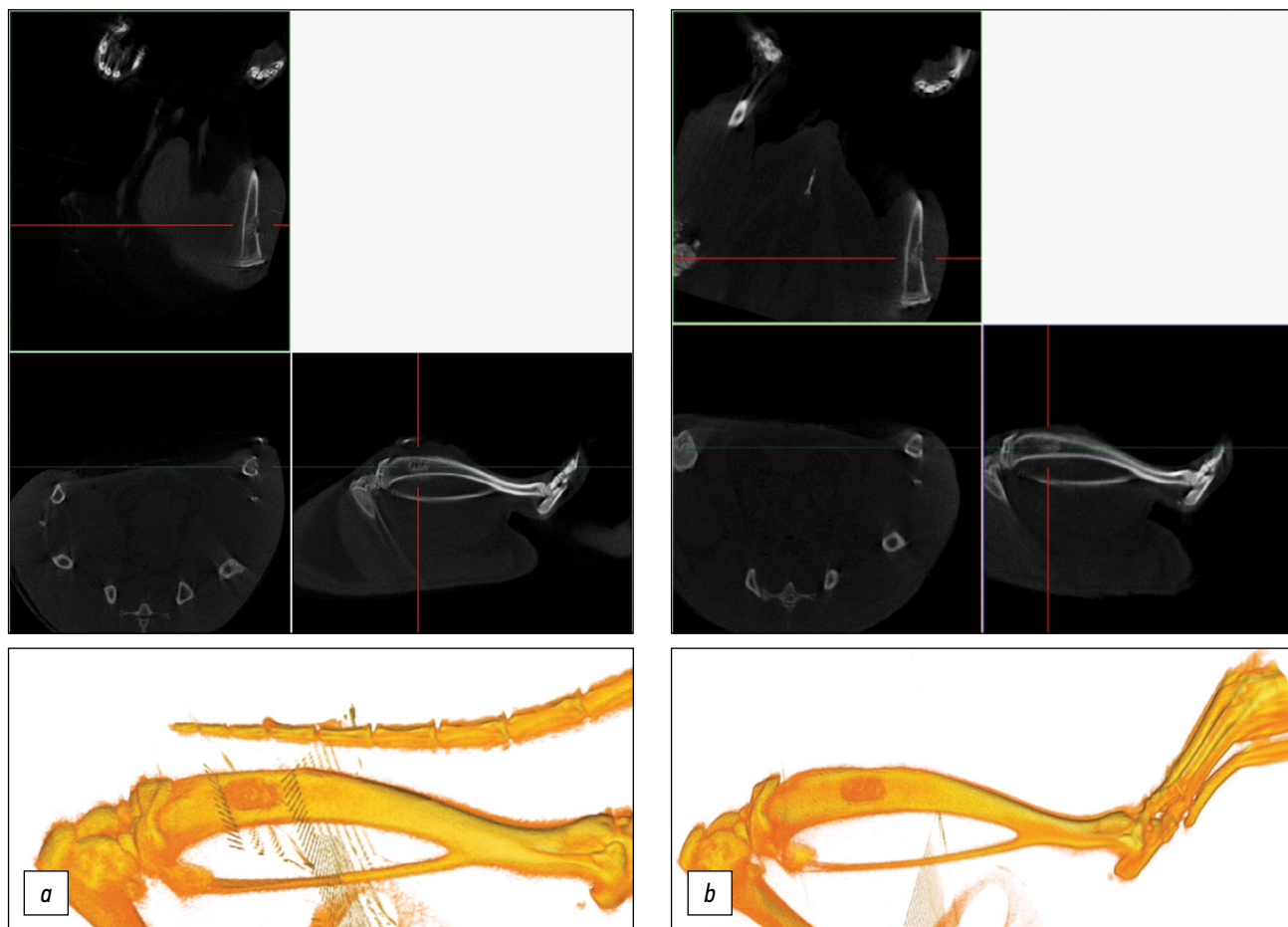


Fig. 5. Orthogonal projections and 3D model of the rat tibia: *a* — at the time of implantation, *b* — after 14 days.

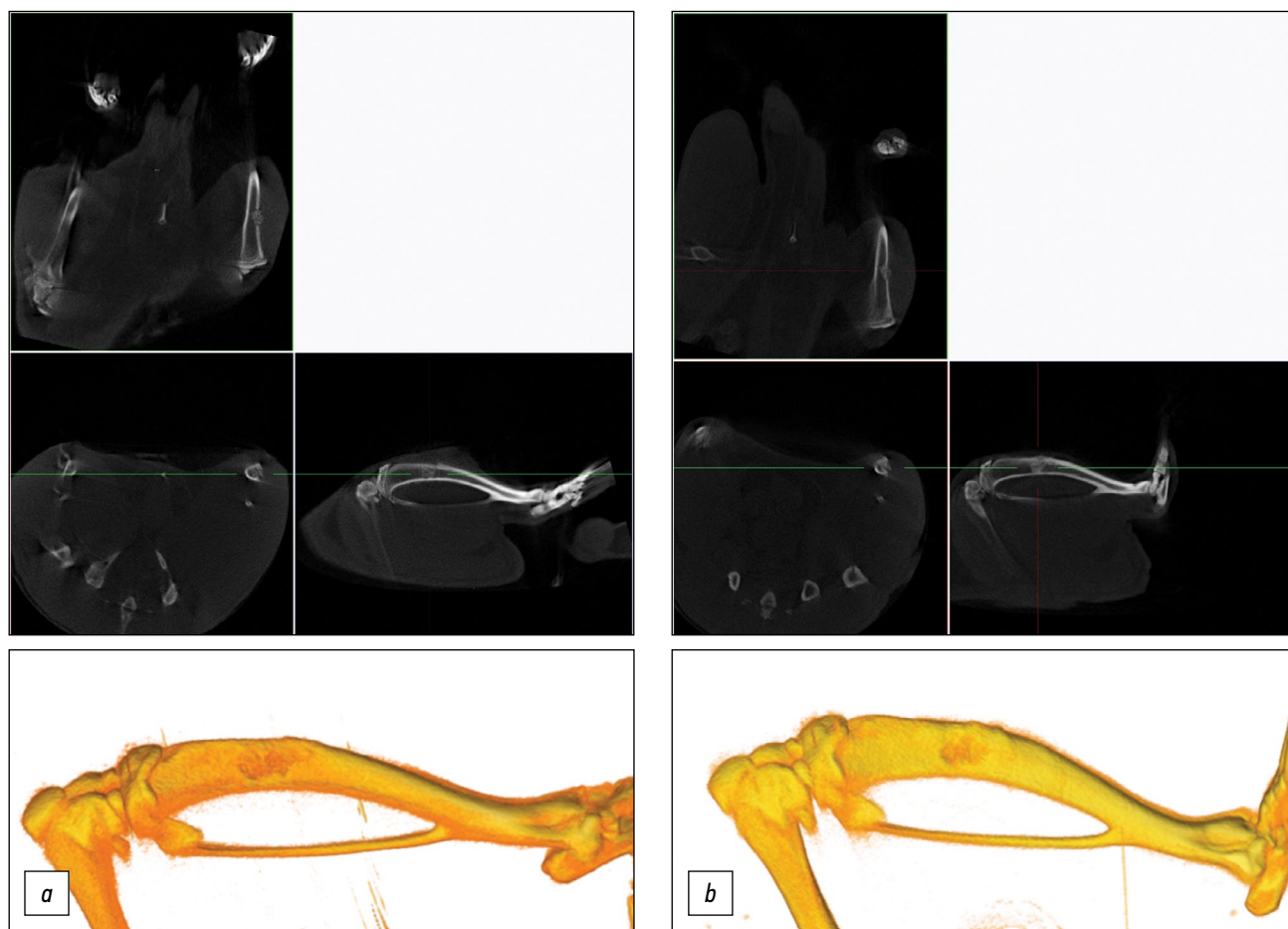


Fig. 6. Orthogonal projections and 3D model of the rat tibia: *a* — at the time of implantation, *b* — after 30 days.

the fibers of the transverse striated muscles. The inner layer lacked neutrophilic leukocytes and contained loosely arranged histiocytes and a few unoriented fibroblasts. In contrast, the outer layer had fewer histiocytes and more fibroblasts, some of which formed bundles of oriented fibroblasts (Fig. 7*a*).

On day 30 after implantation, a connective tissue capsule had formed around the material. The capsule contained few cellular elements, predominantly oriented fibroblasts, and few

histiocytes. Neutrophilic leukocytes and giant multinucleated foreign body cells were not detected (Fig. 7*b*). Bundles of collagen fibers were determined to have mostly developed in the outer layers of the formed connective tissue capsule, compared to the previous term of the study.

On day 14, the implanted material underwent partial cellular resorption in the bone defect. Newly formed immature osteoid bone with a trabecular structure was detected in the

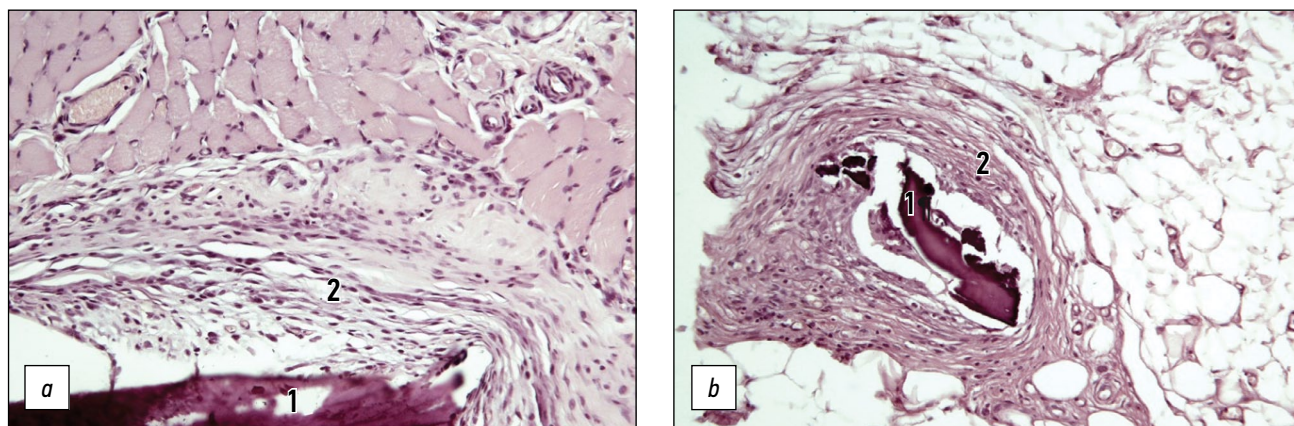


Fig. 7. Histological examination. Subcutaneous implantation. Standard light microscopy. Magnification $\times 200$. Hematoxylin-eosin staining: *a* — on the 14th day (1 — implant fragment, 2 — forming connective tissue capsule, consisting of two layers); *b* — on day 30 (1 — implant fragment, 2 — maturing connective tissue capsule and forming bundles of collagen fibers).

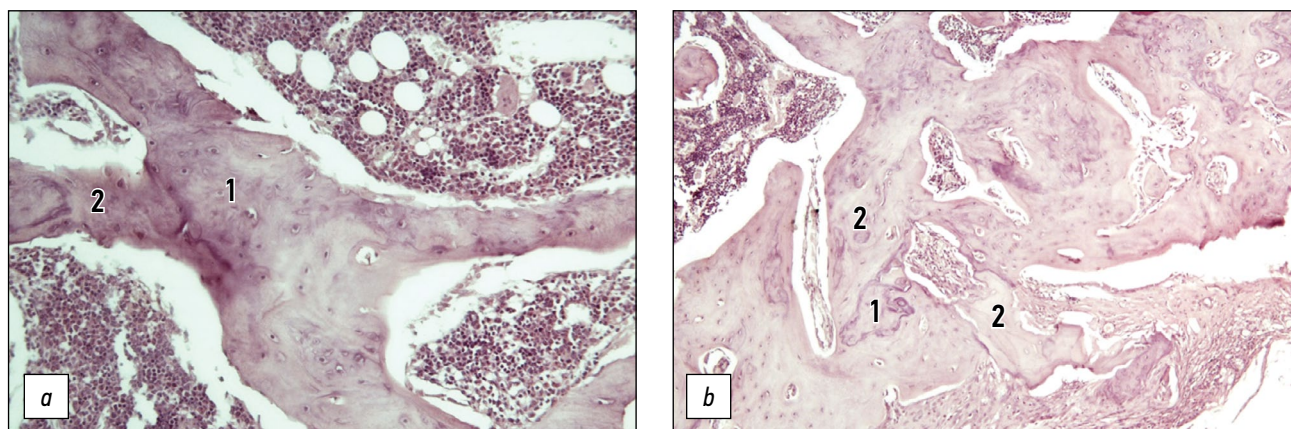


Fig. 8. Histological examination. Bone implantation. Standard light microscopy. Magnification $\times 200$. Hematoxylin-eosin staining: *a* — on the 14th day (1 — fragment of the implant, 2 — newly formed bone on the surface of the implant); *b* — on day 30 (1 — implant fragment, 2 — newly formed bone).

most mature areas near the endosteal surface of the cortical plate, whereas no lamellar bone was observed. Additionally, cells of hematopoietic bone marrow were detected near the recipient margin. The newly formed bone near the central area of the defect appeared to be less mature than that in the marginal zone. Implant fragments were covered with loose connective tissue containing histiocytes, fibroblasts, and vessels of varying sizes. No neutrophilic leukocytes were detected. The cortical plate remained open, and an intermediate bone callus was observed (Fig. 8*a*).

By day 30 after implantation, the implant gradually resorbed, and relatively mature bone structures with a lamellar structure and osteons formed in the bone defect area. Furthermore, a cellular array of hematopoietic bone marrow was determined. At this point, the defect was almost closed because of the intermedial bone callus, and the implanted material was found in separate small fragments without osteocytes (Fig. 8*b*), and no signs of inflammatory reactions were found in any of the cases studied. No pronounced leukocytic or histiocytic reaction and no formation of giant multinucleated foreign body cells were detected.

Adverse events

no adverse events were observed during the study.

DISCUSSION

Summary of the main result of the study

the xenosilver processing protocol was developed and proven effective through various evaluation methods. However, monotechnology evaluation may not accurately reflect the true state of the material. Therefore, multiple methods should be used when performing quality control to verify the purity of the implant.

Discussion of the main result of the study

the proposed bone matrix purification protocol enables decellularization of the raw material, thereby reducing the

risk of rejection and ensuring safe material implantation. Moreover, the purification process, without the use of physical methods, is an ineffective method for implant preparation. The data obtained from *in vitro* and *in vivo* experiments may be beneficial in obtaining high-quality products when implementing the developed technology.

Study limitations

the study's main limitation was the small number of animals included, which prevented drawing statistically significant conclusions. This limitation negatively affected the evaluation of implant efficacy. Further research is planned to expand on this topic.

CONCLUSIONS

This study investigated the effectiveness of a protocol for clearing xenogenic spongiosa bone tissue using physical and chemical methods in both *in vitro* and *in vivo* experiments. Histological and tomographic examinations of the matrices confirmed complete purification of the intertrabecular space from blood vessels and cellular elements and preservation of the microarchitectonics of native bone tissue.

Results showed that the xenogenic bone matrix, purified according to the developed protocol, is suitable for the adhesion and spreading of BMSCs *in vitro* and is bio- and cytocompatible and can provide mechanical support for cell proliferation and association into a cell layer under culture conditions. These characteristics are crucial for the effective stimulation of regenerative osteogenesis in living organisms. The histological data of the *in vivo* experiment confirmed the absence of an inflammatory reaction after implantation in both the soft tissues and formed bone defect. Regeneration occurs at the bone edges, indicating the material's osteoconductive properties. The presence of mature bone in the regenerate and almost complete closure of the defect by day 30 indicate good regenerative potential.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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). Наибольший вклад распределён следующим образом: Д.В. Смоленцев — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи, оперирование лабораторных животных, проведение микрофотографии; Ю.С. Лукина — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи, проведение микрофотографии; Л.Л. Бионисhev-Абрамов — сбор и анализ литературных источников, оперирование лабораторных животных, проведение микрофотографии; Н.Б. Сerezникова, Г.Н. Берченко — гистологические исследования; А.В. Ковалёв — клеточные испытания.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных

с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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. D.V. Smolentsev — literature review, collection and analysis of literary sources, writing and editing the article, operating on laboratory animals, conducting microtomography; Yu.S. Lukina — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the article, conducting microtomography; L.L. Bionyshev-Abramov — collection and analysis of literary sources, operating on laboratory animals, conducting microtomography; N.B. Serezchnikova, G.N. Berchenko — histological studies; A.V. Kovalev — cell tests.

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pelegri A.A., Teixeira M.L., Sperandio M., et al. Can bone marrow aspirate concentrate change the mineralization pattern of the anterior maxilla treated with xenografts? A preliminary study // *Contemp Clin Dent*. 2016. Vol. 7, № 1. P. 21–6. doi: 10.4103/0976-237X.177112
2. Barone A., Aldini N.N., Fini M., et al. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: a clinical and histomorphometric study // *J Periodontol*. 2008. Vol. 79, № 8. P. 1370–7. doi: 10.1902/jop.2008.070628
3. Brugnami F., Then P.R., Moroi H., et al. GBR in human extraction sockets and ridge defects prior to implant placement: clinical results and histologic evidence of osteoblastic and osteoclastic activities in DFDBA // *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1999. Vol. 19, № 3. P. 259–67.
4. Esposito M., Grusovin M.G., Felice P., et al. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants — a Cochrane systematic review // *Eur J Oral Implantol*. 2009. Vol. 2, № 3. P. 167–84.
5. Vo T.N., Kasper F.K., Mikos A.G. Strategies for controlled delivery of growth factors and cells for bone regeneration // *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2012. Vol. 64, № 12. P. 1292–1309. doi: 10.1016/j.addr.2012.01.016
6. Belthur M.V., Conway J.D., Jindal G., Ranade A., Herzenberg J.E. Bone graft harvest using a new intramedullary system // *Clin Orthop*. 2008. Vol. 466, № 12. P. 2973–2980. doi: 10.1007/s11999-008-0538-3
7. Conway J.D. Autograft and nonunions: morbidity with intramedullary bone graft versus iliac crest bone graft // *Orthop Clin North Am*. 2010. Vol. 41, № 1. P. 75–84. doi: 10.1016/j.ocl.2009.07.006
8. Schwartz C.E., Martha J.F., Kowalski P., Wang D.A., Bode R., Li L., Kim D.H. Prospective evaluation of chronic pain associated with posterior autologous iliac crest bone graft harvest and its effect on postoperative outcome // *Health Qual Life Outcomes*. 2009. Vol. 7. P. 49. doi: 10.1186/1477-7525-7-49
9. Bigham A.S., Dehghani S.N., Shafiei Z., Torabi Nezhad S. Xenogenic demineralized bone matrix and fresh autogenous cortical bone effects on experimental bone healing: radiological, histopathological and biomechanical evaluation // *J Orthop Traumatol*. 2008. Vol. 9, № 2. P. 73–80. doi: 10.1007/s10195-008-0006-6
10. Erkhova L.V., Panov Y.M., Gavryushenko N.S., et al. Supercritical Treatment of Xenogenic Bone Matrix in the Manufacture of Implants for Osteosynthesis // *Russ J Phys Chem B*. 2020. Vol. 14, № 7. P. 1158–1162. doi: 10.1134/S1990793120070064
11. Brydone A.S., Meek D., MacLaine S. Bone grafting, orthopaedic biomaterials, and the clinical need for bone engineering // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2010. Vol. 224, № 12. P. 1329–1343. doi: 10.1243/09544119jeim770
12. Thangarajah T., Shahbazi S., Pendegrass C.J., Lambert S., Alexander S., Blunn G.W. Tendon Reattachment to Bone in an Ovine Tendon Defect Model of Retraction Using Allogenic and Xenogenic Demineralised Bone Matrix Incorporated with Mesenchymal Stem Cells // *PLoS One*. 2016. Vol. 11, № 9. P. e0161473. doi: 10.1371/journal.pone.0161473
13. Sackett S.D., Tremmel D.M., Ma F., Feeney A.K., Maguire R.M., Brown M.E., et al. Extracellular matrix scaffold and hydrogel derived from decellularized and delipidized human pancreas // *Sci Rep*. 2018. Vol. 8, № 1. P. 1–16. doi: 10.1038/s41598-018-28857-1

14. Hussey G.S., Dziki J.L., Badylak S.F. Extracellular matrix-based materials for regenerative medicine // *Nat Rev Mater*. 2018. Vol. 3, № 7. P. 159–73. doi: 10.1038/s41578-018-0023-x

15. Keane T.J., Swinehart I.T., Badylak S.F. Methods of tissue decellularization used for preparation of biologic scaffolds and in vivo relevance // *Methods*. 2015. Vol. 84. P. 25–34. doi: 10.1016/j.ymeth.2015.03.005

16. Hillebrandt K.H., Everwien H., Haep N., Keshi E., Pratschke J., Sauer I.M. Strategies based on organ decellularization and recellularization // *Transpl Int*. 2019. Vol. 32, № 6. P. 571–85. doi: 10.1111/tri.13462

17. Nonaka P.N., Campillo N., Uriarte J.J., et al. Effects of freezing/thawing on the mechanical properties of decellularized lungs // *J Biomed Mater Res — Part A*. 2014. Vol. 102, № 2. P. 413–419. doi: 10.1002/jbm.a.34708

REFERENCES

1. Pelegri AA, Teixeira ML, Sperandio M, et al. Can bone marrow aspirate concentrate change the mineralization pattern of the anterior maxilla treated with xenografts? A preliminary study. *Contemp Clin Dent*. 2016;7(1):21–6. doi: 10.4103/0976-237X.177112

2. Barone A, Aldini NN, Fini M, et al. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: a clinical and histomorphometric study. *J Periodontol*. 2008;79(8):1370–7. doi: 10.1902/jop.2008.070628

3. Brugnami F, Then PR, Moroi H, et al. GBR in human extraction sockets and ridge defects prior to implant placement: clinical results and histologic evidence of osteoblastic and osteoclastic activities in DFDBA. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1999;19(3):259–67.

4. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, et al. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants — a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol*. 2009;2(3):167–84.

5. Vo TN, Kasper FK, Mikos AG. Strategies for controlled delivery of growth factors and cells for bone regeneration. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2012;64(12):1292–1309. doi: 10.1016/j.addr.2012.01.016

6. Belthur MV, Conway JD, Jindal G, Ranade A, Herzenberg JE. Bone graft harvest using a new intramedullary system. *Clin Orthop*. 2008;466(12):2973–2980. doi: 10.1007/s11999-008-0538-3

7. Conway JD. Autograft and nonunions: morbidity with intramedullary bone graft versus iliac crest bone graft. *Orthop Clin North Am*. 2010;41(1):75–84. doi: 10.1016/j.jocl.2009.07.006

8. Schwartz CE, Martha JF, Kowalski P, Wang DA, Bode R, Li L, Kim DH. Prospective evaluation of chronic pain associated with posterior autologous iliac crest bone graft harvest and its effect on postoperative outcome. *Health Qual Life Outcomes*. 2009;7:49. doi: 10.1186/1477-7525-7-49

9. Bigham AS, Dehghani SN, Shafiei Z, Torabi Nezhad S. Xenogenic demineralized bone matrix and fresh autogenous cortical bone effects on experimental bone healing: radiological, histopathological

and biomechanical evaluation. *J Orthop Traumatol*. 2008;9(2):73–80. doi: 10.1007/s10195-008-0006-6

10. Erkhova LV, Panov YM, Gavryushenko NS, et al. Supercritical Treatment of Xenogenic Bone Matrix in the Manufacture of Implants for Osteosynthesis. *Russ J Phys Chem B*. 2020;14(7):1158–1162. doi: 10.1134/S1990793120070064

11. Brydone AS, Meek D, MacLaine S. Bone grafting, orthopaedic biomaterials, and the clinical need for bone engineering. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2010;224(12):1329–1343. doi: 10.1243/09544119jeim770

12. Thangarajah T, Shahbazi S, Pendegrass CJ, Lambert S, Alexander S, Blunn GW. Tendon Reattachment to Bone in an Ovine Tendon Defect Model of Retraction Using Allogenic and Xenogenic Demineralised Bone Matrix Incorporated with Mesenchymal Stem Cells. *PLoS One*. 2016;11(9):e0161473. doi: 10.1371/journal.pone.0161473

13. Sackett SD, Tremmel DM, Ma F, Feeney AK, Maguire RM, Brown ME, et al. Extracellular matrix scaffold and hydrogel derived from decellularized and delipidized human pancreas. *Sci Rep*. 2018;8(1):1–16. doi: 10.1038/s41598-018-28857-1

14. Hussey GS, Dziki JL, Badylak SF. Extracellular matrix-based materials for regenerative medicine. *Nat Rev Mater*. 2018;3(7):159–73. doi: 10.1038/s41578-018-0023-x

15. Keane TJ, Swinehart IT, Badylak SF. Methods of tissue decellularization used for preparation of biologic scaffolds and in vivo relevance. *Methods*. 2015;84:25–34. doi: 10.1016/j.ymeth.2015.03.005

16. Hillebrandt KH, Everwien H, Haep N, Keshi E, Pratschke J, Sauer IM. Strategies based on organ decellularization and recellularization. *Transpl Int*. 2019;32(6):571–85. doi: 10.1111/tri.13462

17. Nonaka PN, Campillo N, Uriarte JJ, et al. Effects of freezing/thawing on the mechanical properties of decellularized lungs. *J Biomed Mater Res — Part A*. 2014;102(2):413–419. doi: 10.1002/jbm.a.34708

ОБ АВТОРАХ

* Смоленцев Дмитрий Владимирович;

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

ORCID: 0000-0001-5386-1929;

eLibrary SPIN: 3702-1955;

e-mail: smolentsevdv@cito-priorov.ru

AUTHORS' INFO

* Dmitry V. Smolentsev;

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

ORCID: 0000-0001-5386-1929;

eLibrary SPIN: 3702-1955;

e-mail: smolentsevdv@cito-priorov.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Лукина Юлия Сергеевна, канд. тех. наук;

ORCID: 0000-0003-0121-1232;

eLibrary SPIN: 2814-7745;

e-mail: lukina_rctu@mail.ru

Бионышев-Абрамов Леонид Львович;

ORCID: 0000-0002-1326-6794;

e-mail: sity-x@bk.ru

Сережникова Наталья Борисовна, канд. биол. наук,

ORCID: 0000-0002-4097-1552;

eLibrary SPIN: 2249-9762;

e-mail: natalia.serj@yandex.ru

Ковалёв Алексей Вячеславович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-1277-5228;

eLibrary SPIN: 2413-5980;

e-mail: kovalevav@cito-priorov.ru

Берченко Геннадий Николаевич, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-7920-0552;

eLibrary SPIN: 3367-2493;

e-mail: berchenkogn@cito-priorov.ru

Yulia S. Lukina, Cand. Sci. (Tech.);

ORCID: 0000-0003-0121-1232;

eLibrary SPIN: 2814-7745;

e-mail: lukina_rctu@mail.ru

Leonid L. Bionyshev-Abramov;

ORCID: 0000-0002-1326-6794;

e-mail: sity-x@bk.ru

Natalya B. Serejnikova, Cand. Sci. (Biol.);

ORCID: 0000-0002-4097-1552;

eLibrary SPIN: 2249-9762;

e-mail: natalia.serj@yandex.ru

Alexey V. Kovalev, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-1277-5228;

eLibrary SPIN: 2413-5980;

e-mail: kovalevav@cito-priorov.ru

Gennadiy N. Berchenko, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-7920-0552;

eLibrary SPIN: 3367-2493;

e-mail: berchenkogn@cito-priorov.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto607334>

Комбинированное использование чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова и пуговчатых фиксаторов при лечении застарелых наружных подвывихов стопы. Серия случаев

И.В. Сутягин, А.В. Бурцев

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Известны открытые, малоинвазивные и реконструктивно-пластические вмешательства с целью восстановления дистального межберцового синдесмоза, послеоперационные протоколы реабилитации которых предполагают отсутствие нагрузки на оперированную конечность и иммобилизацию сроком от 2 до 6 недель с прогрессивно увеличивающейся нагрузкой после прекращения иммобилизации гипсовой повязкой или ортезом. Закрытый чрескостный остеосинтез костей голени аппаратом Илизарова с фиксацией голеностопного и подтаранного суставов является самостоятельным методом лечения последствий повреждений голеностопного сустава, сопровождающихся несостоятельностью дистального межберцового синдесмоза. Нейтральный стабильный остеосинтез аппаратом Илизарова с дозированным объёмом движений и декомпрессией сустава в комбинации с погружными фиксаторами дистального межберцового синдесмоза ранее не описан.

Описание клинических случаев. В статье представлены три клинических случая, демонстрирующих возможности нейтрального стабильного остеосинтеза аппаратом Илизарова как в качестве самостоятельного метода лечения застарелых подвывихов стопы кнаружи, так и в комбинации с фиксацией дистального межберцового синдесмоза пуговчатым фиксатором. Новая технология заключается в комбинированном использовании аппарата Илизарова при лечении застарелых подвывихов стопы кнаружи за счёт его репозиционных возможностей при ригидных подвывихах стопы с созданием контролируемых усилий и управляемой степени жёсткости фиксации на любом этапе лечения, фиксации сустава в функционально выгодном положении для обеспечения стабильности и корректного положения имплантатов и шовного материала на период, соответствующий формированию зрелых рубцов, декомпрессии и механической разгрузки, с целью создания благоприятных условий для регенерации суставного хряща и связочного аппарата, дозированной мобилизации благодаря контролируемому на любом этапе фиксации объёму движений, что обеспечивает моментальное достижение оптимальных условий для реабилитации.

Заключение. Применение аппарата Илизарова в комбинации с динамическими системами фиксации дистального межберцового синдесмоза позволяет нивелировать недостатки метода (восстановление взаимоотношений в дистальном межберцовом сочленении путём минимально инвазивных вмешательств минимальным количеством имплантатов без ущерба стабильности, сокращение сроков фиксации, что снижает риск осложнений, требовательность к амбулаторному наблюдению, негативные психологические аспекты условий внешней фиксации), сохранив его преимущества (малоинвазивность, управляемость положением костных структур, шириной суставной щели, объёмом движений, степенью жёсткости фиксации, ранняя полноценная нагрузка).

Ключевые слова: клинический случай; аппарат Илизарова; голеностопный сустав.

Как цитировать:

Сутягин И.В., Бурцев А.В. Комбинированное использование чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова и пуговчатых фиксаторов при лечении застарелых наружных подвывихов стопы. Серия случаев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 445–456. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto607334>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto607334>

A case series of combined Ilizarov method and suture button fixation in neglected syndesmosis injury. Case series

Ilya V. Sutyagin, Alexander V. Burtsev

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

ABSTRACT

BACKGROUND: There are known open, minimally invasive and reconstructive-plastic interventions to restore the distal intercostal syndesmosis, the postoperative rehabilitation protocols of which assume no load on the operated limb and immobilisation for 2 to 6 weeks with progressively increasing load after immobilisation with a plaster cast or orthosis. Closed percutaneous osteosynthesis of the shin bones with the Ilizarov fixator of the ankle and subtalar joints is a self-sufficient method in the treatment of ankle joint injuries accompanied by the failure of the distal intercostal syndesmosis. Neutral stable osteosynthesis with the Ilizarov fixator with a dosed volume of movement and joint decompression in combination with immersion fixators of the distal intercostal syndesmosis has not been described before.

CLINICAL CASES DESCRIPTION: The article presents three clinical cases demonstrating the possibilities of neutral stable osteosynthesis with the Ilizarov fixator both as a stand-alone method in the treatment of chronic lateral foot subluxations as well as in combination with fixation of the distal intertrochanteric syndesmosis using a button fixator. The new technology consists in the combined use of the Ilizarov apparatus in the treatment of chronic lateral foot subluxations due to its repositioning capabilities in rigid foot subluxations with the creation of controlled forces and controlled degree on fixation rigidity at any stage of treatment, fixation of the joint in a functionally favourable position to create a stable and correct position of implants and suture material for a period corresponding to the formation of mature scars, decompression and mechanical unloading in order to create a favourable condition of the foot.

CONCLUSION: The Ilizarov fixator in combination with dynamic systems of distal intertrochanteric syndesmosis fixation allows levelling the disadvantages of the method (restoration of relationships in the distal intertrochanteric joint by minimally invasive interventions with a minimum number of implants without compromising stability, short fixation time, which reduces the risk of complications, the requirement for outpatient follow-up, negative psychological aspects of external fixation conditions), while retaining its advantages (minimally invasive, manageable, and easy to use).

Keywords: case report; Ilizarov fixator; ankle.

To cite this article:

Sutyagin IV, Burtsev AV. A case series of combined Ilizarov method and suture button fixation in neglected syndesmosis injury. Case series. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):445–456. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto607334>

Received: 09.10.2023

Accepted: 20.11.2023

Published: 08.12.2023

ОБОСНОВАНИЕ

В голеностопном суставе существует три костно-связочных комплекса, обеспечивающих его стабильность [1–3]:

- наружный, состоящий из наружной лодыжки и наружных коллатеральных связок;
- внутренний, образованный внутренней лодыжкой и внутренними коллатеральными связками;
- дистальный межберцовый синдесмоз.

Известно, что целостность двух из трёх комплексов стабильности достаточна для обеспечения фронтальной стабильности голеностопного сустава [4–6].

При несостоятельности дистального межберцового синдесмоза выполняются оперативные вмешательства, предполагающие устранение наружного подвывиха стопы, а также:

- фиксацию наружной лодыжки при помощи позиционного винта (одного или двух, через три или четыре кортикальных слоя) [7, 8];
- фиксацию наружной лодыжки пуговчатыми фиксаторами [9] и прочими динамическими системами [10];
- открытую пластику передней межберцовой связки с использованием якорных фиксаторов [11].

При несостоятельности внутренних коллатеральных связок выполняется их пластика с использованием якорных фиксаторов, однако имеются противоречивые данные об эффективности данного вида оперативных вмешательств [12].

По данным литературы [13, 14], застарелыми являются повреждения дистального межберцового синдесмоза начиная со срока от 6 недель до 6 месяцев с момента травмы. При лечении застарелых повреждений дистального межберцового синдесмоза также применяются фиксация малоберцовой кости позиционным винтом [15], анатомичное [16] и неанатомичное [17] восстановление межберцовых связок. Также используется артродез дистального межберцового сочленения [18], не уступающий по эффективности реконструктивным вмешательствам на межберцовых связках [19].

Особенностями оперативного лечения застарелых повреждений дистального межберцового синдесмоза являются ригидный наружный подвывих стопы и интерпозиция рубцовой ткани в межберцовом пространстве, затрудняющие позиционирование малоберцовой кости в малоберцовой вырезке большеберцовой кости [20].

На сегодняшний день протоколы реабилитации пациентов после реконструктивных вмешательств на связках голеностопного сустава предполагают отсутствие нагрузки на оперированную конечность и иммобилизацию голеностопного (и, вероятно, подтаранного) сустава сроком от 2 до 6 недель с прогрессивно увеличивающейся нагрузкой после прекращения иммобилизации гипсовой повязкой или ортезом [21]. При этом как можно более ранняя

мобилизация и нагрузка на оперированную конечность демонстрируют лучшие функциональные результаты реконструктивных вмешательств на связках голеностопного сустава [22].

Иммобилизация и ограничение нагрузки в раннем послеоперационном периоде применяются для обеспечения целостности имплантатов и шовного материала, а также создания оптимальных условий для заживления ран, что противоречит цели оперативных вмешательств — восстановлению опороспособности конечности и мобилизации голеностопного сустава: иммобилизация гипсовой или полимерной повязкой не способна обеспечить раннюю мобилизацию, а функциональные ортезы промышленного производства — необходимую стабильность для полноценной нагрузки на оперированную конечность.

Перспективным способом решения, казалось бы, противоречащих друг другу задач является остеосинтез костей голени и стопы аппаратом внешней фиксации. Нейтральный стабильный остеосинтез аппаратом Илизарова с дозированным объёмом движений и декомпрессией как элемент реконструктивных оперативных вмешательств при нестабильности голеностопного сустава ранее не описан.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

Пример 1

Жалобы и анамнез

Пациент В., женского пола, 38 лет. 128 дней с момента травмы — форсированной пронации и отведения правой стопы. По месту жительства получала консервативное лечение нестабильного перелома дистальной трети диафиза малоберцовой кости, внутренней лодыжки с подвывихом стопы кнаружи.

Результаты физикального, лабораторного и инструментального исследования

На магнитно-резонансных томограммах (МРТ) правого голеностопного сустава во фронтальной плоскости в режиме T1 наблюдаются несросшийся перелом внутренней лодыжки, разрыв поверхностной (рис. 1а) и глубокой (рис. 1б) порций внутренней коллатеральной связки. На компьютерной томограмме (КТ) правого голеностопного сустава в кософронтальной плоскости (рис. 1с) наблюдаются консолидированный со смещением отломков по ширине перелом дистальной трети диафиза малоберцовой кости, несросшийся перелом внутренней лодыжки, подвывих стопы кнаружи. На МРТ правого голеностопного сустава в аксиальной плоскости в режиме T2 наблюдаются разрыв передней и задней межберцовых, межкостной связок с признаками рубцевания, латеропозиция наружной лодыжки относительно малоберцовой вырезки большеберцовой кости (рис. 1д), разрыв глубокой порции дельтовидной связки с признаками рубцевания (рис. 1е).



Рис. 1. *a, b* — магнитно-резонансные томограммы пациентки В. на момент поступления во фронтальной плоскости в режиме T1, *c* — компьютерная томограмма в кософронтальной плоскости, *d, e* — магнитно-резонансные томограммы в аксиальной плоскости в режиме T2.

Fig. 1. *a, b* — preoperative coronal T1 magnetic resonance imaging of patient B., *c* — oblique-frontal plane computed tomography scan, *d, e* — axial T2 magnetic resonance imaging.

Лечение

Учитывая отсутствие укорочения наружной лодыжки и наличие лишь межберцового диастаза проведено оперативное вмешательство в объёме закрытого чрескостного остеосинтеза костей правой голени аппаратом Илизарова с фиксацией голеностопного, подтаранного суставов в облегчённой шарнирной компоновке.

Послеоперационные рентгенограммы правого голеностопного сустава в прямой (рис. 2*a*) и боковой (рис. 2*b*) проекциях демонстрируют конгруэнтность суставных поверхностей голеностопного сустава, равномерность суставной щели. Подограммы (рис. 2*c, d*) и гониограммы (рис. 2*e, f*) пациентки на 8-е сутки после оперативного вмешательства — ходьбу без дополнительных средств опоры в условиях внешней фиксации, демонстрирующую наличие сниженного активного тыльного сгибания стопы

и неравномерное участие переднего, среднего и заднего отделов стопы в шаге. Период госпитализации составил 11 дней, срок фиксации в аппарате Илизарова — 85 дней с момента оперативного вмешательства.

Исход и результаты последующего наблюдения

После демонтажа аппарата Илизарова пациентка не нуждалась в дополнительных средствах опоры и ортопедических изделиях, направлена на МРТ голеностопного сустава через 6 месяцев с момента операции.

На МРТ правого голеностопного сустава во фронтальной плоскости в режиме T1 через 6 месяцев после оперативного вмешательства наблюдаются зрелые рубцы, соответствующие по длине и позиции поверхностной (рис. 3*a*) и глубокой (рис. 3*b*) порциям внутренней коллатеральной связки. На МРТ в аксиальной плоскости в режиме T2

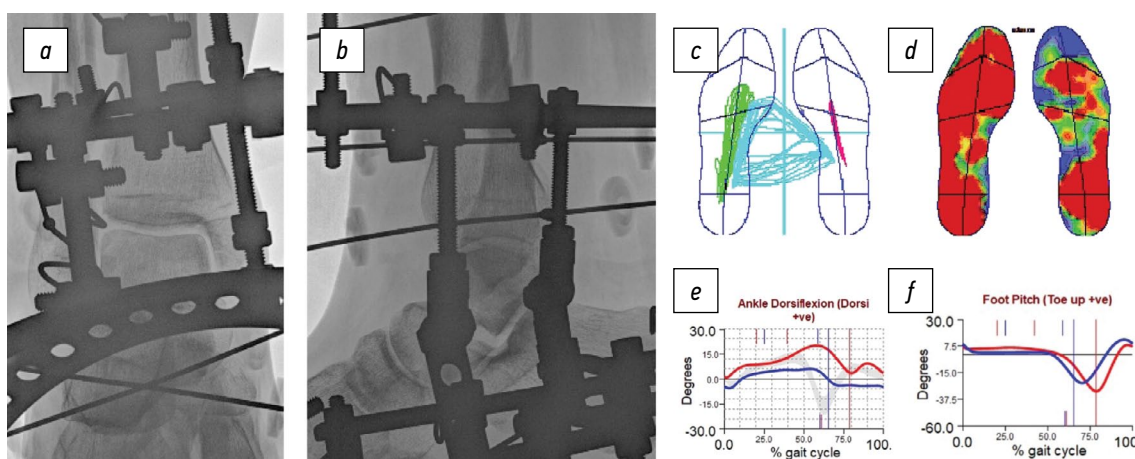


Рис. 2. *a* — послеоперационная рентгенограмма пациентки В. в прямой проекции, *b* — рентгенограмма в боковой проекции, *c, d* — подограммы, *e, f* — гониограммы.

Fig. 2. *a* — postoperative A-P-view X-ray of patient B., *b* — lateral view X-ray, *c, d* — computer podography, *e, f* — gait analysis.

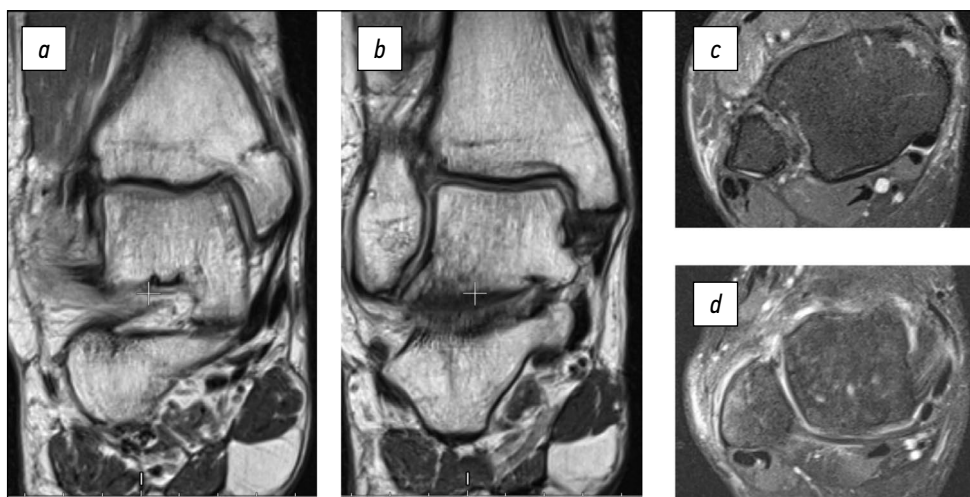


Рис. 3. Магнитно-резонансные томограммы пациентки В. через 6 месяцев после оперативного вмешательства: *a, b* — во фронтальной плоскости в режиме T1, *c, d* — в аксиальной плоскости в режиме T2.

Fig. 3. 6 months postoperative magnetic resonance imaging of patient B.: *a, b* — T1 in coronal plane, *c, d* — T2 in axial plane.

наблюдаются зрелые рубцы, соответствующие по длине и позиции межберцовым связкам (рис. 3с) и глубокой порции внутренней коллатеральной связки (рис. 3д).

Клинический случай демонстрирует эффективность применения аппарата Илизарова как самостоятельного метода лечения застарелого подвывиха стопы.

Пример 2

Жалобы и анамнез

Пациент К., женского пола, 34 года, 328 дней с момента травмы — надсиндесмозного перелома дистальной трети диафиза левой малоберцовой кости, подвывиха стопы кнаружи. Спустя 6 дней после получения травмы выполнено оперативное вмешательство в объёме открытой репозиции и накостного остеосинтеза малоберцовой кости, фиксации дистального межберцового

синдесмоза позиционным винтом. На контрольных рентгенограммах диагностирован сохраняющийся наружный подвывих стопы, в связи с чем через 1 месяц после первой операции выполнено повторное вмешательство — перепроведение позиционного винта. Контрольные рентгенограммы после повторного вмешательства демонстрировали сохраняющийся наружный подвывих стопы (рис. 4а). Через 8 недель после повторного вмешательства выполнено удаление позиционного винта. У пациентки сохранялись жалобы, связанные с нестабильностью голеностопного сустава.

Результаты физикального, лабораторного и инструментального исследования

Рентгенограммы через 6 месяцев после удаления позиционного винта демонстрируют расширение медиальной

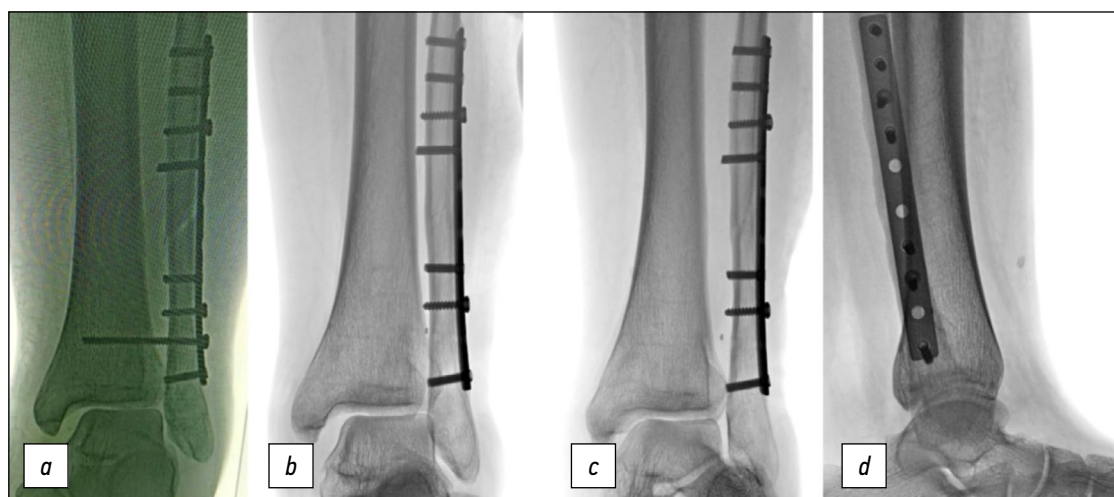


Рис. 4. Рентгенограммы пациентки К. после предшествующих оперативных вмешательств: *a, b* — расширение медиальной щели голеностопного сустава, *c* — расширение межберцового пространства, *d* — рентгенограмма в боковой проекции.

Fig. 4. X-rays of patient K. after previous surgery: *a, b* — increased medial clear space, *c* — increased tibiofibular space, *d* — lateral X-ray.

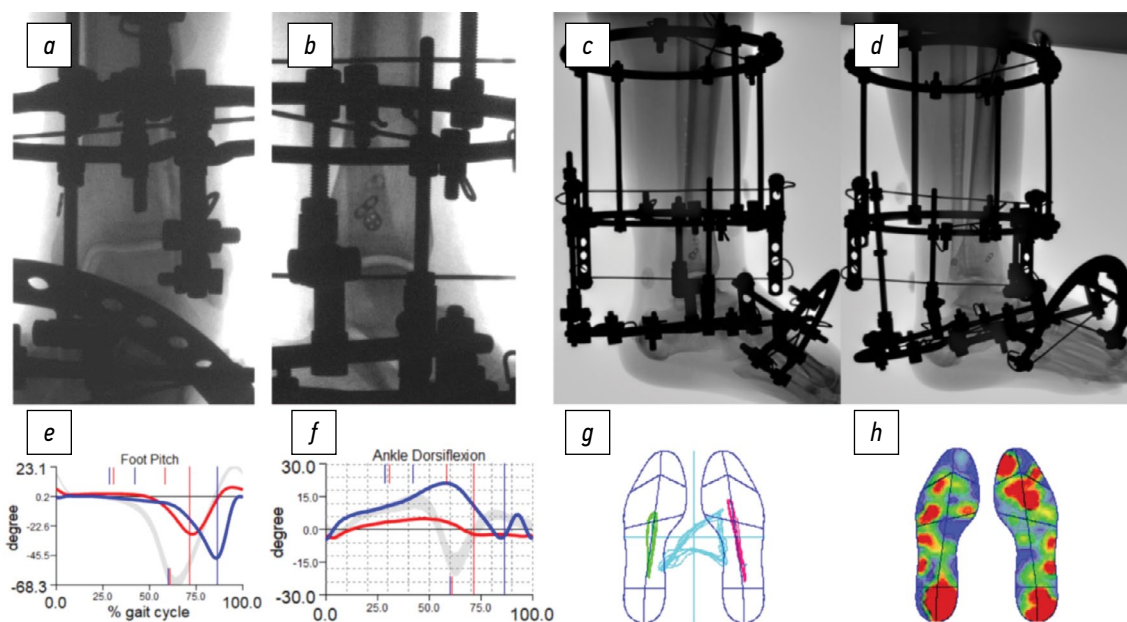


Рис. 5. *a* — послеоперационная рентгенограмма пациентки К. в прямой проекции, *b* — послеоперационная рентгенограмма в боковой проекции, *c, d* — рентгенограмма в боковой проекции: ограниченный шарнирными устройствами объём активных движений, *e, f* — гониограммы, *g, h* — подограммы.

Fig. 5. Postoperative X-rays of patient K.: *a* — A-P-view, *b* — lateral view, *c, d* — lateral X-rays demonstrating limited by hinges range of motion, *e, f* — gait analysis, *g, h* — computer podography.

щели голеностопного сустава (рис. 4*b*), межберцового пространства (рис. 4*c,d*).

Лечение

Выполнено оперативное вмешательство в объёме удаления инородных тел, фиксации голеностопного сустава аппаратом Илизарова в шарнирной облегчённой компоновке, фиксации дистального межберцового синдесмоза пуговчатым фиксатором.

Послеоперационные рентгенограммы в прямой (рис. 5*a*) и боковой (рис. 5*b*) проекциях демонстрируют восстановление взаимоотношений в голеностопном суставе. На рентгенограммах в боковой проекции (рис. 5*c, d*) наблюдается ограниченный шарнирными устройствами объём активных движений: подошвенное сгибание (рис. 5*c*) ограничено 5°. На гониограммах (рис. 5*e, f*) и подограммах (рис. 5*g, h*) на 7-е сутки после операции — ходьба без дополнительных средств опоры в условиях внешней фиксации, демонстрирующая наличие сниженного активного тыльного сгибания стопы, умеренной асимметрии при равномерном распределении нагрузки на передний и задний отделы стопы оперированной конечности. Период госпитализации — 14 суток, срок фиксации в аппарате Илизарова — 37 суток.

Исход и результаты последующего наблюдения

После демонтажа аппарата Илизарова пациентка не нуждалась в дополнительных средствах опоры и ортопедических изделиях.

Рентгенограммы голеностопного сустава в прямой проекции с внутренней ротацией (стоя с нагрузкой) (рис. 6*a*)

и в боковой проекции (рис. 6*b*) демонстрируют восстановление взаимоотношений в голеностопном суставе.

Клинический пример показывает результативность оперативного вмешательства при сокращённых в 2,5 раза сроках фиксации в аппарате Илизарова.

Пример 3

Жалобы и анамнез

Пациент П., мужского пола, 28 лет, 62 дня с момента минно-взрывной политравмы, в составе которой по поводу повреждения (не доминирующего) правого голеностопного сустава получал консервативное лечение. Предъявлял жалобы на неопороспособность правой нижней конечности, боль и ограничение объёма активных движений в правом голеностопном суставе, отёк правой стопы.

Результаты физикального, лабораторного и инструментального исследования

На рентгенограммах голеностопного сустава в прямой (рис. 7*a*) и боковой (рис. 7*b*) проекциях при поступлении наблюдаются подвывих стопы кнаружи, отрывной перелом переднего и заднего бугорков малоберцовой вырезки большеберцовой кости со смещением отломков. МРТ голеностопного сустава в аксиальной плоскости в режиме T1 (рис. 7*c*) подтверждает данные рентгенографии, во фронтальной плоскости в режиме T2 (рис. 7*d*) демонстрирует наличие трабекулярного отёка дистального метаэпифиза большеберцовой кости, блока таранной кости, тела пяточной кости.



Рис. 6. Рентгенограммы пациентки К. после демонтажа аппарата Илизарова: *a* — в прямой проекции с внутренней ротацией, *b* — в боковой проекции.

Fig. 6. X-rays of patient K. after Ilizarov fixator removal: *a* — mortise view, *b* — lateral view.

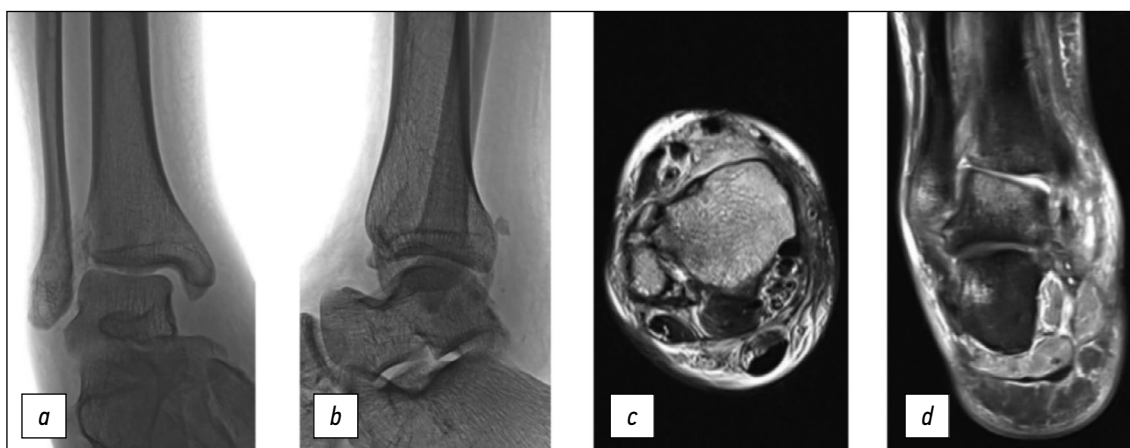


Рис. 7. *a* — рентгенограмма пациента П. при поступлении в прямой проекции, *b* — рентгенограмма в боковой проекции, *c* — магнитно-резонансная томограмма в аксиальной плоскости в режиме T1, *d* — магнитно-резонансная томограмма во фронтальной плоскости в режиме T2.

Fig. 7. Preoperative X-rays of patient P: *a* — A-P-view, *b* — lateral view, *c* — axial T1 magnetic resonance imaging, *d* — coronal T2 magnetic resonance imaging.

Лечение

Выполнено оперативное вмешательство в объёме фиксации голеностопного сустава аппаратом Илизарова в шарнирной облегчённой компоновке, фиксации дистального межберцового синдесмоза пуговчатым фиксатором (рис. 8).

Послеоперационные рентгенограммы в прямой (рис. 9*a*) и боковой (рис. 9*b*) проекциях демонстрируют восстановление взаимоотношений в голеностопном суставе. Гониограммы (рис. 9*c*, *d*) и подограммы (рис. 9*e*, *f*) на 7-е сутки после операции — ходьбу без дополнительных средств опоры в условиях внешней фиксации, демонстрирующую наличие сниженного активного подошвенного сгибания стопы, незначительной асимметрии при равномерном распределении нагрузки на передний и задний отделы стопы оперированной конечности. Период госпитализации составил 9 дней, срок фиксации в аппарате Илизарова — 34 дня.

Исход и результаты последующего наблюдения

После демонтажа аппарата Илизарова пациент не нуждался в дополнительных средствах опоры и ортопедических изделиях.

Рентгенограммы голеностопного сустава в прямой проекции с внутренней ротацией (стоя с нагрузкой) (рис. 10*a*, *b*) и боковой проекции (рис. 10*c*) демонстрируют восстановление взаимоотношений в голеностопном суставе, расположение продолговатой пуговицы кзади от межлодыжечной линии. Опороспособность оперированной конечности и объём движений в голеностопном суставе восстановлены.

ОБСУЖДЕНИЕ

При последствиях повреждений голеностопного сустава внешняя фиксация применяется для артротриакции как самостоятельного метода лечения либо в комбинации

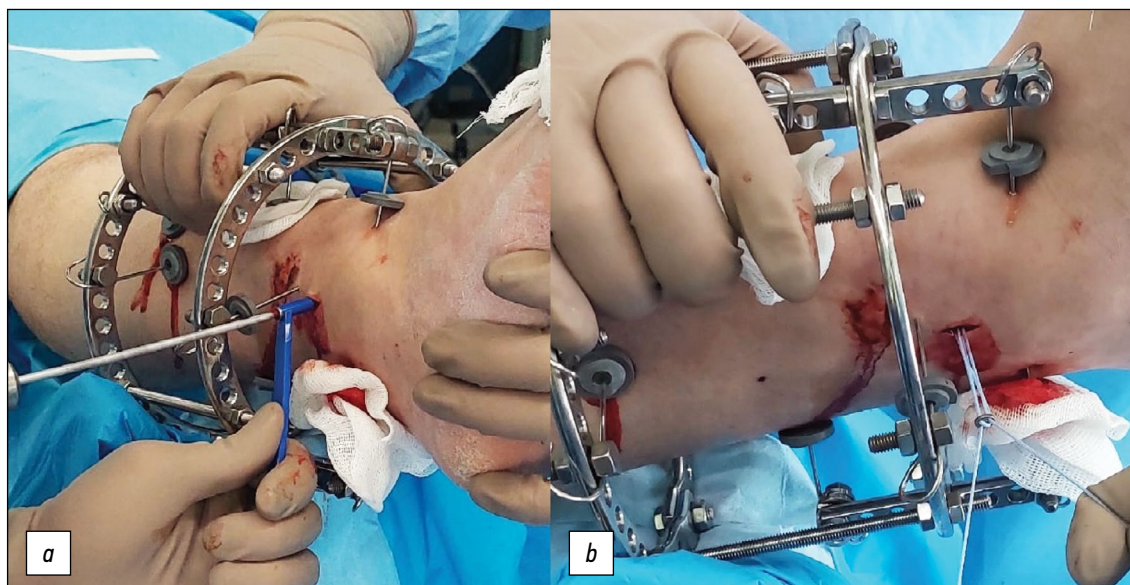


Рис. 8. Установка пуговчатого фиксатора по достижении репозиции наружной лодыжки и устранения подвывиха стопы: *a* — рас-
сверливание отверстия, *b* — натяжение нитей пуговчатого фиксатора.

Fig. 8. Suture button placing after lateral subluxation reduction: *a* — drilling hole in fibula and tibia, *b* — suture tensioning.

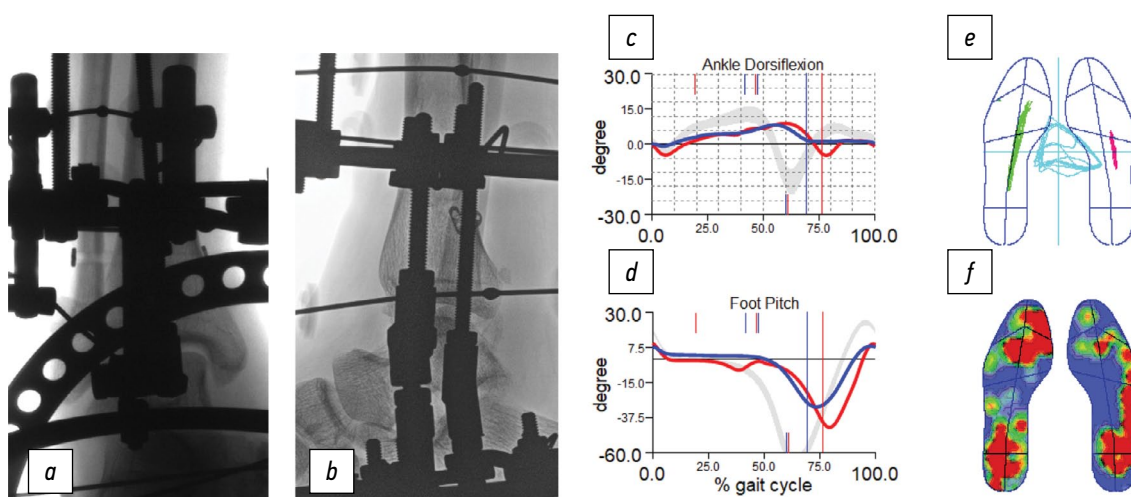


Рис. 9. *a* — рентгенограмма пациента П. после операции в прямой проекции, *b* — рентгенограмма в боковой проекции, *c, d* —
гониограммы, *e, f* — подограммы.

Fig. 9. Postoperative X-rays of patient P: *a* — A-P-view, *b* — lateral view, *c, d* — gait analysis, *e, f* — computer podography.



Рис. 10. Рентгенограммы пациента П. после демонтажа аппарата Илизарова: *a, b* — в прямой проекции с внутренней ротацией,
c — в боковой проекции.

Fig. 10. X-rays of patient P. after Ilizarov fixator removal: *a, b* — mortise view, *c* — lateral view.

с артроскопическими вмешательствами (хондропластикой, резекцией остеофитов), PRP- и SVF-терапией [23, 24]. Однако существуют клинические ситуации, при которых создание артрوديастаза противоречит цели реконструктивного оперативного вмешательства. Теоретически артротриакция применима при восстановлении дистального межберцового синдесмоза, но в клинической практике практически не наблюдается его изолированной несостоятельности. Целью пластики связки прежде всего является восстановление её нормальной длины, что предполагает корректное положение зон её крепления на период, соответствующий срокам созревания рубца. Тем не менее очевидно положительное влияние механической разгрузки сустава как элемента лечения дегенеративных изменений и создания благоприятных условий для регенерации суставного хряща.

Нейтральный стабильный остеосинтез аппаратом Илизарова с дозированным объёмом движений и декомпрессией как элемент реконструктивных оперативных вмешательств при нестабильности голеностопного сустава ранее не описан.

Закрытый чрескостный остеосинтез костей голени аппаратом Илизарова с фиксацией голеностопного и подтаранного суставов является самостоятельным методом лечения последствий повреждений голеностопного сустава. Он позволяет осуществлять одномоментную или постепенную коррекцию деформаций, репозицию вывихов и подвывихов стопы, создание компрессии на стыке остеотомированных фрагментов либо зоны несращения/ложного сустава при фиксированном в любом положении/подвижном в любой амплитуде и в любые сроки голеностопного сустава за счёт управляемых шарнирных устройств (клинический пример 1). Однако применение аппарата Илизарова как единственного, окончательного и универсального метода при несостоятельности связок голеностопного сустава имеет следующие особенности.

При несомненной успешности закрытой/открытой, прямой/непрямой, одномоментной/постепенной репозиции костных структур, образующих голеностопный сустав, его воздействие на связки голеностопного сустава ограничивается лишь контролируемым положением зон крепления связок на срок, соответствующий периоду регенерации последних.

При огромных репозиционных возможностях и управляемости степени жёсткости фиксации на любом этапе метод Илизарова нуждается в длительном периоде фиксации, требующем психологических усилий от пациента и надлежащего контроля в амбулаторных условиях.

Во избежание рисков несостоятельности связок дистального межберцового синдесмоза срок фиксации последнего составляет 6–8 недель, что соответствует нормальным срокам консолидации переломов лодыжек и не вызывает противоречий в длительности периода фиксации при данных повреждениях. Одно лишь удержание зон крепления связок актуально для свежих

повреждений, а при их застарелом повреждении ввиду наличия зрелого рубца и дегенеративных изменений культей повреждённых связок возможно их несращение или реруптура. В случае хронической нестабильности голеностопного сустава, во-первых, сроки фиксации увеличиваются до 10–12 недель, а во-вторых, такие сроки фиксации актуальны лишь при выполняемых корригирующих остеотомиях и постепенных коррекциях деформаций. В остальных случаях пациент находится в условиях внешней фиксации интактных либо консолидированных костных структур лишь для предотвращения рецидива наружного подвывиха стопы.

Новая технология заключается в комбинированном использовании аппарата Илизарова для фиксации голеностопного и подтаранного суставов при лечении нестабильности голеностопного сустава вследствие несостоятельности наружных коллатеральных связок, внутренних коллатеральных связок и межберцового синдесмоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение аппарата Илизарова в комбинации с реконструктивными вмешательствами на связках голеностопного сустава и внутренней фиксацией позволяет нивелировать недостатки метода, сохранив его следующие преимущества:

- малоинвазивность;
- управляемость положением костных структур, образующих голеностопный сустав, шириной щели голеностопного сустава, объёмом движений, степенью жёсткости фиксации;
- максимально возможно раннюю полноценную нагрузку на оперированную конечность;
- воздействие непосредственно на повреждённые структуры с их анатомичным восстановлением и возможность осуществления минимально инвазивных вмешательств и минимального количества устанавливаемых имплантатов без ущерба стабильности фиксации за счёт шунтирования нагрузки аппаратом Илизарова;
- сокращение сроков фиксации до 4 недель при отсутствии костных повреждений и до 8 недель при их наличии, что снижает риск осложнений, требовательность к амбулаторному наблюдению, негативные психологические аспекты условий внешней фиксации;
- возможность использования максимально компактных и облегчённых компоновок аппарата Илизарова ввиду отсутствия необходимости в полном объёме его репозиционных возможностей и запаса стабильности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий. Пациенты добровольно подписали форму информированного согласия на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Michelson J.D., Hamel A.J., Buczek F.L., et al. Kinematic behavior of the ankle following malleolar fracture repair in a high-fidelity cadaver model // *J Bone Joint Surg Am*. 2002. Vol. 84, № 11. P. 2029–2038. doi: 10.2106/00004623-200211000-00019
2. Michelson J.D., Hamel A.J., Buczek F.L., Sharkey N.A. The effect of ankle injury on subtalar motion // *Foot Ankle Int*. 2004. Vol. 25, № 9. P. 639–646. doi: 10.1177/107110070402500908
3. Takao M., Ozeki S., Oliva X.M., Inokuchi R., Yamazaki T., Takeuchi Y., Kubo M., Lowe D., Matsui K., Katakura M., Ankle Instability Group, Glazebrook M. Strain pattern of each ligamentous band of the superficial deltoid ligament: a cadaver study // *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2020. Vol. 21, № 1. P. 289. doi: 10.1186/s12891-020-03296-0
4. Michelson J.D., Waldman B. An axially loaded model of the ankle after pronation external rotation injury // *Clin Orthop Relat Res*. 1996. № 328. P. 285–293. doi: 10.1097/00003086-199607000-00043
5. Boden S.D., Labropoulos P.A., McCowin P., et al. Mechanical considerations for the syndesmosis screw. A cadaver study // *J Bone Joint Surg Am*. 1989. Vol. 71, № 10. P. 1548–1555.
6. Bartonicek J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. Surgical and radiologic anatomy // *Surg Radiol Anat*. 2003. Vol. 25, № 5–6. P. 379–86. doi: 10.1007/s00276-003-0156-4
7. Court-Brown C.M., Heckman J.D., McQueen M.M., Ricci W., Tornetta P. III, editors; McKee M., associate editor. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 8th edition. Volume 2, Chapter 59. Wolters Kluwer Health, 2014. 2570 p.
8. Рюди Т.П., Бакли Р.Э., Моран К.Г. АО — принципы лечения переломов. Т. 2. Минск: Вассамедиа, 2013. С. 870–895.
9. Muzio B., Hacking C. TightRope® syndesmotom repair. Case study // *Radiopaedia.org*. Режим доступа: <https://radiopaedia.org/cases/tightrope-syndesmotom-repair-1> Дата обращения: 25.11.2023. doi: 10.53347/rID-78719
10. Bowman H. FIBULINK® syndesmosis repair system. Case study // *Radiopaedia.org*. 2021. Режим доступа: <https://radiopaedia.org/cases/fibulink-syndesmosis-repair-system-1> Дата обращения: 25.11.2023. doi: 10.53347/rID-85776
11. Hantouly A., Toubasi A., Samhoury J., Morrissey P., Hooghe P., Salameh M. The role of anatomical repair of the anterior inferior

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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

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

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

tibiofibular ligament in acute ankle fractures with syndesmotom injury: A systematic review // *Journal of Musculoskeletal Surgery and Research*. 2022. Vol. 6, № 3. P. 207–212. doi: 10.25259/JMSR_20_2022

12. Shen J.-J., Gao Y.-B., Huang J.-F., Qiu Q.-M., Cheng L., Tong S.-L. Suture anchors for primary deltoid ligament repair associated with acute ankle fractures // *Acta orthopaedica Belgica*. 2019. Vol. 85, № 3. P. 387–391.

13. van Dijk C.N., Longo U.G., Loppini M., Florio P., Maltese L., Ciuffreda M., Denaro V. Classification and diagnosis of acute isolated syndesmotom injuries: ESSKA-AFAS consensus and guidelines // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016. Vol. 24, № 4. P. 1200–16. doi: 10.1007/s00167-015-3942-8

14. Rammelt S., Boszczyk A. Chronic Syndesmotom Injuries: Arthrodesis versus Reconstruction // *Foot Ankle Clin*. 2020. Vol. 25, № 4. P. 631–652. doi: 10.1016/j.fcl.2020.08.006

15. Swords M.P., Sands A., Shank J.R. Late Treatment of Syndesmotom Injuries // *Foot Ankle Clin*. 2017. Vol. 22, № 1. P. 65–75. doi: 10.1016/j.fcl.2016.09.005

16. Yasui Y., Takao M., Miyamoto W., Innami K., Matsushita T. Anatomical reconstruction of the anterior inferior tibiofibular ligament for chronic disruption of the distal tibiofibular syndesmosis // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011. Vol. 19, № 4. P. 691–5. doi: 10.1007/s00167-010-1311-1

17. Grass R., Rammelt S., Biewener A., Zwipp H. Peroneus longus ligamentoplasty for chronic instability of the distal tibiofibular syndesmosis // *Foot Ankle Int*. 2003. Vol. 24, № 5. P. 392–7. doi: 10.1177/107110070302400503

18. Sun Z., Li T., Wang Y., Cao Q., Wu X. Clinical outcome of distal tibiofibular arthrodesis with plate fixation for the treatment of chronic frank syndesmosis instability // *Injury*. 2020. Vol. 51, № 12. P. 2981–2985. doi: 10.1016/j.injury.2020.11.068

19. Lim S.K., Ho Y.C., Ling S.K., Yung P.S. Functional outcome of fusion versus ligament reconstruction in patients with a syndesmosis injury: A narrative review // *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2021. Vol. 25. P. 53–59. doi: 10.1016/j.asmart.2021.05.002. Erratum in: *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2021. Vol. 26. P. 58. doi: 10.1016/j.asmart.2021.08.001

20. Vohra R., Singh A., Thorat B., Patel D. Instability of the distal tibiofibular syndesmosis // *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2023. Vol. 31, № 2. P. 10225536231182349. doi: 10.1177/10225536231182349
21. Wright C.J., Linens S.W., Cain M.S. A Randomized Controlled Trial Comparing Rehabilitation Efficacy in Chronic Ankle Instability // *J Sport Rehabil*. 2017. Vol. 26, № 4. P. 238–249. doi: 10.1123/jsr.2015-0189
22. Clements A., Belilos E., Keeling L., Kelly M., Casscells N. Postoperative Rehabilitation of Chronic Lateral Ankle Instability:

- A Systematic Review // *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2021. Vol. 29, № 2. P. 146–152. doi: 10.1097/JSA.0000000000000304
23. Леончук С., Островских Л., Сазонова Н. Дистракционная артропластика голеностопного сустава с использованием аппарата Илизарова и артроскопической техники: первый клинический опыт // *Гений ортопедии*. 2021. Т. 27, № 1. С. 92–96. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-92-96
24. Dabash S., Buksbaum J., Fragomen A., Rozbruch S.R. Distraction arthroplasty in osteoarthritis of the foot and ankle // *World Journal of Orthopedics*. 2020. Vol. 11, № 3. P. 145–157. doi: 10.5312/wjo.v11.i3.145

REFERENCES

1. Michelson JD, Hamel AJ, Buczek FL, et al. Kinematic behavior of the ankle following malleolar fracture repair in a high-fidelity cadaver model. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84(11):2029–2038. doi: 10.2106/00004623-200211000-00019
2. Michelson JD, Hamel AJ, Buczek FL, Sharkey NA. The effect of ankle injury on subtalar motion. *Foot Ankle Int*. 2004;25(9):639–646. doi: 10.1177/107110070402500908
3. Takao M, Ozeki S, Oliva XM, Inokuchi R, Yamazaki T, Takeuchi Y, Kubo M, Lowe D, Matsui K, Katakura M, Ankle Instability Group, Glazebrook M. Strain pattern of each ligamentous band of the superficial deltoid ligament: a cadaver study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2020;21(1):289. doi: 10.1186/s12891-020-03296-0
4. Michelson JD, Waldman B. An axially loaded model of the ankle after pronation external rotation injury. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(328):285–293. doi: 10.1097/00003086-199607000-00043
5. Boden SD, Labropoulos PA, McCowin P, et al. Mechanical considerations for the syndesmosis screw. A cadaver study. *J Bone Joint Surg Am*. 1989;71(10):1548–1555.
6. Bartonicek J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. Surgical and radiologic anatomy. *Surg Radiol Anat*. 2003;25(5–6):379–86. doi: 10.1007/s00276-003-0156-4
7. Court-Brown CM, Heckman JD, McQueen MM, Ricci W, Tornetta P III, editors; McKee M, associate editor. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 8th edition. Volume 2, Chapter 59. Wolters Kluwer Health; 2014. 2570 p.
8. Rudy TP, Buckley RE, Moran KG. *AO — principles of fracture treatment*. Vol. 2. Minsk: Wassamedia; 2013. P. 870–895. (In Russ).
9. Muzio B, Hacking C. TightRope® syndesmotom repair. Case study. *Radiopaedia.org*. Available from: <https://radiopaedia.org/cases/tightrope-syndesmotom-repair-1> Accessed: Nov 25, 2023. doi: 10.53347/rID-78719
10. Bowman H. FIBULINK® syndesmosis repair system. Case study. *Radiopaedia.org*. 2021. Available from: <https://radiopaedia.org/cases/fibulink-syndesmosis-repair-system-1> Accessed: Nov 25, 2023. doi: 10.53347/rID-85776
11. Hantouly A, Toubasi A, Samhoury J, Morrissey P, Hooghe P, Salameh M. The role of anatomical repair of the anterior inferior tibiofibular ligament in acute ankle fractures with syndesmotom injury: A systematic review. *Journal of Musculoskeletal Surgery and Research*. 2022;6(3):207–212. doi: 10.25259/JMSR_20_2022
12. Shen J-J, Gao Y-B, Huang J-F, Qiu Q-M, Cheng L, Tong S-L. Suture anchors for primary deltoid ligament repair associated with acute ankle fractures. *Acta orthopaedica Belgica*. 2019;85(3):387–391.
13. van Dijk CN, Longo UG, Loppini M, Florio P, Maltese L, Ciuffreda M, Denaro V. Classification and diagnosis of acute isolated syndesmotom injuries: ESSKA-AFAS consensus and guidelines. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(4):1200–16. doi: 10.1007/s00167-015-3942-8
14. Rammelt S, Boszczyk A. Chronic Syndesmotom Injuries: Arthrodesis versus Reconstruction. *Foot Ankle Clin*. 2020;25(4):631–652. doi: 10.1016/j.fcl.2020.08.006
15. Swords MP, Sands A, Shank JR. Late Treatment of Syndesmotom Injuries. *Foot Ankle Clin*. 2017;22(1):65–75. doi: 10.1016/j.fcl.2016.09.005
16. Yasui Y, Takao M, Miyamoto W, Innami K, Matsushita T. Anatomical reconstruction of the anterior inferior tibiofibular ligament for chronic disruption of the distal tibiofibular syndesmosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(4):691–5. doi: 10.1007/s00167-010-1311-1
17. Grass R, Rammelt S, Biewener A, Zwipp H. Peroneus longus ligamentoplasty for chronic instability of the distal tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle Int*. 2003;24(5):392–7. doi: 10.1177/107110070302400503
18. Sun Z, Li T, Wang Y, Cao Q, Wu X. Clinical outcome of distal tibiofibular arthrodesis with plate fixation for the treatment of chronic frank syndesmosis instability. *Injury*. 2020;51(12):2981–2985. doi: 10.1016/j.injury.2020.11.068
19. Lim SK, Ho YC, Ling SK, Yung PS. Functional outcome of fusion versus ligament reconstruction in patients with a syndesmosis injury: A narrative review. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2021;25:53–59. doi: 10.1016/j.asmart.2021.05.002. Erratum in: *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2021;26:58. doi: 10.1016/j.asmart.2021.08.001
20. Vohra R, Singh A, Thorat B, Patel D. Instability of the distal tibiofibular syndesmosis. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2023;31(2):10225536231182349. doi: 10.1177/10225536231182349
21. Wright CJ, Linens SW, Cain MS. A Randomized Controlled Trial Comparing Rehabilitation Efficacy in Chronic Ankle Instability. *J Sport Rehabil*. 2017;26(4):238–249. doi: 10.1123/jsr.2015-0189

- 22.** Clements A, Belilos E, Keeling L, Kelly M, Casscells N. Postoperative Rehabilitation of Chronic Lateral Ankle Instability: A Systematic Review. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2021;29(2):146–152. doi: 10.1097/JSA.0000000000000304
- 23.** Leonchuk SS, Ostrovskikh L, Sazonova N. Ankle distraction arthroplasty using the Ilizarov external fixation and arthroscopy:

- first clinical experience. *Genij Ortopedii*. 2021;27(1):92–96. (In Russ). doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-92-96
- 24.** Dabash S, Buksbaum J, Fragomen A, Rozbruch SR. Distraction arthroplasty in osteoarthritis of the foot and ankle. *World Journal of Orthopedics*. 2020;11(3):145–157. doi: 10.5312/wjo.v11.i3.145

ОБ АВТОРАХ

*** Сутягин Илья Вячеславович;**

адрес: Россия, 640014, Курганская область, г. Курган,
ул. Ульяновой, дом 6;
ORCID: 0000-0001-8446-1434;
eLibrary SPIN: 7267-0994;
e-mail: pr_sutyagin@bk.ru

Бурцев Александр Владимирович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0001-8968-6528;
eLibrary SPIN: 5275-8050;
e-mail: bav31rus@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Ilya V. Sutyagin;**

address: 6, Ylianovoy str., 640014, Kurgan,
Kurgan obl., Russia;
ORCID: 0000-0001-8446-1434;
eLibrary SPIN: 7267-0994;
e-mail: pr_sutyagin@bk.ru

Alexander V. Burtsev, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0001-8968-6528;
eLibrary SPIN: 5275-8050;
e-mail: bav31rus@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto569364>

Особенности лечения переломов бедра у детей с тяжёлыми формами детского церебрального паралича

А.Д. Томов¹, Л.Ф. Габидуллина¹, Н.С. Шляпникова¹, Х.-М.Х. Хачубаров¹, Д.А. Попков^{1,2}¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Повышенная частота встречаемости переломов у детей со спастическими параличами тяжёлой степени вследствие низкоэнергетической травмы связана со слабой минеральной плотностью кости, отсутствием адекватной вертикализации, приёмом противосудорожных препаратов. Наиболее частой локализацией переломов являются нижние конечности, в особенности бедренная кость. Повышенная частота травматизации на этом уровне коррелирует с высоким уровнем нарушения глобальных моторных функций — уровни IV–V по Gross Motor Function Classification System.

Описание клинического случая. Выполнено оперативное лечение перелома бедренной кости у ребёнка с детским церебральным параличом. Учитывая неэффективность репозиции ввиду спастичности приводящей и подвздошно-поясничной мышц, осуществлены одномоментная репозиция отломков, миотомия и остеосинтез. Также в статье рассмотрено лечение переломов ещё у 3 детей с детским церебральным параличом. Результаты оценивали в период не менее 6 месяцев после окончания лечения. Оперативное лечение является предпочтительным, обеспечивая достаточную стабилизацию перелома, снижение времени гипсовой иммобилизации и вероятность связанных с ней рисков, предотвращение замедленной консолидации и несращений.

Заключение. Эластичное интрамедуллярное армирование, используемое при лечении переломов на фоне остеопении, является методом профилактики повтора переломов в отдалённом периоде либо предотвращения значимого смещения отломков.

Ключевые слова: детский церебральный паралич; перелом бедра; остеопороз; качество жизни.

Как цитировать:

Томов А.Д., Габидуллина Л.Ф., Шляпникова Н.С., Хачубаров Х.-М.Х., Попков Д.А. Особенности лечения переломов бедра у детей с тяжёлыми формами детского церебрального паралича // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 457–466. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto569364>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto569364>

Features of treatment of hip fractures in children with severe forms of cerebral palsy

Akhmed D. Tomov¹, Lilia F. Gabidullina¹, Natalya S. Shlyapnikova¹,
Has-Magomed H. Hachubarov¹, Dmitriy A. Popkov^{1,2}

¹ Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia;

² Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The increased incidence of fractures in children with severe spastic paralysis due to low-energy trauma is associated with poor bone mineral density, lack of adequate verticalization, and use of antiepileptic drugs. The most frequent localization of fractures is the lower extremities, especially the femur. The increased frequency of traumatization at this level correlates with a high level of impairment of global motor functions — levels IV–V according to the Gross Motor Function Classification System.

CLINICAL CASE DESCRIPTION: Surgical treatment of a femur fracture in a child with cerebral palsy was performed. Given the ineffectiveness of repositioning due to spasticity of the adductor and iliopsoas muscles, one-stage repositioning of the fragments, myotomy and osteosynthesis were performed. Treatment of fractures in 3 more children with cerebral palsy was also described in the article. The results were evaluated at least 6 months after the end of treatment. Surgical treatment is preferable, providing sufficient stabilization of the fracture, reducing the time of plaster immobilization and the probability of associated risks, as well as preventing delayed consolidation and nonunions.

CONCLUSION: Elastic intramedullary reinforcement used in the treatment of osteopenic fractures is a method of preventing fracture recurrence in the distant period or preventing significant fragment displacement.

Keywords: cerebral palsy; hip fracture; osteoporosis; quality of life.

To cite this article:

Tomov AD, Gabidullina LF, Shlyapnikova NS, Hachubarov H-MH, Popkov DA. Features of treatment of hip fractures in children with severe forms of cerebral palsy. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):457–466. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto569364>

Received: 13.09.2023

Accepted: 24.10.2023

Published: 22.12.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Двигательные расстройства различной степени при детском церебральном параличе (ДЦП) сочетаются со многими другими патологическими состояниями. В ряде исследований отмечается повышенная частота встречаемости переломов у детей со спастическими параличами тяжёлой степени вследствие низкоэнергетической травмы [1–3]. Наиболее частой локализацией являются нижние конечности, в особенности бедренная кость [4, 5]. Надмыщелковые переломы с угловым смещением в сагиттальной плоскости (антекурвационной деформацией) обычно наблюдаются у детей при падении и/или перемещении с кресла-каталки [5, 6]. Другими видами переломов являются винтообразные диафизарные переломы и переломы на границе пластин, установленных при реконструкции тазобедренного сустава [5, 7, 8]. Повышенная частота переломов коррелирует с высоким уровнем нарушения глобальных моторных функций — уровни IV–V по Gross Motor Function Classification System (GMFCS) [1, 9]. I функциональному уровню соответствуют практически здоровые дети с хорошим двигательным потенциалом. II уровню — дети с ограничением ходьбы на длинные расстояния, которые не могут ходить по лестнице самостоятельно. III уровню — дети с низкой двигательной активностью, нуждающиеся в технических средствах реабилитации либо помощи окружающих даже для короткого передвижения. IV уровень — дети не ходят, могут сделать несколько шагов с посторонней помощью, передвигаются на коляске, но могут сидеть. И V уровень по GMFCS — это дети, у которых отсутствуют какие-либо навыки передвижения, самостоятельного сидения и вертикализации. Показаниями к ортопедическому лечению детей с IV и V уровнями являются: коррекция тяжёлых контрактур суставов конечностей, облегчение гигиенического ухода, профилактика и лечение болевого синдрома при формировании вывиха, возвращение возможности пассивной вертикализации ребёнка и проведение пострурального менеджмента. Важным предрасполагающим фактором, который коррелирует с повышенной встречаемостью переломов у детей с ДЦП, является низкая минеральная плотность костной ткани (исследованная с помощью двухфотонной абсорбционной денситометрии) [10, 11]. Другим фактором является эпилепсия, которая в целом сочетается с высоким риском переломов [12]. Кроме того, приём противоэпилептических препаратов коррелирует со снижением минеральной плотности скелета, механизмы чего пока дискутируются [1, 13]. Отмечается также предрасполагающее влияние деформаций и контрактур коленного и тазобедренного суставов на возникновение патологических переломов у детей с тяжёлыми формами ДЦП [3].

Что касается лечения переломов, то мнения исследователей остаются противоречивыми. Консервативное лечение требует длительной иммобилизации (в среднем 7 недель) в тазобедренной повязке, что сопровождается сложностями

ухода за пациентами, длительным нарушением реабилитационной программы, рисками трофических расстройств, несращений [4, 14]. Консервативное лечение рекомендуется при надмыщелковых переломах [5]. Оперативное лечение с применением внутренней фиксации позволяет сократить дополнительную иммобилизацию до 3 недель или избежать её, а также всех недостатков гипсовой повязки, снизить риск несращений [4, 5, 15]. Применение эластичного армирования без запрограммированного в последующем удаления интрамедуллярных стержней позволяет достичь не только костного сращения, но и в некоторых ситуациях коррекции положения сегментов конечности и/или предшествующих деформаций [15, 16].

Целью данной работы стали ретроспективный анализ собственных результатов лечения детей с переломами бедра на фоне тяжёлых форм ДЦП и сопоставление их с литературными данными.

МЕТОДОЛОГИЯ

Нами отобрана группа пациентов с ДЦП, которые были пролечены авторами данной статьи в период 2017–2021 гг. по поводу переломов бедренной кости.

Критериями включения явились диагноз ДЦП, локализация перелома на уровне бедра, в случае наличия в анамнезе выполнения какого-либо реконструктивного лечения включение в группу осуществлялось при условии не менее 1 года после операции и костного сращения и ремоделирования области остеотомии, констатированных в процессе предшествующих наблюдений. Критериями исключения были переломы бедренной кости при других заболеваниях (миеломенингоцеле, миопатии) либо переломы с периодом менее 12 месяцев после реконструктивной операции или вторичные смещения костных фрагментов в послеоперационном периоде. Изучались тип лечения (консервативное или оперативное), вид оперативных вмешательств, сроки иммобилизации и наступления костного сращения, встретившиеся осложнения, их лечение и исходы. Среди прочих параметров учитывались возраст пациента, уровень двигательных расстройств по шкале GMFCS, индекс массы тела, наличие у пациента эпилепсии и приём им противоэпилептических препаратов. Результаты оценивали в период не менее 6 месяцев после окончания лечения. Полученные количественные данные подвергали статистической обработке с использованием программ AtteStat 12.0.5. Статистическое исследование включало описательную статистику: средние значения (M) и стандартное отклонение (SD).

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

Пример 1. Лечение надмыщелкового перелома бедренной кости гипсовой лонгетой

Ребёнок с ДЦП, IV уровень по GMFCS. Получает терапию по поводу эпилепсии, ремиссия более 2 лет. Индекс



Рис. 1. Лечение надмыщелкового перелома у ребёнка с детским церебральным параличом, IV уровень по GMFCS: *a, b* — перелом бедренной кости; *c, d* — рентгенограмма через 6 недель.

Fig. 1. Treatment of a supracondylar fracture in a child with cerebral palsy, level IV according to GMFCS: *a, b* — fracture of the femur; *c, d* — radiograph after 6 weeks.

массы тела 13,2 кг/м². Выполнено реконструктивное вмешательство по поводу вывиха бедра. В раннем послеоперационном периоде (через неделю после снятия гипса) на лечебной физкультуре (ЛФК) произошёл надмыщелковый перелом бедренной кости. На рентгенограмме угол смещения незначительный. Выполнена гипсовая иммобилизация. Сращение через 6 недель (рис. 1).

Пример 2

Ребёнок, 10 лет, ДЦП, IV уровень по GMFCS. Ремиссия эпилепсии длительностью 3,5 года, продолжает принимать противоэпилептические препараты. Перелом произошёл во время ЛФК. На рентгенограмме ко-сой винтообразный перелом диафиза бедренной кости

со смещением. Первичная попытка лечения путём закрытой репозиции и гипсовой иммобилизации. На контрольной рентгенограмме выраженное смещение отломков. В процессе хирургического лечения репозиция отломков не удавалась из-за выраженной ретракции подвздошно-поясничной мышцы и длинной приводящей. Выполнено хирургическое лечение: тенотомия подвздошно-поясничной мышцы справа и удлинение сгибателей коленного сустава для правильного позиционирования ребёнка, коррекции сгибательной контрактуры коленного сустава и одномоментное устранение смещения, металлоостеосинтез эластичными тенами. На контрольной рентгенограмме положение отломков удовлетворительное. Через 12 месяцев полная консолидация в зоне перелома (рис. 2).



Рис. 2. Пример лечения винтообразного диафизарного перелома у пациента 10 лет, рентгенограммы: *a* — перелом с выраженным смещением; *b* — иммобилизация гипсовой повязкой, отсутствие коррекции смещения; *c* — выполнение интрамедуллярного эластичного армирования; *d* — через 12 месяцев после операции.

Fig. 2. An example of treatment of a helical diaphyseal fracture in a 10-year-old patient, radiographs: *a* — fracture with pronounced displacement; *b* — immobilization with a plaster cast, no correction of displacement; *c* — performing intramedullary elastic reinforcement; *d* — 12 months after surgery.

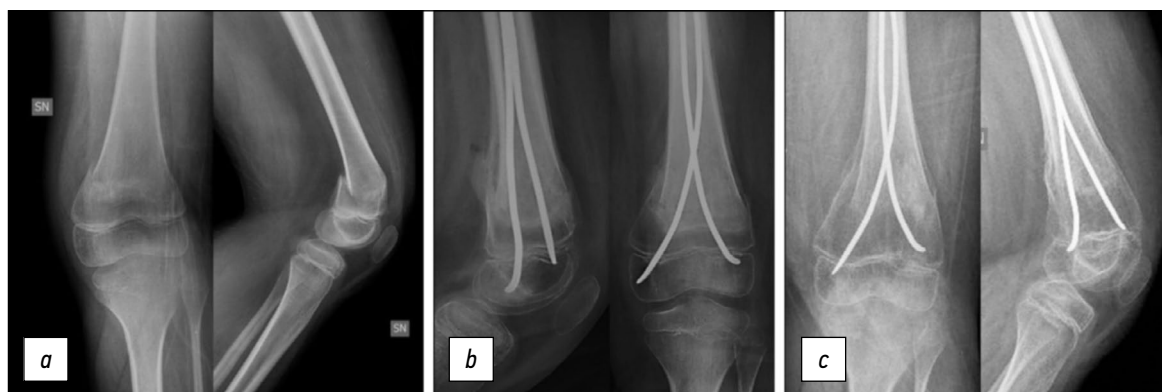


Рис. 3. Пациент А., 11 лет. Закрытый надмыщелковый перелом бедренной кости, рентгенограммы бедра: *a* — перелом; *b* — 4 недели после операции, стержни введены антеградно до дистального эпифиза; *c* — через полтора года после операции: видно возобновление роста кости, ремоделирование костной мозоли.

Fig. 3. Patient A., 11 years old. Closed supracondylar fracture of the femur, radiographs of the femur: *a* — fracture; *b* — 4 weeks after surgery, rods were inserted antegrade to the distal epiphysis; *c* — one and a half years after surgery: resumption of bone growth and callus remodeling are visible.

Пример 3

Ребёнок, 11 лет, ДЦП, IV уровень по GMFCS. Эпилепсии в анамнезе нет. Во время ЛФК произошёл перелом дистального отдела бедренной кости с выраженным угловым смещением. Учитывая высокие риски формирования сгибательной контрактуры, выполнено оперативное лечение: закрытая репозиция перелома, остеосинтез эластичными титановыми стержнями. Гипсовая иммобилизация на 3 недели с последующим удалением и началом разработки. Через 18 месяцев видны полная перестройка зоны перелома и сохранение оси конечности (рис. 3).

Пример 4

Ребёнок, 8 лет, IV уровень по GMFCS, оперирована по поводу вывиха правого тазобедренного сустава. Индекс массы тела варьировал от 16,8 кг/м². Ремиссия по эпилепсии 2,5 года. Терапию отменили. Во время вертикализации ребёнок упал на пол с небольшой высоты.

На рентгенограмме перелом бедренной кости на границе накостной пластины. Учитывая нестабильное положение отломков, неполную консолидацию в области остеотомии, нами был предложен оригинальный способ остеосинтеза: дистальный винт удалён, ретроградно выполнен остеосинтез эластичными титановыми стержнями до проксимального винта, концы стержней были ориентированы для поддержания оси бедра. Иммобилизация гипсовой повязкой на 4 недели позволила достичь консолидации и сращения перелома без потери коррекции (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Лечение переломов у детей, страдающих спастическим параличом, является проблемой, требующей комплексного лечения. Кроме точной репозиции, остеосинтеза погружными титановыми эластичными стержнями, в ряде случаев требуется одномоментное выполнение

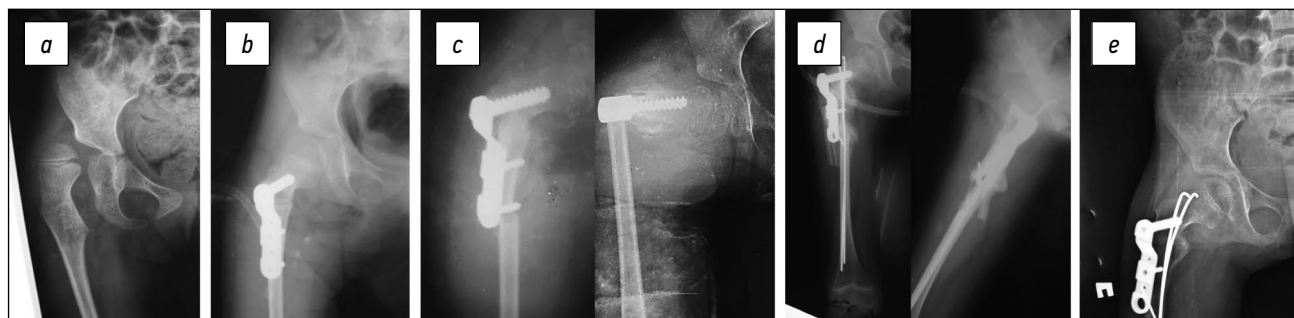


Рис. 4. Перелом на границе накостной пластины у девочки 8 лет, рентгенограммы: *a* — перед реконструктивной операцией; *b* — после деротационно-варизирующей остеотомии; *c* — перелом бедра через 8 месяцев после операции; *d* — введение эластичных стержней для репозиции и фиксации перелома; *e* — через 1 год: костное сращение и ремоделирование, результат реконструктивного вмешательства также сохраняется.

Fig. 4. Fracture at the border of the bone plate in an 8-year-old girl, radiographs: *a* — before reconstructive surgery; *b* — after derotational-varisizing osteotomy; *c* — hip fracture 8 months after surgery; *d* — insertion of elastic rods for repositioning and fixation of the fracture; *e* — after 1 year: bone fusion and remodeling, the result of reconstructive intervention is also preserved.

миопластики для возможности правильной репозиции и снижения тракционных мышечных усилий. При уровнях нарушений глобальных моторных функций I–III по GMFCS частота встречаемости и локализация переломов не отличаются от таковых у здоровых сверстников, при этом характерны переломы верхней конечности [1, 9]. Отмечено, что с возрастом в группе детей, способных к самостоятельному передвижению, частота переломов данной локализации снижается [2].

Совершенно по-иному выглядит ситуация для детей с уровнями нарушения IV–V по GMFCS, которые и являются объектами данного исследования. Риски переломов возрастают в 2,9–5,6 раза, особенно в периоды интенсивного роста, критичные для формирования скелета [17], в сравнении со здоровой популяцией. Уровни IV–V являются факторами, значительно повышающими риски переломов, в сравнении с уровнями I–III по GMFCS [9].

Linton с соавт. [1] приводят отношение рисков перелома 1,29 для детей с уровнем IV и 1,89 с уровнем V по сравнению с детьми с уровнем I по GMFCS.

Повышение частоты переломов у детей с тяжёлыми формами ДЦП объясняется остеопенией, когда средняя Z-оценка может опускаться до $-3,45$ [11, 18]. Silva с соавт. [5] наблюдали остеопению у 86% детей данной категории, у которых произошёл перелом.

Общепризнано, что наиболее часто при тяжёлых формах ДЦП у детей происходят переломы бедра — надмыщелковые или винтообразные диафизарные [1, 4, 5, 9]. В публикации Kannikeswaran с соавт. [3] отмечено, что среди переломов в данной популяции 2/3 приходится на нижние конечности и среди них 44% составляют переломы дистального отдела бедренной кости. Whitney с соавт. [17] не отмечают доминирующего влияния возраста ребёнка на встречаемость переломов при тяжёлых формах ДЦП. Такие переломы в 67–99% случаев являются результатом низкоэнергетической травмы [1, 3, 4]. Обстоятельствами травмы являются падение ребёнка или только конечности в момент перемещения из кровати на кресло-каталку или наоборот, пассивный разворот туловища при фиксированной конечности, в ряде случаев (вплоть до 48%) механизм травмы остаётся неясным [1, 5].

Важными моментами, предрасполагающими к увеличению риска переломов, являются эпилепсия и приём противосудорожных препаратов [1, 9]. Наличие у ребёнка с IV–V уровнем двигательных расстройств эпилепсии увеличивает частоту наступления переломов в 7 раз [1]. При этом наблюдаются два возрастных периода повышения травматизма — до 2 и после 8 лет.

Пациенты, которые вошли в наше исследование, соответствуют группе риска по переломам: уровень IV–V по GMFCS, эпилепсия как коморбидное состояние, низкоэнергетическое воздействие, приведшее к перелому с типичной локализацией.

Среди методов лечения преимущество отдаётся оперативным методам. Persiani с соавт. [4] указывают

на приоритет оперативного лечения с точки зрения предотвращения несращений и ложных суставов при переломах дистального отдела бедра, скорейшего восстановления функциональных (пассивных и активных) возможностей ребёнка, предотвращения пролежней. Ранняя активизация пациента важна и для предотвращения соматических осложнений [20]. Тем не менее Silva с соавт. [5] высказываются о показаниях к консервативному лечению надмыщелковых переломов и оперативному — диафизарных. Особенностью остеосинтеза при переломах у детей с тяжёлыми неврологическими состояниями, миопатиями является применение титановых эластичных стержней, удаление которых не программируется, и они служат армированием кости, predisposed к повторным переломам, и в отдалённом периоде [15, 16].

Наша небольшая серия позволила выявить и подтвердить несовершенство гипсовой повязки при лечении винтообразных диафизарных переломов бедра. Методы стабилизации положения интрамедуллярным армированием позволили достичь требуемой фиксации костных фрагментов при коротком периоде дополнительной гипсовой иммобилизации. Тем не менее положительный исход лечения надмыщелковых переломов консервативными методами может быть достигнут при условии обеспечения профилактики пролежней и осложнений, связанных с длительным периодом ношения гипсовой повязки.

Отдельным типом перелома бедра является перелом после ранее выполненной реконструктивной операции, когда происходит концентрация механических стрессовых усилий на границе с пластиной вследствие значительной разницы коэффициентов эластичности костной ткани и металла [7, 8]. Об актуальности проблемы свидетельствуют данные Silva с соавт. [5] о том, что среди всех переломов бедра у детей с тяжёлыми формами ДЦП переломы при наличии пластины составляют до 25%.

Во всех этих случаях рекомендуется выполнение оперативного лечения, заключающегося в удалении ранее наложенной пластины и выполнении нового остеосинтеза [5, 7, 8]. Наш подход подразумевает более щадящее решение проблемы с меньшей операционной травматизацией и выполнением армирования кости на её протяжении для профилактики повторных переломов или как минимум предотвращения значимого смещения костных фрагментов при повторных переломах.

В конце обсуждения уделим немного внимания способам профилактики переломов бедра у детей с ДЦП IV–V уровней по GMFCS.

Повышению минеральной плотности скелета, снижению остеопении у детей с тяжёлыми формами ДЦП способствует назначение бисфосфонатов. Granild-Jensen с соавт. сообщают о повышении до 0,8 SD Z-оценки при применении золендроновой кислоты в сравнении с группой плацебо [11]. Метаанализ литературы демонстрирует,

что подобный эффект наблюдали многие исследователи [21]. Однако публикации о непосредственном влиянии повышения минеральной плотности кости на снижение частоты переломов у детей с ДЦП IV–V уровней по GMFCS отсутствуют.

Осевая нагрузка, пассивная вертикализация, активизация пациентов благоприятно влияют на повышение минеральной плотности костной ткани [22], в том числе в послеоперационном периоде, снижая частоту переломов, в то время как длительная иммобилизация без ранней осевой нагрузки повышает частоту патологических переломов на фоне вторичной остеопении в послеоперационном периоде до 10–29% [23, 24]. Ранняя вертикализация и мобилизация позволяют снизить частоту таких осложнений до 0,67–4% [25, 26]. В нашем собственном исследовании, когда пациентам производили реконструкции тазобедренных суставов в рамках многоуровневых вмешательств, сочетающихся с ранней мобилизацией и вертикализацией, данное осложнение составило 4,1% [27].

Мнения о профилактическом плановом удалении пластин после деротационно-варизирующих остеотомий противоречивы. Silva с соавт. объясняют необходимость удаления пластин профилактикой переломов бедра на границе с имплантатом [5]. С другой стороны, исследования Tgiong с соавт. [7] показали отсутствие значимых различий исходов между группой пациентов, которым пластины удаляли планово, и группой удаления пластин при наступлении осложнений, что поддерживает мнение об отсутствии необходимости планового удаления пластин. Статистические расчёты на основе их исследования продемонстрировали, что при удалении пластин лишь в одном из 25 случаев предотвращается потенциальное осложнение, связанное с имплантатами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Факторами, предрасполагающими к переломам, у детей с ДЦП являются остеопения, уровень нарушения глобальных моторных функций IV–V по GMFCS, эпилепсия, приём противоэpileптических препаратов.

Оперативное лечение является предпочтительным, обеспечивая достаточную стабилизацию перелома, снижение времени гипсовой иммобилизации и вероятность связанных с ней рисков, предотвращение замедленной консолидации и несращений.

Эластичное интрамедуллярное армирование, используемое при лечении переломов на фоне остеопении, является методом профилактики повтора переломов

в отдалённом периоде либо предотвращения значимого смещения отломков. Основные требования к остеосинтезу следующие:

- титановый сплав для возможности проведения МРТ-исследования;
- внутрикостное проведение, что исключает необходимость повторного оперативного вмешательства для удаления и создаёт эффект армирования кости.

Ранняя вертикализация и мобилизация пациентов после реконструктивных операций на тазобедренном суставе снижают риски переломов, связанных с имплантатами. В случае же наступления таких переломов предложенный нами способ оперативного вмешательства с применением эластичного армирования позволяет добиться репозиции и фиксации костных фрагментов, а также уменьшает тяжесть операции, исключая удаление/замену накостного имплантата.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

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

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Linton G., Häggglund G., Czuba T., Alriksson-Schmidt A.I. Epidemiology of fractures in children with cerebral palsy: a Swedish

population-based registry study // BMC Musculoskelet Disord. 2022. Vol. 23, № 1. P. 862. doi: 10.1186/s12891-022-05813-9

2. Whitney D.G. 5-year fracture risk among children with cerebral palsy // *Pediatr Res.* 2023. Vol. 93, № 4. P. 996–1002. doi: 10.1038/s41390-022-02207-4
3. Kannikeswaran S., French Z.P., Walsh K., Swallow J., Caird M.S., Whitney D.G. Fracture characteristics by age, sex, and ambulatory status among individuals with cerebral palsy: a descriptive study // *Disabil Rehabil.* 2022. Vol. 44, № 17. P. 4806–4812. doi: 10.1080/09638288.2021.1921860
4. Persiani P., Murgia M., Ranaldi F.M., Mazza O., Mariani M., Crostelli M., Villani C. The treatment of femoral fractures in children with cerebral palsy // *Clin Ter.* 2018. Vol. 169, № 1. P. e18–e22. doi: 10.7417/T.2018.2049
5. Silva L.C.A., Asma A., Ulusaloglu A.C., Rogers K.J., Bowen J.R., Howard J.J., Shrader M.W., Miller F. Closed displaced femur fractures in children with nonambulatory cerebral palsy // *J Pediatr Orthop B.* 2022. Vol. 32, № 5. P. 452–460. doi: 10.1097/BPB.0000000000001048
6. Gray B., Hsu J.D., Furumasu J. Fractures caused by falling from a wheelchair in patients with neuromuscular disease // *Dev Med Child Neurol.* 1992. Vol. 34, № 7. P. 589–92. doi: 10.1111/j.1469-8749.1992.tb11489.x
7. Truong W.H., Novotny S.A., Novacheck T.F., Shin E.J., Howard A., Narayanan U.G. Should Proximal Femoral Implants be Removed Prophylactically or Reactively in Children With Cerebral Palsy? // *J Pediatr Orthop.* 2019. Vol. 39, № 8. P. e629–e635. doi: 10.1097/BPO.0000000000001082
8. Chung M.K., Kwon S.S., Cho B.C., Lee G.W., Kim J., Moon S.J., Lee J.W., Chung C.Y., Sung K.H., Lee K.M., Park M.S. Incidence and risk factors of hardware-related complications after proximal femoral osteotomy in children and adolescents // *J Pediatr Orthop B.* 2018. Vol. 27, № 3. P. 264–270. doi: 10.1097/BPB.0000000000000448
9. Granild-Jensen J.B., Pedersen A.B., Kristiansen E.B., Langdahl B., Møller-Madsen B., Søndergaard C., Farholt S., Vestergaard E.T., Rackauskaite G. Fracture Rates in Children with Cerebral Palsy: A Danish, Nationwide Register-Based Study // *Clin Epidemiol.* 2022. Vol. 14. P. 1405–1414. doi: 10.2147/CLEP.S381343
10. Henderson R.C., Berglund L.M., May R., Zemel B.S., Grossberg R.I., Johnson J., Plotkin H., Stevenson R.D., Szalay E., Wong B., Kecskemethy H.H., Harcke H.T. The relationship between fractures and DXA measures of BMD in the distal femur of children and adolescents with cerebral palsy or muscular dystrophy // *J Bone Miner Res.* 2010. Vol. 25, № 3. P. 520–6. doi: 10.1359/jbmr.091007
11. Granild-Jensen J.B., Møller-Madsen B., Rackauskaite G., Farholt S., Søndergaard C., Sørensen T.H., Vestergaard E.T., Langdahl B.L. Zoledronate increases bone mineral density in non-ambulant children with cerebral palsy: A randomized, controlled trial // *J Clin Endocrinol Metab.* 2023. Vol. 108, № 11. P. 2840–2851. doi: 10.1210/clinem/dgad299
12. Vestergaard P. Epilepsy, osteoporosis and fracture risk — a meta-analysis // *Acta Neurol Scand.* 2005. Vol. 112, № 5. P. 277–86. doi: 10.1111/j.1600-0404.2005.00474.x
13. Presedo A., Dabney K.W., Miller F. Fractures in patients with cerebral palsy // *J Pediatr Orthop.* 2007. Vol. 27, № 2. P. 147–153. doi: 10.1097/BPO.0b013e3180317403
14. Granata C., Giannini S., Villa D., Bonfiglioli Stagni S., Merlini L. Fractures in myopathies // *Chir Organi Mov.* 1991. Vol. 76, № 1. P. 39–45.
15. Huber H., André G., Rumeau F., Journeau P., Haumont T., Lascombes P. Flexible intramedullary nailing for distal femoral fractures in patients with myopathies // *J Child Orthop.* 2012. Vol. 6, № 2. P. 119–23. doi: 10.1007/s11832-012-0399-x
16. Lascombes P. Flexible intramedullary nailing in children: the Nancy University manual. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010.
17. Whitney D.G., Hurvitz E.A., Caird M.S. Critical periods of bone health across the lifespan for individuals with cerebral palsy: Informing clinical guidelines for fracture prevention and monitoring // *Bone.* 2021. Vol. 150. P. 116009. doi: 10.1016/j.bone.2021.116009
18. Paksu M.S., Vurucu S., Karaoglu A., et al. Osteopenia in children with cerebral palsy can be treated with oral alendronate // *Childs Nerv Syst.* 2012. Vol. 28, № 2. P. 283–286. doi: 10.1007/s00381-011-1576-9
19. Sees J.P., Sitoula P., Dabney K., et al. Pamidronate treatment to prevent reoccurring fractures in children with cerebral palsy // *J Pediatr Orthop.* 2016. Vol. 36, № 2. P. 193–197. doi: 10.1097/BPO.0000000000000421
20. Whitney D.G., Xu T., Berri M. Post-fracture pneumonia risk and association with health and survival outcomes for adults with cerebral palsy: A retrospective cohort study // *Bone.* 2022. Vol. 159. P. 116390. doi: 10.1016/j.bone.2022.116390
21. Granild-Jensen J.B., Pedersen L.K., Langdahl B., Starup-Linde J., Rackauskaite G., Farholt S., Søndergaard C., Vestergaard E.T., Møller-Madsen B. Cerebral palsy and bisphosphonates — and what can be learned from other types of secondary osteoporosis in children: A scoping review // *Acta Paediatr.* 2023. Vol. 112, № 4. P. 617–629. doi: 10.1111/apa.16671
22. Barbier V., Goëb V., Klein C., Fritot S., Mentaverri R., Sobhy Danial J., Fardellone P., Le Monnier L. Effect of standing frames used in real life on bone remodeling in non-walking children with cerebral palsy // *Osteoporos Int.* 2022. Vol. 33, № 9. P. 2019–2025. doi: 10.1007/s00198-022-06436-5
23. Sturm P.F., Alman B.A., Christie B.L. Femur fractures in institutionalized patients after hip spica immobilization // *J Pediatr Orthop.* 1993. Vol. 13, № 2. P. 246–248.
24. Mubarak S.J., Valencia F.G., Wenger D.R. One-stage correction of the spastic dislocated hip. Use of pericapsular acetabuloplasty to improve coverage // *J Bone Joint Surg Am.* 1992. Vol. 74, № 9. P. 1347–1357.
25. Miller F., Girardi H., Lipton G., et al. Reconstruction of the dysplastic spastic hip with peri-ilial pelvic and femoral osteotomy followed by immediate mobilization // *J Pediatr Orthop.* 1997. Vol. 17, № 5. P. 592–602. doi: 10.1097/00004694-199709000-00005
26. Amen J., Perkins O., Kafchitsas K., Reed D., Norman-Taylor F., Kokkinakis M. Bony hip reconstruction for displaced hips in patients with cerebral palsy: Is postoperative immobilization indicated? // *J Child Orthop.* 2023. Vol. 17, № 3. P. 268–275. doi: 10.1177/18632521231164983
27. Попков Д.А., Чибиров Г.М., Томов А.Д. Реконструктивные вмешательства при вывихе бедра у детей с церебральным параличом // *Гений ортопедии.* 2021. Т. 27, № 4. С. 481–486. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-4-481-486

REFERENCES

1. Linton G, Hägglund G, Czuba T, Aliksson-Schmidt AI. Epidemiology of fractures in children with cerebral palsy: a Swedish population-based registry study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):862. doi: 10.1186/s12891-022-05813-9
2. Whitney DG. 5-year fracture risk among children with cerebral palsy. *Pediatr Res*. 2023;93(4):996–1002. doi: 10.1038/s41390-022-02207-4
3. Kannikeswaran S, French ZP, Walsh K, Swallow J, Caird MS, Whitney DG. Fracture characteristics by age, sex, and ambulatory status among individuals with cerebral palsy: a descriptive study. *Disabil Rehabil*. 2022;44(17):4806–4812. doi: 10.1080/09638288.2021.1921860
4. Persiani P, Murgia M, Ranaldi FM, Mazza O, Mariani M, Crostelli M, Villani C. The treatment of femoral fractures in children with cerebral palsy. *Clin Ter*. 2018;169(1):e18–e22. doi: 10.7417/T.2018.2049
5. Silva LCA, Asma A, Ulusaloglu AC, Rogers KJ, Bowen JR, Howard JJ, Shrader MW, Miller F. Closed displaced femur fractures in children with nonambulatory cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B*. 2022;32(5):452–460. doi: 10.1097/BPB.0000000000001048
6. Gray B, Hsu JD, Furumasa J. Fractures caused by falling from a wheelchair in patients with neuromuscular disease. *Dev Med Child Neurol*. 1992;34(7):589–92. doi: 10.1111/j.1469-8749.1992.tb11489.x
7. Truong WH, Novotny SA, Novacheck TF, Shin EJ, Howard A, Narayanan UG. Should Proximal Femoral Implants be Removed Prophylactically or Reactively in Children With Cerebral Palsy? *J Pediatr Orthop*. 2019;39(8):e629–e635. doi: 10.1097/BPO.0000000000001082
8. Chung MK, Kwon SS, Cho BC, Lee GW, Kim J, Moon SJ, Lee JW, Chung CY, Sung KH, Lee KM, Park MS. Incidence and risk factors of hardware-related complications after proximal femoral osteotomy in children and adolescents. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(3):264–270. doi: 10.1097/BPB.0000000000000448
9. Granild-Jensen JB, Pedersen AB, Kristiansen EB, Langdahl B, Møller-Madsen B, Søndergaard C, Farholt S, Vestergaard ET, Rackauskaite G. Fracture Rates in Children with Cerebral Palsy: A Danish, Nationwide Register-Based Study. *Clin Epidemiol*. 2022;14:1405–1414. doi: 10.2147/CLEP.S381343
10. Henderson RC, Berglund LM, May R, Zemel BS, Grossberg RI, Johnson J, Plotkin H, Stevenson RD, Szalay E, Wong B, Kecskemethy HH, Harcke HT. The relationship between fractures and DXA measures of BMD in the distal femur of children and adolescents with cerebral palsy or muscular dystrophy. *J Bone Miner Res*. 2010;25(3):520–6. doi: 10.1359/jbmr.091007
11. Granild-Jensen JB, Møller-Madsen B, Rackauskaite G, Farholt S, Søndergaard C, Sørensen TH, Vestergaard ET, Langdahl BL. Zoledronate increases bone mineral density in non-ambulant children with cerebral palsy: A randomized, controlled trial. *J Clin Endocrinol Metab*. 2023;108(11):2840–2851. doi: 10.1210/clinem/dgad299
12. Vestergaard P. Epilepsy, osteoporosis and fracture risk — a meta-analysis. *Acta Neurol Scand*. 2005;112(5):277–86. doi: 10.1111/j.1600-0404.2005.00474.x
13. Presedo A, Dabney KW, Miller F. Fractures in patients with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(2):147–153. doi: 10.1097/BPO.0b013e3180317403
14. Granata C, Giannini S, Villa D, Bonfiglioli Stagni S, Merlini L. Fractures in myopathies. *Chir Organi Mov*. 1991;76(1):39–45.
15. Huber H, André G, Rumeau F, Journeau P, Haumont T, Lascombes P. Flexible intramedullary nailing for distal femoral fractures in patients with myopathies. *J Child Orthop*. 2012;6(2):119–23. doi: 10.1007/s11832-012-0399-x
16. Lascombes P. *Flexible intramedullary nailing in children: the Nancy University manual*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2010.
17. Whitney DG, Hurvitz EA, Caird MS. Critical periods of bone health across the lifespan for individuals with cerebral palsy: Informing clinical guidelines for fracture prevention and monitoring. *Bone*. 2021;150:116009. doi: 10.1016/j.bone.2021.116009
18. Paksu MS, Vurucu S, Karaoglu A, et al. Osteopenia in children with cerebral palsy can be treated with oral alendronate. *Childs Nerv Syst*. 2012;28(2):283–286. doi: 10.1007/s00381-011-1576-9
19. Sees JP, Sitoula P, Dabney K, et al. Pamidronate treatment to prevent reoccurring fractures in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(2):193–197. doi: 10.1097/BPO.0000000000000421
20. Whitney DG, Xu T, Berri M. Post-fracture pneumonia risk and association with health and survival outcomes for adults with cerebral palsy: A retrospective cohort study. *Bone*. 2022;159:116390. doi: 10.1016/j.bone.2022.116390
21. Granild-Jensen JB, Pedersen LK, Langdahl B, Starup-Linde J, Rackauskaite G, Farholt S, Søndergaard C, Vestergaard ET, Møller-Madsen B. Cerebral palsy and bisphosphonates — and what can be learned from other types of secondary osteoporosis in children: A scoping review. *Acta Paediatr*. 2023;112(4):617–629. doi: 10.1111/apa.16671
22. Barbier V, Goëb V, Klein C, Fritot S, Mentaverri R, Sobhy Danial J, Fardellone P, Le Monnier L. Effect of standing frames used in real life on bone remodeling in non-walking children with cerebral palsy. *Osteoporos Int*. 2022;33(9):2019–2025. doi: 10.1007/s00198-022-06436-5
23. Sturm PF, Alman BA, Christie BL. Femur fractures in institutionalized patients after hip spica immobilization. *J Pediatr Orthop*. 1993;13(2): 246–248.
24. Mubarak SJ, Valencia FG, Wenger DR. One-stage correction of the spastic dislocated hip. Use of pericapsular acetabuloplasty to improve coverage. *J Bone Joint Surg Am*. 1992;74(9):1347–1357.
25. Miller F, Girardi H, Lipton G, et al. Reconstruction of the dysplastic spastic hip with peri-ilial pelvic and femoral osteotomy followed by immediate mobilization. *J Pediatr Orthop*. 1997;17(5):592–602. doi: 10.1097/00004694-199709000-00005
26. Amen J, Perkins O, Kafchitsas K, Reed D, Norman-Taylor F, Kokkinakis M. Bony hip reconstruction for displaced hips in patients with cerebral palsy: Is postoperative immobilization indicated? *J Child Orthop*. 2023;17(3):268–275. doi: 10.1177/18632521231164983
27. Popkov DA, Chibirov GM, Tomov AD. Reconstructive interventions for hip dislocation in children with cerebral palsy. *Genij ortopedii*. 2021;27(4):481–486. (In Russ). doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-4-481-486

ОБ АВТОРАХ

*** Томов Ахмед Даутович**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10;
ORCID: 0009-0001-2981-7722;
eLibrary SPIN: 2949-6153;
e-mail: doc0645@mail.ru

Габидуллина Лилия Фанировна;
e-mail: liliafg20rabota@gmail.co

Шляпникова Наталья Станиславовна;
e-mail: n.s.shlyapnikova@mail.ru

Хачубаров Хас-Магомед Хасиевич;
e-mail: xasik.06@mail.ru

Попков Дмитрий Арнольдович, д-р мед. наук, профессор РАН;
ORCID: 0000-0002-8996-867X;
eLibrary SPIN: 6387-0545;
e-mail: dpopkov@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Akhmed D. Tomov**, MD, Cand. Sci. (Med.);
address: 10 Priorova str., 127299, Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0001-2981-7722;
eLibrary SPIN: 2949-6153;
e-mail: doc0645@mail.ru

Lilia F. Gabidullina;
e-mail: liliafg20rabota@gmail.co

Natalya S. Shlyapnikova;
e-mail: n.s.shlyapnikova@mail.ru

Has-Magomed H. Hachubarov;
e-mail: xasik.06@mail.ru

Dmitriy A. Popkov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor of the RAS;
ORCID: 0000-0002-8996-867X;
eLibrary SPIN: 6387-0545;
e-mail: dpopkov@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611164>

Клинический случай хордомы крестца и копчика, имеющей массивный внутритазовый компонент (хирургическое лечение с кратким обзором литературы)

А.Г. Назаренко¹, В.Ю. Карпенко¹, А.Ф. Колондаев¹, Н.А. Любезнов¹, Г.Н. Берченко¹,
И.Н. Карпов¹, М.В. Алексеев², А.М. Кузьминов², Ю.В. Алимова², А.Л. Карасёв¹, К.А. Антонов¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;

² Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Хордома — редкая злокачественная опухоль, развивающаяся из остатков нотохорды и в абсолютном большинстве случаев локализуемая в осевом скелете. Локализация в области крестца, копчика и таза является одной из наиболее частых, для неё характерно поначалу бессимптомное длительное течение, затрудняющее раннюю диагностику. Радикальное хирургическое лечение — ведущий фактор, позволяющий продлить безрецидивную и общую выживаемость пациентов с хордомой, однако оно нередко бывает затруднено как сложной анатомической локализацией опухоли, так и запоздалым обращением к врачу, часто сопровождается последующим развитием неврологических осложнений, а у пожилых пациентов с высокой коморбидностью не всегда осуществимо.

Описание клинического случая. Представлен клинический случай радикального хирургического лечения пациента с хордомой S4–5 позвонков и копчика, имеющей массивный внутритазовый компонент. Клинические проявления заболевания в виде болевого синдрома и нарушения функции тазовых органов развились лишь при достижении опухолью больших размеров, с формированием массивного внутритазового компонента размером до 20 см. Проведённое обследование, включавшее компьютерную и магнитно-резонансную томографию, трепан-биопсию с патоморфологическим исследованием, позволило установить диагноз. С учётом размеров и локализации опухоли мультидисциплинарной бригадой выполнено радикальное хирургическое вмешательство в объёме резекции крестца на уровне S3, кокцигэктомии с удалением опухоли. Морфологическое исследование удалённой опухоли подтвердило диагноз. В раннем послеоперационном периоде рана зажила первичным натяжением, отмечено развитие нарушения функции тазовых органов, которое к выписке частично регрессировало.

В статье представлен краткий обзор современного состояния проблем диагностики и лечения пациентов с хордомой.

Заключение. Диагностика и лечение хордом крестца являются одной из самых сложных проблем онкоортопедии. Полноценное предоперационное обследование и мультидисциплинарный подход дали возможность выполнить радикальное хирургическое вмешательство, снизить риски рецидива, осложнений интра- и послеоперационного периода, максимально сохранить качество жизни пациента в представленном клиническом наблюдении.

Ключевые слова: хордома; опухоли костей; опухоли крестца; хирургическое лечение.

Как цитировать:

Назаренко А.Г., Карпенко В.Ю., Колондаев А.Ф., Любезнов Н.А., Берченко Г.Н., Карпов И.Н., Алексеев М.В., Кузьминов А.М., Алимова Ю.В., Карасёв А.Л., Антонов К.А. Клинический случай хордомы крестца и копчика, имеющей массивный внутритазовый компонент (хирургическое лечение с кратким обзором литературы) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 467–480. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611164>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611164>

A clinical case of sacrum and coccyx chordoma having a massive intrapelvic component (surgical treatment with a brief review of the literature)

Anton G. Nazarenko¹, Vadim Y. Karpenko¹, Aleksandr F. Kolondaev¹, Nikita A. Lyubeznov¹, Gennadiy N. Berchenko¹, Igor N. Karpov¹, Alexey V. Alekseev², Aleksandr M. Kuzminov², Yuliya V. Alimova², Anatoliy L. Karasev¹, Kirill A. Antonov¹

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

² Ryzhikh National Medical Research Centre for Coloproctology, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Chordoma is a rare malignant tumor that develops from the remnants of the notochord and is located in the axial skeleton in the absolute majority of cases. It is most often localized in the sacrum, coccyx and pelvis, and is characterized by an initially asymptomatic long time course, making early diagnosis difficult. Radical surgical treatment is the leading factor allowing to prolong the recurrence-free and overall survival of patients with chordoma, but it is often difficult due to complex anatomical localization of the tumor, as well as delayed medical treatment, frequently accompanied with the subsequent development of neurological complications, while in elderly patients with high comorbidity it is not always feasible.

CLINICAL CASE DESCRIPTION: We present a clinical case of radical surgical treatment of a patient with a S4-5 vertebral and coccyx chordoma showing a massive intrapelvic component. Clinical manifestations of the disease in the form of pain syndrome and pelvic organ dysfunction developed only when the tumor reached a larger size, forming a massive intrapelvic component up to 20 cm in size. The examination, including computer and magnetic resonance tomography, trepan biopsy with pathomorphologic examination, allowed to establish the diagnosis. Taking into account the size and localization of the tumor, the multidisciplinary team performed radical surgical intervention including sacral resection at the S3 level, coccygectomy with tumor removal. Morphological study of the removed tumor confirmed the diagnosis. In the early postoperative period, the wound healed by primary tension, the development of pelvic organs dysfunction was noted, which partially regressed by discharge. The article presents a brief review of the current problems of diagnosis and treatment of patients with chordoma.

CONCLUSION: Diagnosis and treatment of sacral chordoma is one of the most difficult problems of orthopedic oncology. A full preoperative examination and a multidisciplinary approach in this case made it possible to perform radical surgical intervention, reduce the risks of tumor progression, intra- and postoperative complications, and preserve the patient's quality of life as much as possible.

Keywords: chordoma; bone tumors; tumors of the sacrum; surgical resection.

To cite this article:

Nazarenko AG, Karpenko VY, Kolondaev AF, Lyubeznov NA, Berchenko GN, Karpov IN, Alekseev AV, Kuzminov AM, Alimova YV, Karasev AL, Antonov KA. A clinical case of sacrum and coccyx chordoma having a massive intrapelvic component (surgical treatment with a brief review of the literature). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):467–480. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611164>

BACKGROUND

Chordoma is a malignant notochordal tumor usually arising from extradurally located rudimentary remnants of the notochord, which was first described by Virchow in 1857 [1]. The notochord is a temporary axial skeleton of the embryo that ensures the development of the neural tube and spinal cord and subsequently regresses during the first year of life [2]. In most cases, a tumor typically affects the axial skeleton. Reports of extra-axial localizations are exceedingly rare [3].

Chordoma is a rare tumor, accounting for 3%–4% of primary malignant bone tumors in large studies [4, 5]. According to the SEER database, which covers approximately one-third of the US population, the prevalence is 0.08 cases per 100,000 people per year (0.1 for men and 0.06 for women). The involvement ratios of the skull base, mobile spine, and sacrum were generally similar. However, the skull base is more frequently affected in young people and women, whereas the sacrum is somewhat more frequently affected in older individuals [6, 7]. Based on the NCDB US National Tumor Database, which covers up to 70% of the population, chordomas were more frequently found in the skull base and sacrococcygeal region (38.4% and 37.3%, respectively) than in the mobile part of the spine (24.4%) [8]. The incidence of the disease in children and adolescents is low (<5%), and it gradually increases with age. The highest detection rate is 0.3 cases per 100,000 people for individuals aged 70–79 years, with a mean age of 58.5 years [6, 7]. The tumor is typically sporadic; however, rare familial forms with predominant involvement of the skull base, manifestation at a young age, and sometimes multiple localizations have been described [9].

Sacrococcygeal tumors are often asymptomatic for a long time, which can delay the referral of patients to a doctor because of the frequently blurred clinical manifestations. In some cases, the first symptoms are caused by the mechanical effect of a large tumor on the pelvic organs, resulting in urinary retention and constipation. Tumors spreading to the spinal foramen can cause compression of nerve roots, resulting in pain syndrome, paresis or plegia of the lower extremities, urinary incontinence, and bowel dysfunction [1, 10]. Therefore, primary care physicians should always be vigilant for oncological concerns.

Complete removal of a chordoma is challenging because of limited access to the tumor and its proximity to neural structures, vessels, and vital organs, and this difficulty explains the high risk of recurrence. In a retrospective analysis from 1980 to 2008, the 5- and 10-year overall survival rates were 78% and 54%, and the recurrence-free survival rates were 52% and 33%, respectively [11]. Recurrence significantly shortens the life expectancy of patients. After the first recurrence, the 5-year survival rate decreases to 50%, and after the second recurrence, it drops to 19%. Despite the distant metastasis rates of 14% and 28% at 5 and 10 years,

respectively, patients are more likely to die because of local complications [11].

Chordomas require a multidisciplinary approach to determine the scope and performance of surgical intervention, combined treatment, management of complications, and patient rehabilitation because of their localization, high risk of recurrence, and metastasis [1].

Ablative removal of sacral chordomas can significantly reduce the frequency of recurrences and metastases and increase the life expectancy of patients [12, 13]. However, surgical treatment is traumatic and often leads to postoperative complications, such as impaired functions of the pelvic and reproductive organs, sensory and motor disorders of the lower extremities, and trophic and infectious complications during the healing of the surgical wound. Often due to the neglect of the disease, radical surgical intervention is impossible. Thus, Ruggieri et al. reported that only palliative surgeries were performed in 46% of cases because of large tumor size and high comorbidity [14].

Chordoma treatment is challenging because of late diagnosis, anatomical complexity, and low sensitivity to radiation and drug therapy [1].

This report details the surgical treatment of a patient with a conventional sacral chordoma and a large soft tissue intrapelvic component.

CLINICAL CASE

In January 2023, a 36-year-old patient presented to the N.N. Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics with complaints of discomfort in the coccyx area and defecation disorders that manifested as either constipation or frequent defecation with a small amount of stool without any impurities. The patient also reported a single episode of acute urinary retention in December 2022.

The patient's examination revealed a deformation of the anterior abdominal wall and a symmetrical increase in abdominal size. The skin in the anterior abdominal wall, sacrum, and coccyx area was normal. The abdomen moved evenly during breathing and was painless upon superficial palpation. However, deep palpation was challenging because of the presence of additional pelvic and abdominal cavities. No symptoms of peritoneal irritation were observed. No pathological changes were observed in the perianal area. During rectal palpation, the patient did not feel pain, and the anus was tonic. However, a mass of dense elastic consistency was detected causing deformation and displacement of the rectum caudally. Palpation also revealed a dense, painful mass in the coccyx projection.

Magnetic resonance imaging (MRI) revealed destruction of the S4, S5, and coccygeal vertebrae with a large soft tissue tumor in the small pelvis and abdomen measuring 200×110×98 mm. The tumor appeared hyperintense in the T2 spectral attenuated inversion recovery mode (Fig. 1)

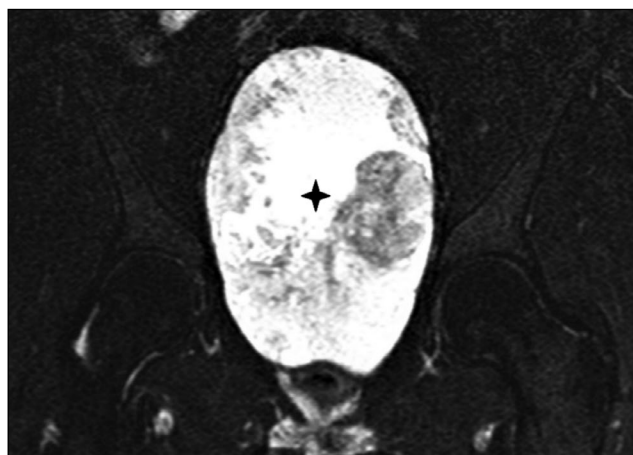


Fig. 1. T2 SPAIR coronal MRI showing a heterogeneously hyperintense tumor occupying a significant portion of the pelvic cavity (asterisk). Pronounced heterogeneity of the signal is due to areas of hemorrhage.

and hypointense in the T1 spectral presaturation with the inversion recovery mode (Fig. 2), causing displacement and deformation of pelvic organs, including the rectum, sigmoid colon, bladder, and ureters.

Computed tomography (CT) of the pelvis (Fig. 3) revealed a focus of lithic destruction in the S4, S5, and coccygeal vertebrae without clear contours. The destruction extended into the surrounding soft tissues and spread to the distal part of the sacral canal up to the level of the S4 vertebrae. A massive soft tissue component of the tumor, measuring up to 200 mm in length, was visualized on the anterior surface of the sacrum, reaching the level of the L5 vertebra. The

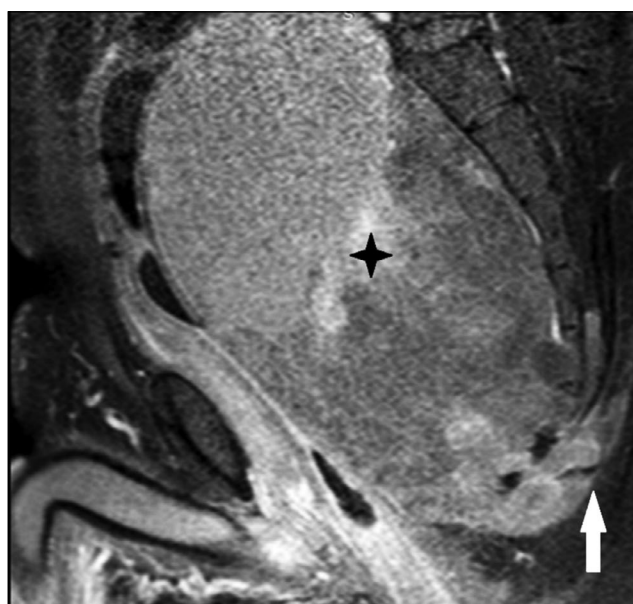


Fig. 2. MRI in T1 SPIR mode in the sagittal plane: a significant size, heterogeneously hypointense, with moderately hyperintense areas, the intrapelvic soft tissue component of the tumor (asterisk) is adjacent to the anterior surface of the sacrum, infiltrating muscle tissue in the posteroinferior direction (arrow).

tumor had clear contours on the side of the small pelvis and abdominal cavity, and it compressed and displaced the bladder and rectum. CT of the chest revealed no focal or infiltrative changes in the lungs.

The patient underwent a CT-guided trepan biopsy of the tumor. Histological examination of the material revealed that the tumor was a conventional chordoma of the sacrum. The tumor infiltrated adjacent soft tissues and destroyed the cortical plate. According to Enneking's staging system, this tumor is classified as stage IIB.

The medical case was reviewed by a team of specialists, including an orthopedic oncologist, chemotherapist, radiotherapist, coloproctologist, and urologist. Data obtained revealed a diagnosis of chordomas of the S4–S5 vertebrae and coccyx with T4aN0M0, and surgical treatment was recommended. The planned intervention was to remove the tumor by resecting the sacrum at the S3 level and performing a coccygectomy. During surgery, the need for rectal resection, sigmoidostomy, urostomy, or cystostomy was decided.

A surgical team with expertise in multiple disciplines performed tumor removal with sacral resection at the S3 level and coccygectomy.

Surgery

Under endotracheal anesthesia, anterior access was performed in the supine position. A lower midline laparotomy was then performed to mobilize the intestinal loops and ablatively mobilize the tumor from the surrounding tissues and the anterior surface of the proximal sacrum to the S3 level (Fig. 4). Provisor sutures were applied to the anterior abdominal wall, and the patient was then turned to the



Fig. 3. CT in the sagittal plane, there is a lytic focus of destruction of the C4, C5 and coccygeal vertebrae (arrow), a massive soft tissue component in the pelvic cavity, reaching the level of the L5 vertebra (asterisk).

face-down position for posterior midline access to the sacrum and coccyx (Fig. 5).

An electroligating instrument was used to cross the lumbar and large and middle gluteal muscles. A laminectomy was performed at the S3 vertebral level, and the dural sac was isolated. Two ligatures were applied below the S3 roots, and the cauda equina was tied and crossed between the ligatures. Bioclay was used to treat cauda equina and prevent liquorrhea. To gain access to the small pelvis, the ligaments and muscles were surgically removed from the coccyx. The rectum was then mobilized bluntly and acutely from the tumor along the anterior surface of the sacrum. By using a high-speed bur, the posterior elements at the S3 level were resected, and the anterior section was osteotomized at the same level using a chisel. The specimen was removed as a single block and sent for routine morphological examination (Figs. 6–8).

During wound revision, additional hemostasis was performed, and silicone drainage was installed through the intraperitoneum. The wound was sutured layer by layer, and sutures and staples were applied to the skin. The patient was then turned to the back, and the previously placed skin sutures were removed. A wound revision was performed, and no signs of bleeding or damage to the abdominal cavity or pelvic organs were detected. Finally, the wound on the anterior abdominal wall was sutured layer by layer with tubular drainage. Passive drainage was used for both drains during surgery, which lasted 215 min. The surgery resulted in blood loss of 700 mL and removal of a tumor weighing 1800 g. No complications were observed during the procedure, and the Cell Saver device was used.

A tumor and a fragment of the sacrum with soft tissues measuring 20 × 11 × 10 cm were sent to the pathology



Fig. 4. Anterior approach stage, colon exposure.

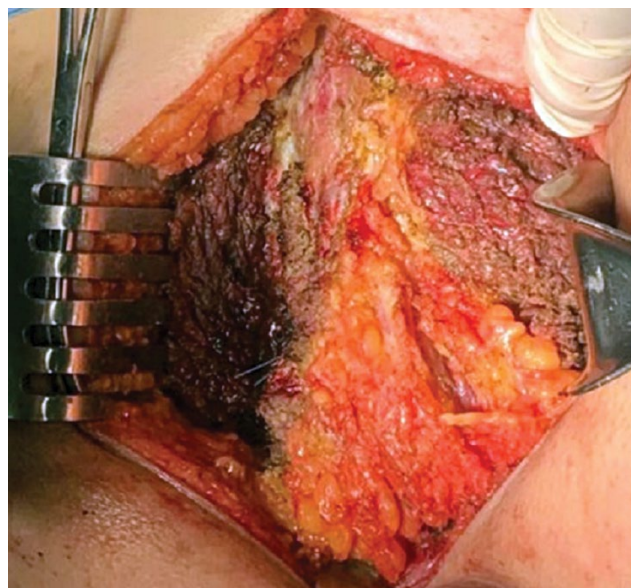


Fig. 5. Posterior approach to the sacrum and coccyx. A wide resection is performed within healthy soft tissues.

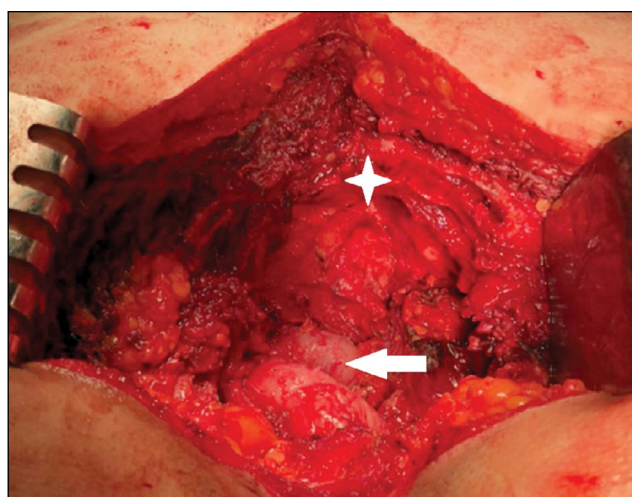


Fig. 6. Posterior view of the wound after tumor removal. The image visualizes the edge of the resection of the sacrum at the S3 level (asterisk), rectum (arrow).

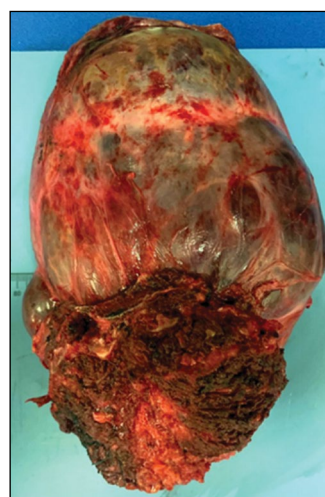


Fig. 7. Photograph of a gross specimen of a tumor removed en bloc with its covering tissues.

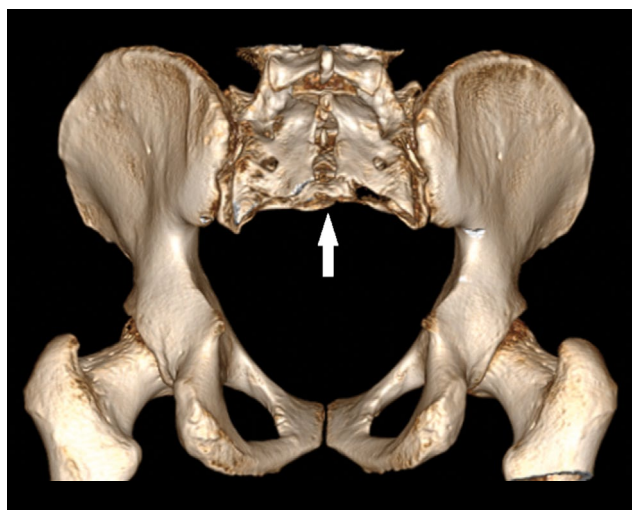


Fig. 8. Three-dimensional CT reconstruction after surgery, posterior view. Resection of the sacrum at the level of the S3 vertebra (arrow).

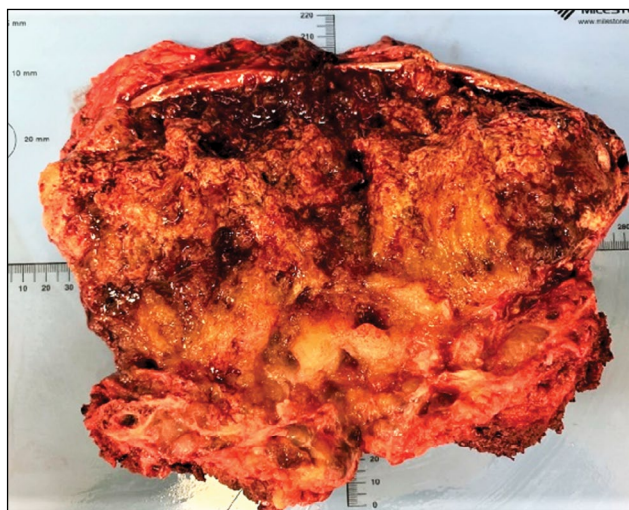


Fig. 9. Photograph of a macroscopic specimen: longitudinal section of a fragment of the sacrum and a tumor node growing from it. Numerous areas of hemorrhage are noteworthy.

department (Fig. 7). The tumor was a densely elastic lumpy nodule with a diameter of approximately 12.5 cm and was covered by a thin translucent capsule. Its content was red-blue and translucent. Along the edge, areas of bone density with several red dense fibers measuring 7.0×9.0 cm were defined. The node section presented multiple cystic cavities of varying sizes. Within these cavities, a dense mass with a lobular-grained appearance and a yellowish-pink liquid content (approximately 200 mL in volume) was observed. The surrounding soft tissue had varying textures, with rough areas of red-gray and yellowish-brown color. In some places, dirty yellow foci and hemorrhages injected by vessels were noted. The bone adjacent to the saw cut easily. Grayish shiny lobular soft tissue was present both inside and outside the bone during sawing (Fig. 9).

Histological examination of the surgical material revealed a solid neoplasm composed of strands or nests of epithelioid-type cells located in the mucoid intercellular matrix. The

pathologic tissue was divided into lobules of different configurations and sizes by connective tissue layers. The tumor cells had large, rounded nuclei with moderate atypia and prominent nucleoli. The cytoplasm was abundant and pale, with numerous cytoplasmic vacuoles, also known as physaliform cells (Fig. 10). In addition, epithelium-like cells with dense eosinophilic cytoplasm and weakly expressed vacuolization were found (Fig. 11). The cell population was predominantly mononuclear but also included binuclear and multinuclear cells, as well as cells with a ring-shaped vacuolized cytoplasm with the nucleus displaced to the cell membrane. Mitotic activity was low, and single atypical mitoses were detected. The tumor exhibited densely arranged syncytium-forming cells with a poorly expressed intercellular mucoid matrix in some areas, whereas other areas showed a predominance of the latter with only a few tumor cell islets. In addition, numerous necroses and hemorrhages were observed throughout the tumor.

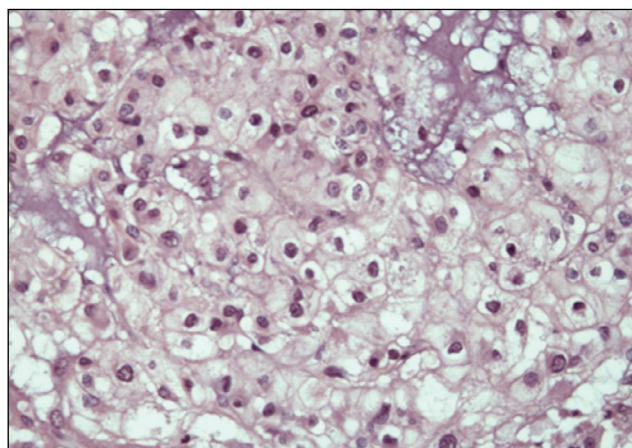


Fig. 10. Micrograph. Conventional chordoma with characteristic physaliform cells with pronounced vacuolization of the light cytoplasm. Hematoxylin and eosin staining. $\times 400$.

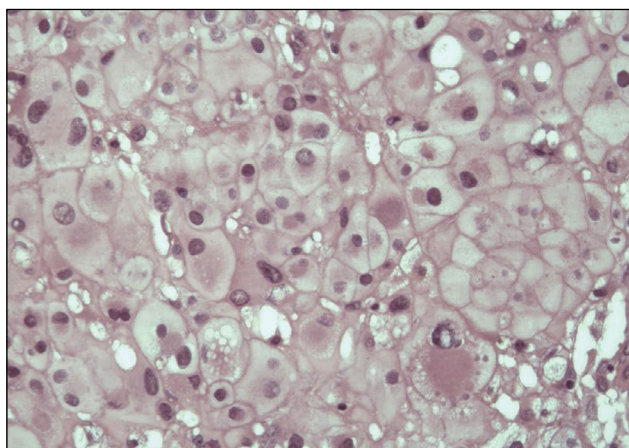


Fig. 11. Micrograph. Conventional chordoma. An area of densely packed epithelial-like cells with mild vacuolation and eosinophilic cytoplasm. Hematoxylin and eosin staining. $\times 400$.

Thus, the histological picture is consistent with that of a conventional chordoma. The pathomorphologist reported that the resection margin was free of tumor (R0), confirming the surgery's radicality.

Early postoperative period

The patient received antibiotic prophylaxis and prolonged antibiotic therapy, prophylaxis for thromboembolic complications, anesthesia, anti-inflammatory medication, gastroprotective therapy, enterosorbent therapy, stimulation of intestinal peristalsis, infusion therapy, and dressings. In addition, the patient received an infusion of blood auto components prepared during the outpatient stage. The wound on the anterior abdominal wall healed through primary tension on postoperative day 12. However, in the sacral area, the wound healed with marginal necrosis. The sutures were removed on postoperative day 20.

Although the S3 roots were isolated and preserved on both sides, the patient experienced neurological complications such as pelvic-organ dysfunction, specifically fecal and urinary incontinence. No neurological disorders were observed in the lower extremities, and no trophic disorders were found in the lower extremities or pelvis.

Upon discharge, the patient's neurological disorder had regressed. The patient began to partially retain urine and feces and experienced a bladder-filling sensation.

On postoperative day 5, the patient was mobilized and began to walk with additional support on crutches while wearing a hernia bandage. The drains were removed from the surgical site on postoperative day 6, and the urethral catheter was removed on postoperative day 10. Ultrasound examination did not detect any residual urine in the bladder after emptying.

The patient was discharged to continue rehabilitation and reconstructive treatment at the hospital. Permanent dynamic follow-up was planned with control examinations according to the oncologic protocol at both the patient's place of residence and our institute.

DISCUSSION

Chordoma, a primary tumor of the sacrum, accounts for approximately 25% of all lesions and 50% of malignant lesions [15]. It is the fourth most common primary malignant bone tumor, followed by osteosarcoma, chondrosarcoma, and Ewing's sarcoma [5]. The timely diagnosis of tumors can be difficult because of slow asymptomatic growth and the absence of early clinical symptoms. Delayed detection of a large tumor may hinder the provision of necessary medical care in regional medical institutions [16, 17].

Thus, based on our observations, the tumor developed asymptotically. Only after it had reached a significant size did the patient experience pronounced complaints that forced him to consult a doctor.

When a tumor in the sacrococcygeal region is suspected, radiation diagnostics require CT and MRI in addition to radiography.

In this case, CT and MRI clearly established the tumor boundaries and their relationship with the surrounding anatomical structures. This information determined the planned course of radical surgical intervention, which required a multidisciplinary team of surgeons.

Chordomas can be identified using CT. Scans may reveal a focus of lytic destruction of the sacral and coccygeal vertebrae spreading into soft tissues. The structure of the tumor margins may include small, partially resorbed bone fragments or, more commonly in the chondroid variant, calcinates. In myxomatous changes, areas of reduced density can be observed. On MR tomograms in T1-weighted images, the tumor has a hypointense signal, sometimes with hyperintense areas. In fat-suppressed modes, the hyperintense signal area exhibited hypointense septa and inclusions associated with hemorrhages, necrosis, partially lysed bony fragments, and calcination. The tumor is inhomogeneously contrasted on both CT and MRI [1].

Chordomas that are more intensively contrast-enhanced express genes responsible for tumor growth more actively, have a richer stroma morphologically, and tend to recur earlier clinically [18]. Therefore, contrast-enhanced tomographic examination has additional prognostic value and influences the evaluation of the volume of the surgical intervention.

Preoperative morphologic diagnosis is typically based on fine-needle or trephine biopsy. Open biopsy is avoided because of the increased recurrence risk [13]. In this study, the preoperative examination included a trephine biopsy under CT navigation.

Chordomas are classified into conventional (most common, with the chondroid chordoma subtype), dedifferentiated, and low-differentiated types [19].

Conventional chordomas are typically diagnosed in patients of varying ages; however, they are more frequently observed in men during the fourth to seventh decades of life. Morphologically, conventional chordomas exhibit a lobular structure that is divided into lobules by connective tissue septa. The cells are epithelioid, rounded, and contain eosinophilic cytoplasm, forming nests, layers, or chains. In this case, physaliform cells with the vesicular cytoplasm characteristic of chordomas were detected [4, 20]. However, classical physaliform cells may be relatively rare or absent in conventional chordomas [5]. The matrix is myxoid and may predominate over the cellular component. Nuclear atypism is moderate and mitoses are infrequent. Chondroid chordomas, which are more commonly found at the skull base, have a tumor composition that includes areas similar to the intercellular matrix of cartilaginous tumors. Other types of chordomas are much less common.

Low-differentiated chordomas are rare chordomas that typically occur during childhood and young adulthood. It is most commonly found at the skull base, less frequently in the cervical spine, and rarely in the sacrococcygeal region. The histological picture is characterized by the predominance of epithelioid cells with foci of rhabdoid morphology.

Physaliform cells, which are characteristic of conventional chordomas, are absent. If present, the myxoid stroma is usually focal [21].

Dedifferentiated chordomas, a rare type, are typically found in the sacrococcygeal region, similar to the conventional type. It is characterized by both conventional chordoma and highly malignant spindle and/or pleomorphic sarcoma [19, 22].

The differential diagnoses typically include chondrosarcoma, cancer metastasis, chordoid meningioma, and myoepithelial bone tumor. In cases of highly malignant variants of the tumor, differential diagnosis with dedifferentiated chondrosarcoma, malignant rhabdoid tumor, rhabdoid meningioma, and epithelioid sarcoma may be necessary. Immunohistochemical examination can help clarify the diagnosis. Specifically, brachyury, which is characteristic of any notochordal neoplasm, has recently been used. However, areas of chordoma dedifferentiation lose both the morphological picture typical of this tumor and positive reactions to cytokeratins, protein S-100, and brachyury. This can lead to diagnostic errors based on the results of fine-needle or trepan biopsy [19, 22].

The tumor's morphological, immunohistochemical, and genetic features may have a prognostic value. Studies have shown that the presence of necrotic areas in chordomas, higher mitotic activity, Ki-67 and P53 expression, and the combination of chromosome 22 deletion and *PBRM1* alterations are associated with reduced recurrence-free and overall survival rates [23, 24].

Unlike conventional chordomas, dedifferentiated chordomas tend to grow rapidly, reach large sizes, and have poorer treatment results and shorter survival times. They also have high metastasis rates [22, 25]. Low-differentiated chordomas, which have a high malignant potential, are also characterized by worse clinical outcomes [21, 26].

Surgical treatment is the primary treatment for patients with sacral chordomas. The sacrum can be resected at high, medium, or low levels, which are defined by levels up to the S2 vertebrae (or roots), up to S3, and below (total and lateral, respectively). The course of the surgical treatment depends on both the tumor volume and localization [27, 28]. The soft tissue component of the tumor can spread into the pelvic cavity, causing compression and adhesion of the pelvic organs. However, there was no penetration of the pelvic organs. In many cases, the tumor can be isolated using ablative techniques within the volume of marginal excision without opening the capsule. In contrast, the posterior spread of chordomas necessitates a wide excision to achieve radicality because of its infiltrative growth into the muscle tissue [27]. If the tumor spreads above the level of the S3 vertebra and the tumor component is present in the front, posterior access alone is not technically feasible, and laparotomy is used to isolate its anterior surface [27].

In this case, the tumor destroyed the sacrum below S3. However, the large intrapelvic component that spread

proximally and was in close contact with the pelvic organs required isolation and ablative removal by a multidisciplinary surgical team. Two accesses were also necessary.

Radical tumor removal is the main factor in reducing recurrence risk [14, 29]. In addition, the efficacy of treating recurrent chordomas is significantly lower than that of the primary chordomas [30]. Other factors that increase the recurrence risk with nonradical intervention include the peculiarities of the tumor's morphological structure (such as more mitoses, necrosis zones, areas of dedifferentiation, and contrast) and its large size [11, 13, 18, 22]. Although chordomas progress slowly, recurrence remains the primary reason for limiting the life expectancy of patients [11]. In this case, striving for the best oncologic results was inevitably associated with traumatization, which can lead to postoperative complications and neurological disorders.

The severity of neurological disorders depends on the level of sacral resection. Therefore, preserving the S3 roots during surgery, rather than bilaterally resecting the roots, prevents severe postoperative pelvic-organ dysfunction in most patients [25, 31, 32]. In addition, preserving the S1 roots at high tumor locations can help avoid significant walking disorders and improve the patient's quality of life [31]. In this example, we could preserve both the S3 roots during surgery. This helped prevent persistent and severe neurological disorders and created more favorable conditions for the patient's rehabilitation in the postoperative period.

Extensive resections that involve ligation of intrapelvic vessels and muscle excision, as well as proximity to the anus in the posterior access area, can increase the risk of necrosis and suppuration during the postoperative period. Liquorrhea has been reported in some patients. Up to 25% of all operations require repeated interventions because of local complications, which significantly increases the treatment costs and hospital stay [1].

Recent studies have shown that high-dose radiation therapy can reduce the recurrence risk following nonradical surgical intervention. A retrospective analysis of the treatment of 1478 patients with chordomas revealed that adjuvant radiation therapy with a total focal dose of >65 Gy reduced tumor regrowth and significantly increased the 5-year overall survival in cases of nonablative removal, from 70.6% to 82.3%. Proton therapy and stereotactic radiotherapy resulted in the best outcome. However, no additional effect of radiation therapy was observed in cases of radical surgery; therefore, it is not recommended [8].

Because of the radicality of the surgery performed, radiation therapy was not recommended during the postoperative period despite the large tumor size and unfavorable morphological features (presence of numerous necrotic foci).

Radiation therapy is typically used as a palliative treatment for patients with advanced tumors or other comorbidities that prevent radical surgical treatment, either pre- or postoperatively [33, 34].

The study of the etiopathogenesis of tumors, including chordomas, can help identify potential targets for pharmacological intervention. For instance, clinical trials have recently been conducted on targeted therapy with low-molecular-weight tyrosine kinase inhibitors, which may become an effective component of combination treatment or a palliative therapy option for patients with chordomas. Studies on immunotherapy are promising, and sporadic reports on its clinical application are encouraging [35–37]. The potential to influence various metabolic pathways in tumor cells provides hope for personalized drug therapy for patients with chordomas. In addition, it justifies the combined use of multiple drugs to achieve a synergistic effect [37].

CONCLUSIONS

Diagnosis and treatment of sacral chordomas pose a significant challenge in modern onco-orthopedics. Radical tumor removal is the preferred treatment for these patients. However, surgery may result in high intraoperative blood loss, and postoperative neurological complications are common. In many cases, radical intervention may be difficult or impossible because of complex localization and delayed detection associated with the clinical course. A thorough examination, a multidisciplinary approach, and preoperative planning can reduce the risks of complications during the intra- and postoperative periods and improve the quality of life of these patients. Modern advancements in radiation therapy and the development of new methods for targeted and immune therapy offer promising prospects for treating patients with comorbidities and those diagnosed with advanced-stage diseases.

The clinical observation confirms the challenge of the early detection of sacrococcygeal chordomas and highlights the importance of oncological vigilance by primary care physicians. The diagnostic process involves CT, MRI, trepanation biopsy, and morphologic verification by an

experienced pathologist. This enables the development and implementation of a plan for radical surgical intervention by a multidisciplinary team. The patient's life prognosis was favorable after the tumor was removed in a single block, despite its large size. Preservation of neural structures was maximized to minimize functional impairment.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

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

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barber S.M., Sadrameli S.S., Lee J.J., Fridley J.S., Teh B.S., Oyelese A.A., Telfeian A.E., Gokaslan Z.L. Chordoma — Current Understanding and Modern Treatment Paradigms // J Clin Med. 2021. Vol. 10, № 5. P. 1054. doi: 10.3390/jcm10051054
2. Corallo D., Trapani V., Bonaldo P. The notochord: structure and functions // Cell Mol Life Sci. 2015. Vol. 72, № 16. P. 2989–3008. doi: 10.1007/s00018-015-1897-z
3. Evans S., Khan Z., Jeys L., Grimer R. Extra-axial chordomas // Ann R Coll Surg Engl. 2016. Vol. 98, № 5. P. 324–8. doi: 10.1308/rcsann.2016.0138
4. Dahlin D.C., Unni K.K. Bone Tumors. General aspects and Data on 8,542 Cases. 4th ed. Springfield, Illinois, 1986. P. 379–390.
5. Czerniak B. Dorfman and Czerniak's Bone Tumors. 2nd ed. Elsevier, 2015. P. 1179–1216.
6. McMaster M.L., Goldstein A.M., Bromley C.M., Ishibe N., Parry D.M. Chordoma: incidence and survival patterns in the United States, 1973–1995 // Cancer Causes Control. 2001. Vol. 12, № 1. P. 1–11. doi: 10.1023/a:1008947301735
7. Pan Y., Lu L., Chen J., Zhong Y., Dai Z. Analysis of prognostic factors for survival in patients with primary spinal chordoma using the SEER Registry from 1973 to 2014 // J Orthop Surg Res. 2018. Vol. 13, № 1. P. 76. doi: 10.1186/s13018-018-0784-3
8. Dial B.L., Kerr D.L., Lazarides A.L., Catanzano A.A., Green C.L., Risoli T. Jr, Blazer D.G., Goodwin R.C., Brigman B.E., Eward W.C., Larrier N.A., Kirsch D.G., Mendoza-Lattes S.A. The Role of Radiotherapy for Chordoma Patients Managed With Surgery: Analysis of the National Cancer Database // Spine (Phila Pa 1976). 2020. Vol. 45, № 12. P. E742–E751. doi: 10.1097/BRS.0000000000003406

9. Parry D.M., McMaster M.L., Liebsch N.J., Patronas N.J., Quezado M.M., Zometkin D., Yang X.R., Goldstein A.M. Clinical findings in families with chordoma with and without T gene duplications and in patients with sporadic chordoma reported to the Surveillance, Epidemiology, and End Results program // *J Neurosurg*. 2020. Vol. 134, № 5. P. 1399–1408. doi: 10.3171/2020.4.JNS193505
10. Бурдыгин В.Н., Морозов А.К., Беляева А.А. Первичные опухоли крестца у взрослых: проблемы диагностики // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 1998. Т. 5, № 1. С. 3–12. doi: 10.17816/vto104020
11. Stacchiotti S., Casali P.G., Lo Vullo S., Mariani L., Palassini E., Mercuri M., Alberghini M., Pilotti S., Zanella L., Gronchi A., Picci P. Chordoma of the mobile spine and sacrum: a retrospective analysis of a series of patients surgically treated at two referral centers // *Ann Surg Oncol*. 2010. Vol. 17, № 1. P. 211–9. doi: 10.1245/s10434-009-0740-x
12. Varga P.P., Szövérfi Z., Fisher C.G., Boriani S., Gokaslan Z.L., Dekutoski M.B., Chou D., Quraishi N.A., Reynolds J.J., Luzzati A., Williams R., Fehlings M.G., Gersmeyer N.M., Lazary A., Rhines L.D. Surgical treatment of sacral chordoma: prognostic variables for local recurrence and overall survival // *Eur Spine J*. 2015. Vol. 24, № 5. P. 1092–101. doi: 10.1007/s00586-014-3728-6
13. Bergh P., Kindblom L.G., Gunterberg B., Remotti F., Ryd W., Meis-Kindblom J.M. Prognostic factors in chordoma of the sacrum and mobile spine: a study of 39 patients // *Cancer*. 2000. Vol. 88, № 9. P. 2122–34. doi: 10.1002/(sici)1097-0142(20000501)88:9<2122::aid-cncr19>3.0.co;2-1
14. Ruggieri P., Angelini A., Ussia G., Montalti M., Mercuri M. Surgical margins and local control in resection of sacral chordomas // *Clin Orthop Relat Res*. 2010. Vol. 468, № 11. P. 2939–47. doi: 10.1007/s11999-010-1472-8
15. Wang J., Li D., Yang R., Tang X., Yan T., Guo W. Epidemiological characteristics of 1385 primary sacral tumors in one institution in China // *World J Surg Oncol*. 2020. Vol. 18, № 1. P. 297. doi: 10.1186/s12957-020-02045-w
16. Keykhosravi E., Rezaee H., Tavallai A., Tavassoli A., Maftouh M., Aminzadeh B. A Giant Sacrococcygeal Chordoma: A Case Report // *Brain Tumor Res Treat*. 2022. Vol. 10, № 1. P. 29–33. doi: 10.14791/btrt.2022.10.e12
17. Phang Z.H., Saw X.Y., Nor N.F.B.M., Ahmad Z.B., Ibrahim S.B. Rare case of neglected large sacral Chordoma in a young female treated by wide En bloc resection and Sacrectomy // *BMC Cancer*. 2018. Vol. 18, № 1. P. 1112. doi: 10.1186/s12885-018-5012-3
18. Park M., Park I., Hong C.K., Kim S.H., Cha Y.J. Differences in stromal component of chordoma are associated with contrast enhancement in MRI and differential gene expression in RNA sequencing // *Sci Rep*. 2022. Vol. 12, № 1. P. 16504. doi: 10.1038/s41598-022-20787-3
19. Soft Tissue and Bone Tumours. WHO Classification of Tumours. 5th ed. Vol. 3. WHO Classification of Tumours Editorial Board. 2020. P. 451–457. Режим доступа: <https://publications.iarc.fr/588>
20. Schajowicz F. Tumors and Tumorlike Lesions of Bone: Pathology, Radiology, and Treatment. 2nd ed. Springer-Verlag, 1994. P. 459–468.
21. Shih A.R., Cote G.M., Chebib I., Choy E., DeLaney T., Deshpande V., Horneck F.J., Miao R., Schwab J.H., Nielsen G.P., Chen Y.L. Clinicopathologic characteristics of poorly differentiated chordoma // *Mod Pathol*. 2018. Vol. 31, № 8. P. 1237–1245. doi: 10.1038/s41379-018-0002-1
22. Hung Y.P., Diaz-Perez J.A., Cote G.M., Wejde J., Schwab J.H., Nardi V., Chebib I.A., Deshpande V., Selig M.K., Bredella M.A., Rosenberg A.E., Nielsen G.P. Dedifferentiated Chordoma: Clinicopathologic and Molecular Characteristics With Integrative Analysis // *Am J Surg Pathol*. 2020. Vol. 44, № 9. P. 1213–1223. doi: 10.1097/PAS.0000000000001501
23. Tauziède-Espariat A., Bresson D., Polivka M., Bouazza S., Labrousse F., Aronica E., Pretet J.L., Progetti F., Herman P., Salle H., Monnier F., Valmary-Degano S., Laquerrière A., Pocard M., Chaigneau L., Isambert N., Aubriot-Lorton M.H., Feuvret L., George B., Froelich S., Adle-Biasette H. Prognostic and Therapeutic Markers in Chordomas: A Study of 287 Tumors // *J Neuropathol Exp Neurol*. 2016. Vol. 75, № 2. P. 111–20. doi: 10.1093/jnen/nlv010
24. Bai J., Shi J., Li C., Wang S., Zhang T., Hua X., Zhu B., Koka H., Wu H.H., Song L., Wang D., Wang M., Zhou W., Ballew B.J., Zhu B., Hicks B., Mirabello L., Parry D.M., Zhai Y., Li M., Du J., Wang J., Zhang S., Liu Q., Zhao P., Gui S., Goldstein A.M., Zhang Y., Yang X.R. Whole genome sequencing of skull-base chordoma reveals genomic alterations associated with recurrence and chordoma-specific survival // *Nat Commun*. 2021. Vol. 12, № 1. P. 757. doi: 10.1038/s41467-021-21026-5
25. Nachwalter R.N., Rothrock R.J., Katsoulakis E., Gounder M.M., Boland P.J., Bilsky M.H., Laufer I., Schmitt A.M., Yamada Y., Higginson D.S. Treatment of dedifferentiated chordoma: a retrospective study from a large volume cancer center // *J Neurooncol*. 2019. Vol. 144, № 2. P. 369–376. doi: 10.1007/s11060-019-03239-3
26. Yeter H.G., Kosemehmetoglu K., Soylemezoglu F. Poorly differentiated chordoma: review of 53 cases // *APMIS*. 2019. Vol. 127, № 9. P. 607–615. doi: 10.1111/apm.12978
27. Varga P.P., Szövérfi Z., Lazary A. Surgical treatment of primary malignant tumors of the sacrum // *Neurol Res*. 2014. Vol. 36, № 6. P. 577–87. doi: 10.1179/1743132814Y.0000000366
28. Fournier D.R., Rhines L.D., Hentschel S.J., Skibber J.M., Wolinsky J.P., Weber K.L., Suki D., Gallia G.L., Garonzik I., Gokaslan Z.L. En bloc resection of primary sacral tumors: classification of surgical approaches and outcome // *J Neurosurg Spine*. 2005. Vol. 3, № 2. P. 111–22. doi: 10.3171/spi.2005.3.2.0111
29. Мусаев Э.П. Современные подходы к хирургическому лечению больных с опухолями костей таза: автореферат дис. ... доктора медицинских наук: 14.00.14. Москва, 2008. 46 с. Режим доступа: <https://medical-diss.com/medicina/sovremennye-podhody-k-hirurgicheskomu-lecheniyu-bolnyh-opuholiyami-kostey-taza>
30. Ailon T., Torabi R., Fisher C.G., Rhines L.D., Clarke M.J., Bettgeowda C., Boriani S., Yamada Y.J., Kawahara N., Varga P.P., Shin J.H., Saghal A., Gokaslan Z.L. Management of Locally Recurrent Chordoma of the Mobile Spine and Sacrum: A Systematic Review // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016. Vol. 41 (Suppl 20). P. S193–S198. doi: 10.1097/BRS.0000000000001812
31. Zoccali C., Skoch J., Patel A.S., Walter C.M., Maykowski P., Baaj A.A. Residual neurological function after sacral root resection during en-bloc sacrectomy: a systematic review // *Eur Spine J*. 2016. Vol. 25, № 12. P. 3925–3931. doi: 10.1007/s00586-016-4450-3
32. Cheng E.Y., Ozerdemoglu R.A., Transfeldt E.E., Thompson R.C. Jr. Lumbosacral chordoma. Prognostic factors and treatment // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999. Vol. 24, № 16. P. 1639–45. doi: 10.1097/00007632-199908150-00004

33. Demizu Y., Jin D., Sulaiman N.S., Nagano F., Terashima K., Tokumaru S., Akagi T., Fujii O., Daimon T., Sasaki R., Fuwa N., Okimoto T. Particle Therapy Using Protons or Carbon Ions for Unresectable or Incompletely Resected Bone and Soft Tissue Sarcomas of the Pelvis // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2017. Vol. 98, № 2. P. 367–374. doi: 10.1016/j.ijrobp.2017.02.030
34. Jin C.J., Berry-Candelario J., Reiner A.S., Laufer I., Higginson D.S., Schmitt A.M., Lis E., Barzilai O., Boland P., Yamada Y., Bilsky M.H. Long-term outcomes of high-dose single-fraction radiosurgery for chordomas of the spine and sacrum // *J Neurosurg Spine*. 2019. P. 1–10. doi: 10.3171/2019.7.SPINE19515

35. Ozair M.Z., Shah P.P., Mathios D., Lim M., Moss N.S. New Prospects for Molecular Targets for Chordomas // *Neurosurg Clin N Am*. 2020. Vol. 31, № 2. P. 289–300. doi: 10.1016/j.nec.2019.11.004
36. Akinduro O.O., Suarez-Meade P., Garcia D., Brown D.A., Sarabia-Estrada R., Attia S., Gokaslan Z.L., Quiñones-Hinojosa A. Targeted Therapy for Chordoma: Key Molecular Signaling Pathways and the Role of Multimodal Therapy // *Target Oncol*. 2021. Vol. 16, № 3. P. 325–337. doi: 10.1007/s11523-021-00814-5
37. Yang X., Li P., Kang Zh., Li W. Targeted therapy, immunotherapy, and chemotherapy for chordoma // *Curr Med*. 2023. Vol. 2, № 3. doi: 10.1007/s44194-022-00017-8

REFERENCES

1. Barber SM, Sadrameli SS, Lee JJ, Fridley JS, Teh BS, Oyelese AA, Telfeian AE, Gokaslan ZL. Chordoma — Current Understanding and Modern Treatment Paradigms. *J Clin Med*. 2021;10(5):1054. doi: 10.3390/jcm10051054
2. Corallo D, Trapani V, Bonaldo P. The notochord: structure and functions. *Cell Mol Life Sci*. 2015;72(16):2989–3008. doi: 10.1007/s00018-015-1897-z
3. Evans S, Khan Z, Jeys L, Grimer R. Extra-axial chordomas. *Ann R Coll Surg Engl*. 2016;98(5):324–8. doi: 10.1308/rscann.2016.0138
4. Dahlin DC, Unni KK. Bone Tumors. *General aspects and Data on 8,542 Cases*. 4th ed. Springfield, Illinois; 1986. P. 379–390.
5. Czerniak B. *Dorfman and Czerniak's Bone Tumors*. 2nd ed. Elsevier; 2015. P. 1179–1216.
6. McMaster ML, Goldstein AM, Bromley CM, Ishibe N, Parry DM. Chordoma: incidence and survival patterns in the United States, 1973–1995. *Cancer Causes Control*. 2001;12(1):1–11. doi: 10.1023/a:1008947301735
7. Pan Y, Lu L, Chen J, Zhong Y, Dai Z. Analysis of prognostic factors for survival in patients with primary spinal chordoma using the SEER Registry from 1973 to 2014. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):76. doi: 10.1186/s13018-018-0784-3
8. Dial BL, Kerr DL, Lazarides AL, Catanzano AA, Green CL, Risoli T Jr, Blazer DG, Goodwin RC, Brigman BE, Eward WC, Larrier NA, Kirsch DG, Mendoza-Lattes SA. The Role of Radiotherapy for Chordoma Patients Managed With Surgery: Analysis of the National Cancer Database. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020;45(12):E742–E751. doi: 10.1097/BRS.0000000000003406
9. Parry DM, McMaster ML, Liebsch NJ, Patronas NJ, Quezado MM, Zametkin D, Yang XR, Goldstein AM. Clinical findings in families with chordoma with and without T gene duplications and in patients with sporadic chordoma reported to the Surveillance, Epidemiology, and End Results program. *J Neurosurg*. 2020;134(5):1399–1408. doi: 10.3171/2020.4.JNS193505
10. Burdygin VN, Morozov AK, Belyaeva AA. Primary sacral tumors in adults: diagnostic problems. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 1998;5(1):3–12. (In Russ). doi: 10.17816/vto104020
11. Stacchiotti S, Casali PG, Lo Vullo S, Mariani L, Palassini E, Mercuri M, Alberghini M, Pilotti S, Zanella L, Gronchi A, Picci P. Chordoma of the mobile spine and sacrum: a retrospective analysis of a series of patients surgically treated at two referral centers. *Ann Surg Oncol*. 2010;17(1):211–9. doi: 10.1245/s10434-009-0740-x
12. Varga PP, Szövérfi Z, Fisher CG, Boriani S, Gokaslan ZL, Dekutoski MB, Chou D, Quraishi NA, Reynolds JJ, Luzzati A, Williams R, Fehlings MG, Gersmisch NM, Lazary A, Rhines LD. Surgical treatment of sacral chordoma: prognostic variables for local recurrence and overall survival. *Eur Spine J*. 2015;24(5):1092–101. doi: 10.1007/s00586-014-3728-6
13. Bergh P, Kindblom LG, Gunterberg B, Remotti F, Ryd W, Meis-Kindblom JM. Prognostic factors in chordoma of the sacrum and mobile spine: a study of 39 patients. *Cancer*. 2000;88(9):2122–34. doi: 10.1002/(sici)1097-0142(20000501)88:9<2122::aid-cnrcr19>3.0.co;2-1
14. Ruggieri P, Angelini A, Ussia G, Montalti M, Mercuri M. Surgical margins and local control in resection of sacral chordomas. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(11):2939–47. doi: 10.1007/s11999-010-1472-8
15. Wang J, Li D, Yang R, Tang X, Yan T, Guo W. Epidemiological characteristics of 1385 primary sacral tumors in one institution in China. *World J Surg Oncol*. 2020;18(1):297. doi: 10.1186/s12957-020-02045-w
16. Keykhosravi E, Rezaee H, Tavallaii A, Tavassoli A, Maftouh M, Aminzadeh B. A Giant Sacrococcygeal Chordoma: A Case Report. *Brain Tumor Res Treat*. 2022;10(1):29–33. doi: 10.14791/btrt.2022.10.e12
17. Phang ZH, Saw XY, Nor NFBM, Ahmad ZB, Ibrahim SB. Rare case of neglected large sacral Chordoma in a young female treated by wide En bloc resection and Sacrectomy. *BMC Cancer*. 2018;18(1):1112. doi: 10.1186/s12885-018-5012-3
18. Park M, Park I, Hong CK, Kim SH, Cha YJ. Differences in stromal component of chordoma are associated with contrast enhancement in MRI and differential gene expression in RNA sequencing. *Sci Rep*. 2022;12(1):16504. doi: 10.1038/s41598-022-20787-3
19. *Soft Tissue and Bone Tumours. WHO Classification of Tumours*. 5th ed. Vol. 3. WHO Classification of Tumours Editorial Board. 2020. P. 451–457. Available from: <https://publications.iarc.fr/588>
20. Schajowicz F. *Tumors and Tumorlike Lesions of Bone: Pathology, Radiology, and Treatment*. 2nd ed. Springer-Verlag; 1994. P. 459–468.
21. Shih AR, Cote GM, Chebib I, Choy E, DeLaney T, Deshpande V, Horneck FJ, Miao R, Schwab JH, Nielsen GP, Chen YL. Clinicopathologic characteristics of poorly differentiated chordoma. *Mod Pathol*. 2018;31(8):1237–1245. doi: 10.1038/s41379-018-0002-1
22. Hung YP, Diaz-Perez JA, Cote GM, Wejde J, Schwab JH, Nardi V, Chebib IA, Deshpande V, Selig MK, Bredella MA, Rosenberg AE, Nielsen GP. Dedifferentiated Chordoma: Clinicopathologic and Molecular Characteristics With Integrative Analysis. *Am J Surg Pathol*. 2020;44(9):1213–1223. doi: 10.1097/PAS.0000000000001501
23. Tauziède-Espariat A, Bresson D, Polivka M, Bouazza S, Labrousse F, Aronica E, Pretet JL, Progetti F, Herman P, Salle H,

Monnien F, Valmary-Degano S, Laquerrière A, Pocard M, Chaigneau L, Isambert N, Aubriot-Lorton MH, Feuvret L, George B, Froelich S, Adle-Biasette H. Prognostic and Therapeutic Markers in Chordomas: A Study of 287 Tumors. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2016;75(2):111–20. doi: 10.1093/jnen/nlv010

24. Bai J, Shi J, Li C, Wang S, Zhang T, Hua X, Zhu B, Koka H, Wu HH, Song L, Wang D, Wang M, Zhou W, Ballew BJ, Zhu B, Hicks B, Mirabello L, Parry DM, Zhai Y, Li M, Du J, Wang J, Zhang S, Liu Q, Zhao P, Gui S, Goldstein AM, Zhang Y, Yang XR. Whole genome sequencing of skull-base chordoma reveals genomic alterations associated with recurrence and chordoma-specific survival. *Nat Commun*. 2021;12(1):757. doi: 10.1038/s41467-021-21026-5

25. Nachwalter RN, Rothrock RJ, Katsoulakis E, Gounder MM, Boland PJ, Bilsky MH, Laufer I, Schmitt AM, Yamada Y, Higginson DS. Treatment of dedifferentiated chordoma: a retrospective study from a large volume cancer center. *J Neurooncol*. 2019;144(2):369–376. doi: 10.1007/s11060-019-03239-3

26. Yeter HG, Kosemehmetoglu K, Soylemezoglu F. Poorly differentiated chordoma: review of 53 cases. *APMIS*. 2019;127(9):607–615. doi: 10.1111/apm.12978

27. Varga PP, Szövérfi Z, Lazary A. Surgical treatment of primary malignant tumors of the sacrum. *Neurol Res*. 2014;36(6):577–87. doi: 10.1179/1743132814Y.0000000366

28. Fournier DR, Rhines LD, Hentschel SJ, Skibber JM, Wolinsky JP, Weber KL, Suki D, Gallia GL, Garonzik I, Gokaslan ZL. En bloc resection of primary sacral tumors: classification of surgical approaches and outcome. *J Neurosurg Spine*. 2005;3(2):111–22. doi: 10.3171/spi.2005.3.2.0111

29. Musaev ERO. *Modern approaches to surgical treatment of patients with pelvic bone tumors* [dissertation]: 14.00.14. Moscow; 2008. 46 p. Available from: <https://medical-diss.com/medicina/sovremennye-podhody-k-hirurgicheskomu-lecheniyu-bolnyh-opuholyami-kostey-taza> (In Russ).

30. Ailon T, Torabi R, Fisher CG, Rhines LD, Clarke MJ, Bettgowda C, Boriani S, Yamada YJ, Kawahara N, Varga PP, Shin JH, Saghal A, Gokaslan ZL. Management of Locally Recurrent Chordoma of the Mobile Spine and Sacrum: A Systematic Review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(Suppl 20):S193–S198. doi: 10.1097/BRS.0000000000001812

31. Zoccali C, Skoch J, Patel AS, Walter CM, Maykowski P, Baaj AA. Residual neurological function after sacral root resection during en-bloc sacrectomy: a systematic review. *Eur Spine J*. 2016;25(12):3925–3931. doi: 10.1007/s00586-016-4450-3

32. Cheng EY, Ozerdemoglu RA, Transfeldt EE, Thompson RC Jr. Lumbosacral chordoma. Prognostic factors and treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24(16):1639–45. doi: 10.1097/00007632-199908150-00004

33. Demizu Y, Jin D, Sulaiman NS, Nagano F, Terashima K, Tokumaru S, Akagi T, Fujii O, Daimon T, Sasaki R, Fuwa N, Okimoto T. Particle Therapy Using Protons or Carbon Ions for Unresectable or Incompletely Resected Bone and Soft Tissue Sarcomas of the Pelvis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2017;98(2):367–374. doi: 10.1016/j.ijrobp.2017.02.030

34. Jin CJ, Berry-Candelario J, Reiner AS, Laufer I, Higginson DS, Schmitt AM, Lis E, Barzilai O, Boland P, Yamada Y, Bilsky MH. Long-term outcomes of high-dose single-fraction radiosurgery for chordomas of the spine and sacrum. *J Neurosurg Spine*. 2019;1–10. doi: 10.3171/2019.7.SPINE19515

35. Ozair MZ, Shah PP, Mathios D, Lim M, Moss NS. New Prospects for Molecular Targets for Chordomas. *Neurosurg Clin N Am*. 2020;31(2):289–300. doi: 10.1016/j.nec.2019.11.004

36. Akinduro OO, Suarez-Meade P, Garcia D, Brown DA, Sarabia-Estrada R, Attia S, Gokaslan ZL, Quiñones-Hinojosa A. Targeted Therapy for Chordoma: Key Molecular Signaling Pathways and the Role of Multimodal Therapy. *Target Oncol*. 2021;16(3):325–337. doi: 10.1007/s11523-021-00814-5

37. Yang X, Li P, Kang Zh, Li W. Targeted therapy, immunotherapy, and chemotherapy for chordoma. *Curr Med*. 2023;2(3). doi: 10.1007/s44194-022-00017-8

ОБ АВТОРАХ

Назаренко Антон Герасимович, д-р мед. наук, профессор РАН;
ORCID: 0000-0003-1314-2887;
eLibrary SPIN: 1402-5186;
e-mail: nazarenkoag@cito-priorov.ru

Карпенко Вадим Юрьевич, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-8280-8163;
eLibrary SPIN: 1360-8298;
e-mail: Karpenko@cito-priorov.ru

Колондаев Александр Фёдорович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-4216-8800;
eLibrary SPIN: 5388-2606;
e-mail: klnd@inbox.ru

* **Любезнов Никита Анатольевич**;
адрес: Россия, 127299, г. Москва, ул. Приорова, д. 10;
e-mail: nikitkalyubeznov@gmail.com

Берченко Геннадий Николаевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-7920-0552;
eLibrary SPIN: 3367-2493;
e-mail: berchenko@cito-bone.ru

AUTHORS' INFO

Anton G. Nazarenko, MD, Dr. Sci. (Med.), professor of the RAS;
ORCID: 0000-0003-1314-2887;
eLibrary SPIN: 1402-5186;
e-mail: nazarenkoag@cito-priorov.ru

Vadim Yu. Karpenko, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-8280-8163;
eLibrary SPIN: 1360-8298;
e-mail: Karpenko@cito-priorov.ru

Aleksandr F. Kolondaev, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-4216-8800;
eLibrary SPIN: 5388-2606;
e-mail: klnd@inbox.ru

* **Nikita A. Lyubeznov**;
address: 10 Priorova str., 127299 Moscow, Russia;
e-mail: nikitkalyubeznov@gmail.com

Gennadiy N. Berchenko, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: 0000-0002-7920-0552;
eLibrary SPIN: 3367-2493;
e-mail: berchenko@cito-bone.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Карпов Игорь Николаевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-3135-9361;
eLibrary SPIN: 5943-3689;
e-mail: igoukarpoff@mail.ru

Алексеев Михаил Владимирович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0001-5655-6567;
eLibrary SPIN: 9343-8872;
e-mail: doctor-pro@mail.ru

Кузьминов Александр Михайлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-7544-4752;
eLibrary SPIN: 4255-0201;
e-mail: info@gnck.ru

Алимова Юлия Васильевна;
ORCID: 0000-0001-7245-4042;
eLibrary SPIN: 1828-7903;
e-mail: doctoralimova@gmail.com

Карасёв Анатолий Леонидович;
ORCID: 0000-0002-3356-5193;
e-mail: karaseva81@mail.ru

Антонов Кирилл Анатольевич;
e-mail: osteopathology6@mail.ru

Igor N. Karpov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: 0000-0002-3135-9361;
eLibrary SPIN: 5943-3689;
e-mail: igoukarpoff@mail.ru

Mikhail V. Alekseev, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0001-5655-6567;
eLibrary SPIN: 9343-8872;
e-mail: doctor-pro@mail.ru

Aleksandr M. Kuzminov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: 0000-0002-7544-4752;
eLibrary SPIN: 4255-0201;
e-mail: info@gnck.ru

Yuliya V. Alimova;
ORCID: 0000-0001-7245-4042;
eLibrary SPIN: 1828-7903;
e-mail: doctoralimova@gmail.com

Anatoliy L. Karasev;
ORCID: 0000-0002-3356-5193;
e-mail: karaseva81@mail.ru

Kirill A. Antonov;
e-mail: osteopathology6@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto501806>

Ревизионные оперативные вмешательства после артродезирования голеностопного сустава с фиксацией ретроградным интрамедуллярным стержнем на фоне осложнений механического происхождения

К.А. Гражданов, П.П. Зуев, О.А. Кауц, А.В. Баратов, И.А. Норкин

Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Среди всех заболеваний опорно-двигательной системы с поражением суставов нижних конечностей крузартроз достигает 25% случаев. Поздние стадии крузартроза являются показаниями для выполнения артродеза голеностопного сустава. До настоящего времени среди специалистов, выполняющих подобные операции, нет единого мнения как о способе обработки суставных поверхностей голеностопного сустава, так и о методике их фиксации. Литературные данные и наши собственные наблюдения свидетельствуют о том, что от 8 до 20% выполненных операций с использованием ретроградных блокируемых стержней требуют ревизионных хирургических вмешательств в связи с нарушением процесса формирования костного анкилоза голеностопного сустава на фоне осложнений механического происхождения, связанных с установленным фиксатором: асептического расшатывания элементов конструкции, усталостного перелома интрамедуллярного стержня и блокирующих винтов, периимплантного перелома большеберцовой кости.

Описание клинических случаев. Цель работы состояла в том, чтобы изучить и продемонстрировать результаты ревизионных оперативных вмешательств, выполненных в связи с несостоявшимся анкилозом после артродезирования голеностопного сустава с фиксацией интрамедуллярным стержнем на фоне развившихся осложнений механического происхождения. Проведены клинические наблюдения ревизионных вмешательств по поводу несостоявшегося анкилоза голеностопного сустава на фоне осложнений механического происхождения при использовании в качестве первичного фиксатора ретроградного блокируемого интрамедуллярного стержня. В рамках нашей работы представлена технология ревизионных хирургических вмешательств при компрометации процессов формирования костного блока голеностопного сустава, связанной с асептическим расшатыванием элементов конструкции, усталостным переломом интрамедуллярного стержня и блокирующих винтов, периимплантным переломом большеберцовой кости.

Заключение. Выполнение ревизионных оперативных вмешательств при осложнениях механического происхождения после артродезирования голеностопного сустава с фиксацией интрамедуллярным стержнем требует индивидуального подхода в каждом клиническом случае.

Ключевые слова: ревизионное артродезирование; голеностопный сустав; дефект костной ткани; интрамедуллярный стержень; клинический случай.

Как цитировать:

Гражданов К.А., Зуев П.П., Кауц О.А., Баратов А.В., Норкин И.А. Ревизионные оперативные вмешательства после артродезирования голеностопного сустава с фиксацией ретроградным интрамедуллярным стержнем на фоне осложнений механического происхождения // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 481–490. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto501806>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto501806>

Revision surgeries following ankle arthrodesis fixed with retrograde intramedullary nails affected by mechanical complications

Konstantin A. Grazhdanov, Pavel P. Zuev, Oleg A. Kauts, Andrey V. Baratov, Igor A. Norkin

Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: 25 percent of all musculoskeletal diseases that involve joints of the lower extremities accrues to ankle arthrosis. Late stages of this disease are indications for ankle arthrodesis. To date, surgeons who perform ankle arthrodesis do not agree about both the treatment technique for ankle articular surfaces and the method of their fixation, but other studies and our own observations suggest that 8 to 20 percent of the surgeries performed with retrograde locking rods lead to revision interventions due to the disorder of ankle ankylosis formation caused by mechanical complications associated with the implanted fixators (aseptic loosening of their parts, stress fracture of the intramedullary nail or locking screws, peri-implant tibia fracture).

CLINICAL CASES DESCRIPTION: The aim of this work was to study and demonstrate the results of revision surgical interventions performed for failed ankylosis after ankle arthrodesis with intramedullary rod fixation against the development of mechanical complications. Clinical observations of revision interventions for failed ankylosis of the ankle joint against the complications due to mechanical origin using a retrograde blockable intramedullary rod as the primary fixator were carried out. Our work presents the technology of revision surgical interventions in case of compromised processes of ankle joint bone block formation associated with aseptic loosening of the structural elements, stress fracture of the intramedullary rod and blocking screws, tibial peri-implant fracture.

CONCLUSION: Revision surgery for complications due to mechanical origin after ankle arthrodesis with intramedullary rod fixation requires an individual approach in each clinical case.

Keywords: revision arthrodesis; ankle joint; bone defect; intramedullary nail; case report.

To cite this article:

Grazhdanov KA, Zuev PP, Kauts OA, Baratov AV, Norkin IA. Revision surgeries following ankle arthrodesis fixed with retrograde intramedullary nails affected by mechanical complications. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):481–490. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto501806>

ОБОСНОВАНИЕ

Среди всех заболеваний опорно-двигательной системы с поражением суставов нижних конечностей крузартроз достигает 25% случаев, большинство из которых (70–78%) возникают на фоне ранее перенесённых внутрисуставных повреждений дистального отдела голени, характеризуются прогрессирующим болевым синдромом и в конечном итоге приводят к стойкой потере трудоспособности [1–4].

Поздние стадии крузартроза, сопровождающиеся выраженными контрактурами, деформациями вследствие неправильно сросшихся переломов, нестабильностью сустава с нарушением опороспособности конечности, являются показаниями для выполнения артродеза голеностопного сустава. До настоящего времени среди специалистов, выполняющих подобные операции, нет единого мнения как о способе обработки суставных поверхностей голеностопного сустава, так и о методике их фиксации. Преобладают мнения, что для создания костного анкилоза голеностопного сустава первостепенное значение имеет полное удаление суставного хряща до появления кровоточивости подлежащей кости, другие авторы придают большее значение жесткой фиксации таранно-большеберцового комплекса.

Выбор устройства для фиксации голеностопного сустава обосновывается рядом факторов. При наличии хронического воспаления, в том числе в период стойкой ремиссии, предпочтительно использование аппарата внешней фиксации. Возможность сохранения функции подтаранного сустава, а также авторские предпочтения обуславливают активное применение для фиксации голеностопного сустава компрессионных винтов и наkostных пластин с угловой стабильностью винтов. Достаточно широкое распространение имеет интрамедуллярная фиксация с использованием ретроградных блокируемых стержней в связи со своей относительной простотой, особенно при вовлечении в патологический процесс таранно-пяточного сочленения [5–8].

Ревизионные оперативные вмешательства после артродезирования по поводу посттравматического крузартроза выполняются при развитии инфекционных осложнений или при отсутствии сращения голеностопного сустава. Среди причин компрометации процессов формирования костного блока авторы исследований выделяют несколько: возраст пациента старше 60 лет, регионарный остеопороз, асептический некроз таранной кости, курение и нестабильность установленной конструкции [9–11].

Литературные данные и наши собственные наблюдения свидетельствуют о том, что от 8 до 20% выполненных операций с использованием ретроградных блокируемых стержней требуют ревизионных хирургических вмешательств в связи с нарушением процесса формирования костного анкилоза голеностопного сустава на фоне осложнений механического происхождения, связанных с установленным фиксатором (асептическое расшатывание

элементов конструкции, усталостный перелом интрамедуллярного стержня и блокирующих винтов, периимплантный перелом большеберцовой кости) [10, 12, 13].

Цель работы — изучить и продемонстрировать результаты ревизионных оперативных вмешательств, выполненных в связи с несостоявшимся анкилозом после артродезирования голеностопного сустава с фиксацией интрамедуллярным стержнем на фоне развившихся осложнений механического происхождения.

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Основные принципы ревизионных оперативных вмешательств, выполняемых в связи с нарушением процесса формирования костного анкилоза голеностопного сустава, в целом соответствуют общей методологии выполнения подобных процедур: удаление несостоятельной металлоконструкции, восстановление конгруэнтности сочленяющихся поверхностей и возобновление стабильной и надёжной фиксации сегмента конечности [14].

При выборе тактики и методики проведения ревизионного артродеза голеностопного сустава необходимо учитывать вид выявленного осложнения, явившегося причиной неудовлетворительного исхода, стадию формирования костного блока (парциальное формирование или полное его отсутствие), состояние костных структур голеностопного сустава, а также степень вовлечения в патологический процесс подтаранного сустава и пяточной кости [13, 15].

В период с 2019 по 2022 г. в Научно-исследовательском институте травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» выполнено 22 ревизионных вмешательства по поводу несостоявшегося анкилоза голеностопного сустава при использовании в качестве первичного фиксатора ретроградного блокируемого интрамедуллярного стержня. Среди пациентов было 13 женщин (средний возраст 48 ± 7 лет) и 9 мужчин (средний возраст 47 ± 5 лет), повторное обращение в сроки от 3 до 9 месяцев было связано с болевым синдромом в области голеностопного сустава и ограничением или невозможностью опоры на ранее оперированную конечность. Результаты обследования показали, что наиболее частой причиной нарушения процессов формирования костного блока явилось асептическое расшатывание элементов установленной конструкции — 12 клинических наблюдений; усталостный перелом интрамедуллярного стержня на фоне замедленной консолидации отмечен у 7 пациентов. В 3 наблюдениях был диагностирован периимплантный перелом большеберцовой кости. Всем пациентам были проведены ревизионные оперативные вмешательства.

При асептическом расшатывании элементов конструкции интрамедуллярного фиксатора оперативное вмешательство включало удаление ранее установленной

металлоконструкции, для восстановления условий формирования костного анкилоза проводили моделирующую реваскуляризирующую экономную резекцию суставных поверхностей таранной и большеберцовой кости, для реконструкции сочленяющихся поверхностей таранной и большеберцовой кости, пяточной кости очаговые или краевые костные дефекты метаэпифиза большеберцовой кости, купола таранной кости замещали аллогенной костной крошкой или губчатыми аутотрансплантатами. Если имелся полный костный дефект метаэпифиза большеберцовой и таранной кости, выполняли пластику дефекта аллогенным массивным костным трансплантатом. Для стабилизации таранно-пяточного комплекса использовали наkostные пластины с угловой стабильностью винтов. При клинически значимых изменениях подтаранного сустава в качестве фиксатора может быть использован массивный аутогенный диафизарный костный трансплантат для формирования двухсуставного анкилоза.

При усталостном переломе интрамедуллярного стержня на фоне парциального формирования костного анкилоза голеностопного сустава выполняли удаление первично установленного фиксатора, для восстановления условий формирования костного анкилоза проводили реваскуляризирующую остеотомию или остеоперфорацию сочленяющихся поверхностей таранной и большеберцовой кости. Для реостеосинтеза использовали интрамедуллярный стержень удлиненной версии с перекрытием зоны прежнего введения блокирующих винтов. При усталостных переломах интрамедуллярного стержня в отсутствие рентгенологических и клинических признаков формирования костного анкилоза ревизионное оперативное вмешательство выполняли по схеме, описанной ранее при асептической нестабильности.

При периимплантном переломе большеберцовой кости на фоне парциального костного анкилоза голеностопного

сустава или при полном его отсутствии после удаления ранее установленного стержня проводили необходимые манипуляции, направленные на восстановление условий формирования костного блока, и выполняли ретроградный реостеосинтез интрамедуллярным стержнем достаточной длины для перекрытия зоны голеностопного сустава и линии перелома большеберцовой кости.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

Пример 1

Больная Е., 36 лет, госпитализирована для осуществления ревизионного оперативного вмешательства через 9 месяцев после выполнения первичной операции с жалобами на интенсивный болевой синдром, ограничивающий возможность опоры на оперированную конечность. При обследовании выявлено, что на фоне асептического расшатывания элементов интрамедуллярного фиксатора сформировались нестабильность фиксации, диастаз между таранной и большеберцовой костями, очаговые дефекты костной ткани. Были выполнены удаление ранее установленной металлоконструкции, обработка суставных поверхностей до кровоточащей кости, реостеосинтез наkostной пластиной с угловой стабильностью винтов, пластика дефектов аллогенной костной крошкой (рис. 1).

Пример 2

Больной Я., 64 года, госпитализирован для выполнения ревизионного оперативного вмешательства через 4 месяца после осуществления первичной операции с жалобами на боли, появившиеся после «щелчка» при нагрузке на конечность. При обследовании установлены нестабильность фиксации голеностопного сустава в результате разрушения металлоконструкции, удовлетворительное



Рис. 1. Рентгенограммы больной Е.: *a* — через 9 месяцев после первичного оперативного вмешательства, *b* — после ревизионного оперативного вмешательства, *c* — через 6 месяцев после ревизионного оперативного вмешательства.

Fig. 1. Radiographs of patient E.: *a* — 9 months after her first surgery, *b* — the revision surgery, and *c* — 6 months after the revision surgery.



Рис. 2. Рентгенограммы больного Я.: *a* — через 4 месяца после первичного оперативного вмешательства, *b* — после ревизионного оперативного вмешательства, *c* — через 6 месяцев после ревизионного оперативного вмешательства.

Fig. 2. Radiographs of patient Ya.: *a* — 4 months after his first surgery, *b* — the revision surgery, and *c* — 6 months after the revision surgery.

состояние костных структур, парциальное формирование костного анкилоза в зоне голеностопного сустава. С учётом этого выполнили удаление ранее установленной металлоконструкции, продольную остеотомию таранной и большеберцовой кости по линии формирующегося анкилоза, реостеосинтез интрамедуллярным стержнем с перекрытием зоны ранее установленных блокирующих винтов с целью профилактики периимплантного перелома большеберцовой кости (рис. 2).

Пример 3

Больная Р., 45 лет, госпитализирована повторно через 8 месяцев после выполнения первичной операции. Клинико-рентгенологическое обследование показало несостоятельность фиксации в связи с переломом

металлоконструкции, наличие диастаза между таранной и большеберцовой костями, дефекта купола таранной кости, вальгусной деформации стопы. В ходе ревизионного вмешательства выполнены удаление интрамедуллярного стержня и блокирующих винтов, моделирующая резекция суставных поверхностей таранной и большеберцовой кости, устранение деформации, замещение дефекта купола таранной кости путём перемещения переднего края большеберцовой кости, реостеосинтез наkostной пластиной с угловой стабильностью винтов (рис. 3).

Пример 4

Больная П., 52 года, госпитализирована повторно через 3 месяца после выполнения первичной операции



Рис. 3. Рентгенограммы больной Р.: *a* — через 8 месяцев после первичного оперативного вмешательства, *b* — после ревизионного оперативного вмешательства, *c* — через 6 месяцев после ревизионного оперативного вмешательства.

Fig. 3. Radiographs of patient R.: *a* — 8 months after her first surgery, *b* — the revision surgery, and *c* — 6 months after the revision surgery.



Рис. 4. Рентгенограммы больной П.: *a* — через 3 месяца после первичного оперативного вмешательства, *b* — после ревизионного оперативного вмешательства, *c* — через 12 месяцев после ревизионного оперативного вмешательства.

Fig. 4. Radiographs of patient P.: *a* — 3 months her first surgery, *b* — the revision surgery, and *c* — 12 months after the revision surgery.

после падения в быту, до полученной травмы передвигалась с полной опорой на оперированную конечность без болевого синдрома. При обследовании выявлен перелом средней трети диафиза большеберцовой кости на уровне ранее установленных блокирующих винтов на фоне парциально сформированного костного анкилоза голеностопного сустава. В ходе ревизионного оперативного вмешательства выполнены удаление первично установленной металлоконструкции, реваскуляризирующая остеоперфорация таранной и большеберцовой кости по линии формирующегося анкилоза, закрытая репозиция перелома большеберцовой кости, ретроградный остеосинтез интрамедуллярным стержнем (рис. 4).

Результаты хирургического лечения после выполненных ревизионных вмешательств прослежены в сроки до 2 лет. Купирование болевого синдрома и достаточно полноценное восстановление опорной функции оперированной конечности отмечены в сроки от 3 до 6 месяцев после оперативного вмешательства в зависимости от типа применённого фиксирующего устройства. Значимые рентгенологические данные о формировании костного блока в зоне голеностопного сустава отмечены в сроки от 6 до 9 месяцев у 20 пациентов группы наблюдения. Решение об удалении металлоконструкций принимали индивидуально при наличии жалоб пациентов на дискомфорт в зоне их установки.

В двух случаях потребовались повторные хирургические вмешательства в сроки 8 и 10 месяцев после ревизионных операций на фоне тотального асептического некроза таранной кости. Выявляли дислокацию и частичное разрушение установленных на костных пластинах. Выполняли их удаление, замещение таранной кости массивным аллогенным костным трансплантатом и стабилизацию голеностопного сустава аппаратом внешней фиксации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка тактики ревизионных оперативных вмешательств при нарушении формирования костного анкилоза голеностопного сустава после первичного артродезирования обладает высокой актуальностью в связи с наличием значительного количества неудовлетворительных исходов хирургического лечения, в том числе на фоне осложнений механического происхождения, связанных с ранее установленным фиксатором [11, 13, 16].

Успешное выполнение повторного хирургического вмешательства требует тщательной предоперационной оценки в каждом конкретном клиническом случае для установления причин неудовлетворительного исхода первичного артродезирования голеностопного сустава [17, 18].

Основываясь на собственном клиническом опыте и литературных данных, мы делаем вывод о том, что все осложнения механического происхождения, потребовавшие проведения ревизионного оперативного вмешательства, можно объединить в 3 группы: асептическое расшатывание элементов металлоконструкции, усталостный перелом интрамедуллярного стержня, периимплантный перелом большеберцовой кости [13, 14, 16, 17]. Резорбция костной ткани в зоне контакта с имплантатом таранной, пяточной и большеберцовой кости приводит к постепенной потере прочности фиксации и как следствие — к нарушению процессов консолидации и формированию костных дефектов [19, 20]. Необходимо отметить, что асептическое расшатывание имплантата может быть выявлено на фоне состоявшегося костного анкилоза голеностопного сустава и является причиной болевого синдрома. В этом случае показано удаление металлоконструкции с выполнением при необходимости пластики костного дефекта в зоне введения интрамедуллярного стержня через пяточную кость аллогенной костной крошкой. Если асептическое расшатывание имплантата выявлено на фоне несостоявшегося

костного анкилоза голеностопного сустава, ревизионное оперативное вмешательство должно не только обеспечить стабильную фиксацию отломков, но и восстановить условия его формирования (моделирующая реваскуляризирующая обработка сочленяющихся поверхностей таранной и большеберцовой кости и восполнение их объёма путём замещения имеющихся костных дефектов). Способ фиксации может быть избран в зависимости от состояния подтаранного сустава. При клинически значимых вторичных изменениях таранно-пяточного сочленения может быть выполнен большеберцово-таранно-пяточный артродез с использованием в качестве фиксатора диафизарного аутотрансплантата, сформированного из малоберцовой кости [13, 18]. В остальных случаях для стабилизации таранно-пяточного комплекса предпочтительным является использование наkostных пластин с угловой стабильностью винтов. Их применение в данном случае позволяет установить фиксирующие элементы вне очагов повреждения костной ткани, сформировавшихся в результате асептического расшатывания фиксирующих элементов, а также обеспечить прочную фиксацию массивного костного трансплантата при его использовании.

Перелом интрамедуллярного стержня развивается, как правило, в зоне концентрации напряжения (в области блокирующего отверстия) при регулярном превышении величины допустимых циклических нагрузок на фоне замедленной консолидации или травмы оперированного сегмента [13, 21]. При переломе интрамедуллярного стержня на фоне парциального формирования костного анкилоза голеностопного сустава для стабилизации таранно-пяточного комплекса оптимальным, на наш взгляд, является реостеосинтез интрамедуллярным стержнем удлинённой версии с перекрытием зоны прежнего введения блокирующих винтов в большеберцовую кость для профилактики перимплантного перелома. В качестве стимуляции формирования костного блока проводится реваскуляризирующая остеотомия или остеоперфорация сочленяющихся поверхностей таранной и большеберцовой кости. В остальных случаях после манипуляций, направленных на восстановление условий формирования костного анкилоза и реконструкции сочленяющихся поверхностей, фиксацию голеностопного сустава осуществляли наkostной пластиной.

Основной причиной перимплантного перелома большеберцовой кости является травма оперированного сегмента [19, 22]. Необходимо отметить, что сам по себе данный вид осложнения может быть не связан с нарушением процессов формирования костного блока и наблюдается как при состоявшемся артродезе, так и в процессе его формирования. В любом случае при сформировавшемся костном блоке требуется повторное оперативное вмешательство с применением в качестве фиксатора антеградного интрамедуллярного стержня. Если процесс формирования костного блока не завершён, необходимо использовать ретроградный фиксатор, длина которого должна адекватно перекрывать уровень

таранно-большеберцового сочленения и перелома диафиза, или аппарат внешней фиксации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнение ревизионных оперативных вмешательств при осложнениях механического происхождения после артродезирования голеностопного сустава с фиксацией интрамедуллярным стержнем требует индивидуального подхода в каждом случае. При компрометации процесса формирования костного блока успешное выполнение ревизионного артродеза голеностопного сустава обеспечивается за счёт восстановления условий его образования. В связи с этим особо важное значение имеет реконструктивно-пластический этап оперативного вмешательства, во время которого проводится моделирующая резекция сочленяющихся костных структур для обеспечения плотного контакта между ними, реваскуляризирующая остеотомия и пластическое замещение дефицита костной ткани. При выборе устройства для восстановления стабильной и надёжной фиксации таранно-большеберцового комплекса предпочтение отдаётся конструкциям с расположением фиксирующих элементов вне очагов повреждения костной ткани, сформированных предыдущими фиксаторами, в связи с чем возникает необходимость перехода к способу фиксации, отличному от применявшегося на первичной операции. При наличии клинически значимых изменений подтаранного сустава одним из элементов ревизионного вмешательства является его стабилизация.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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). Наибольший вклад распределён следующим образом: К.А. Гражданов — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; П.П. Зуев — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников; О.А. Кауц — сбор и анализ литературных источников, обработка собранных в ходе исследования данных; А.В. Баратов — курация, редактирование статьи; И.А. Норкин — дизайн и концепция исследования, редактирование статьи.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках НИР «Разработка персонализированного подхода к выбору тактики хирургической реабилитации пациентов с последствиями внутрисуставных повреждений дистального отдела костей голени», номер государственной регистрации НИОКТР 121032300174-6.

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

Информированное согласие на публикацию. Все пациенты дали своё письменное согласие на публикацию их медицинских данных и фотографий.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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. K.A. Grazhdanov — surgical management of patients, retrieval and reviewed of the studies, writing and editing the manuscript; P.P. Zuev — surgical management of patients, retrieval and reviewed of the studies; O.A. Kauts — retrieval and reviewed of the studies, processing of the

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежов М.Ю. Стопа. Дегенеративно-дистрофические заболевания суставов стопы и голеностопного сустава. Нижний Новгород, 2011. 320 с.
2. Омельченко Т.Н. Переломы лодыжек и быстропрогрессирующий остеоартроз голеностопного сустава: профилактика и лечение // Ортопедия, травматология и протезирование. 2013. № 4. С. 35–40.
3. Saltzman C.L., Salamon M.L., Blanchard G.M., et al. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center // Iowa Orthop J. 2005. № 25. P. 44–46.
4. Горбатов Р.О., Горин В.В., Павлов Д.В., Малышев Е.Е. Концепция современного артродезирования голеностопного сустава при посттравматическом крузартрозе III–IV стадии // Современные технологии в медицине. 2016. Т. 8, № 3. С. 64–74. doi: 10.17691/stm2016.8.3.07
5. Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Чугаев Д.В., и др. Артродезирование голеностопного сустава как оптимальная хирургическая опция при лечении пациентов с деформирующим артрозом голеностопного сустава терминальной стадии (обзор литературы) // Кафедра травматологии и ортопедии. 2019. № 4(38). С. 18–26. doi: 10.17238/issn2226-2016.2019.4.18-26
6. Гражданов К.А., Зуев П.П., Кауц О.А., и др. Хирургическая реабилитация пациентов с последствиями пилона // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2021. Т. 28, № 3. С. 33–39. doi: 10.17816/vto65076
7. Кауц О.А., Барабаш Ю.А., Киреев С.И., и др. Хирургическая тактика при лечении пациентов с последствиями внутрисуставных повреждений дистального отдела костей голени (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 1. С. 133–140. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-133-140
8. Михайлов К.С., Емельянов В.Г., Тихилов Р.М., и др. Динамика изменений клинико-функциональных показателей у пациентов после артродезирования голеностопного и подтаранного суставов интрамедуллярным блокируемым стержнем // Актуальные проблемы травматологии и ортопедии. Сборник научных статей, посвящённый 110-летию РНИИТО им. Р.Р. Вредена. Санкт-Петербург, 2016. С. 196–202.
9. Thevendran G., Shah K., Pinney S.J., Younger A.S. Perceived risk factors for nonunion following foot and ankle arthrodesis // J Orthop Surg (Hong Kong). 2017. Vol. 25, № 1. P. 2309499017692703. doi: 10.1177/2309499017692703
10. Coye T.L., Tirabassi N., Foote C.M., Heddy B. An umbrella systematic review and meta-analysis of systematic reviews on the

findings; A.V. Baratov — critical reviewing and editing of the manuscript; I.A. Norkin — research design, editing of the manuscript.

Funding source. This study was a part of the project Designing of the personalized approach to the choice of surgical rehabilitation tactics in patients with the consequences of intra-articular injuries of the distal leg bones, state reg. No. 121032300174-6.

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

Consent for publication. The patients gave consent to the publication of their medical data and images.

- topic of foot and ankle arthrodesis nonunion rates // J Foot Ankle Surg. 2022. Vol. 61, Is. 6. P. 1341–1347. doi: 10.1053/j.jfas.2022.04.012
- 11.** Сливков К.А., Брижань Л.К., Давыдов Д.В., и др. Хирургические осложнения после артродеза голеностопного сустава // Медицинский совет. 2013. № 4–2. С. 96–99.
- 12.** Горбатов Р.О., Павлов Д.В., Мотякина О.П., и др. Персонализированная реабилитация больных после артродеза голеностопного сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. № 4(20). С. 44–47.
- 13.** Пахомов И.А., Корочкин С.Б., Кузнецов В.В. Большеберцово-таранно-пяточный артродез при тяжёлом поражении голеностопного и таранно-пяточного суставов: клинический случай // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 12–1. С. 79–82.
- 14.** Ортопедия: клинические рекомендации / под ред. С.П. Миронова. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. С. 747–748.
- 15.** Raikin S.M., Rampuri V. An approach to the failed ankle arthrodesis // Foot Ankle Clin. 2008. Vol. 13, № 3. P. 401–416, viii. doi: 10.1016/j.fcl.2008.04.009
- 16.** Reeves C.L., Shane A.M., Sahli H., Togher C. Revision of the Malaligned Ankle Arthrodesis // Clin Podiatr Med Surg. 2020. Vol. 37, № 3. P. 475–487. doi: 10.1016/j.cpm.2020.03.003
- 17.** Mills A., Fortin P.T. Revision of the failed ankle fusion // Instr Course Lect. 2019. № 68. P. 275–286.
- 18.** Норкин И.А., Гражданов К.А., Барабаш Ю.А., и др. Ревизионное артродезирование голеностопного и подтаранного суставов аутотрансплантатом из малоберцовой кости // Политравма. 2022. № 2. С. 49–55. doi: 10.24412/1819-1495-2022-2-49-55
- 19.** Шаповалов В.М., Хоминец В.В., Михайлов С.В., и др. Ревизионные операции при ошибках и неинфекционных осложнениях стабильно-функционального остеосинтеза // Травматология и ортопедия России. 2009. № 4(54). С. 73–80.
- 20.** McRae R., Esser M. Practical fracture treatment. Fifth edition. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2008. 447 p.
- 21.** Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., Зуев П.П. Доклиническое исследование надёжности интрамедуллярных стержней для остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости человека // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. 2016. № 1(18). С. 42–49.
- 22.** Боргхут Р.Д., Гильфанов С.И. Периимплантные переломы. Проблемы и поиск решений // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. № 2(18). С. 5–8.

REFERENCES

1. Yezhov MYu. *Foot. Degenerative and dystrophic diseases of the joints of the foot and ankle joint*. Nizhny Novgorod; 2011. 320 p. (In Russ).
2. Omelchenko TN. Fractures of the ankles and fast-progressive osteoarthritis of the ankle joint: prevention and treatment. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 2013;(4):35–40. (In Russ).
3. Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard GM, et al. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *Iowa Orthop J*. 2005;(25):44–46.
4. Gorbatov RO, Gorin VV, Pavlov DV, Malyshev EE. The concept of modern ankle joint arthrodesis in posttraumatic crural arthrosis, grade III–IV. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2016;8(3):64–74. (In Russ). doi: 10.17691/stm2016.8.3.07
5. Fomichev VA, Sorokin EP, Chugaev DV. Ankle fusion is the optimal surgery for treatment of ankle arthritis (review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2019;4(38):18–26. (In Russ). doi: 10.17238/issn2226-2016.2019.4.18-26
6. Grazhdanov KA, Zuev PP, Kauts OA, et al. Surgical rehabilitation of patients with the consequences of pilon fractures. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2021;28(3):13–19. (In Russ). doi: 10.17816/vto65076
7. Kauts OA, Barabash YuA, Kireev SI, et al. Surgical approach to the treatment of patients with sequelae of intra-articular fractures of the distal tibia (literature review). *Genij Ortopedii*. 2022;28(1):133–140. (In Russ). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-133-140
8. Mikhajlov KS, Emelyanov VG, Tikhilov RM, et al. Dynamics of changes in clinical and functional parameters in patients after arthrodesis of the ankle and subtalar joints with an intramedullary lockable nail. In: *Actual problems of traumatology and orthopedics. Collection of scientific articles dedicated to the 110th anniversary of RNIITO n. a. R.R. Vreden*. Saint-Petersburg; 2016. P. 196–202. (In Russ).
9. Thevendran G, Shah K, Pinney SJ, Younger AS. Perceived risk factors for nonunion following foot and ankle arthrodesis. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017;25(1):2309499017692703. doi: 10.1177/2309499017692703
10. Coye TL, Tirabassi N, Foote CM, Heddy B. An umbrella systematic review and meta-analysis of systematic reviews on the topic of foot and ankle arthrodesis nonunion rates. *J Foot Ankle Surg*. 2022;61(6):1341–1347. doi: 10.1053/j.jfas.2022.04.012
11. Slivkov KA, Brizhan LK, Davydov DV, et al. Surgical complications after ankle-joint arthrodesis. *Medical Council*. 2013;(4–2):96–99. (In Russ). doi: 10.21518/2079-701X-2013-4-2-96-99
12. Gorbatov RO, Pavlov DV, Motyakina OP, et al. Personalized rehabilitation of patients after ankle arthrodesis. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2016;4(20):44–47. (In Russ).
13. Pakhomov IA, Korochkin SB, Kuznetsov VV. Tibiotalocalcaneal arthrodesis in severe anchal and talocalcaneal joint injuries: a clinical case. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2017;(12–1):79–82. (In Russ).
14. Mironov SP, editor. *Orthopedics: Clinical Guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. P. 747–748. (In Russ).
15. Raikin SM, Rampuri V. An approach to the failed ankle arthrodesis. *Foot Ankle Clin*. 2008;13(3):401–416, viii. doi: 10.1016/j.fcl.2008.04.009
16. Reeves CL, Shane AM, Sahli H, Togher C. Revision of the Malaligned Ankle Arthrodesis. *Clin Podiatr Med Surg*. 2020;37(3):475–487. doi: 10.1016/j.cpm.2020.03.003
17. Mills A, Fortin PT. Revision of the Failed Ankle Fusion. *Instr Course Lect*. 2019;(68):275–286.
18. Norkin IA, Grazhdanov KA, Barabash YuA, et al. Revision arthrodesis of the ankle and subtalar joints with use of autograft from the fibular bone. *Polytrauma*. 2022;(2):49–55. (In Russ). doi: 10.24412/1819-1495-2022-2-49-55
19. Shapovalov VM, Khominets VV, Mikhaylov SV, et al. Reconstructive surgery of internal stable and functional osteosynthesis failures and non-infection complications. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2009;4(54):73–80. (In Russ).
20. McRae R, Esser M. *Practical fracture treatment*. Fifth edition. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2008. 447 p.
21. Barabash AP, Barabash YuA, Zuev PP. Preclinical study of the reliability of intramedullary rods for osteosynthesis of diaphyseal fractures of the human femur. *Bulletin of Dagestan State Medical Academy*. 2016;1(18):42–49. (In Russ).
22. Borgkhut RD, Gilfanov SI. Periimplant fractures: problems and solutions. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2016;2(18):5–8. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* **Гражданов Константин Александрович**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 410002, г. Саратов,
ул. им. Н.Г. Чернышевского, 148;
ORCID: 0000-0002-3523-4494;
eLibrary SPIN: 3651-9306;
e-mail: sarniito504@gmail.com

Зуев Павел Павлович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-0324-6503;
eLibrary SPIN: 1521-7718;
e-mail: pasha.zuev@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Konstantin A. Grazhdanov**, MD, Cand. Sci. (Med.);
address: 148 N.G. Chernyshevskogo str., 410002,
Saratov, Russia;
ORCID: 0000-0002-3523-4494;
eLibrary SPIN: 3651-9306;
e-mail: sarniito504@gmail.com

Pavel P. Zuev, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-0324-6503;
eLibrary SPIN: 1521-7718;
e-mail: pasha.zuev@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Кауц Олег Андреевич, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-1822-1939;

eLibrary SPIN: 1305-6629;

e-mail: oandreevich2009@yandex.ru

Баратов Андрей Владимирович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-1273-1535;

eLibrary SPIN: 8626-8140;

e-mail: andre6009@mail.ru

Норкин Игорь Алексеевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-6770-3398;

eLibrary SPIN: 9253-7993;

e-mail: sarniito@yandex.ru

Oleg A. Kauts, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-1822-1939;

eLibrary SPIN: 1305-6629;

e-mail: oandreevich2009@yandex.ru

Andrey V. Baratov, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-1273-1535;

eLibrary SPIN: 8626-8140;

e-mail: andre6009@mail.ru

Igor A. Norkin, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0002-6770-3398;

eLibrary SPIN: 9253-7993;

e-mail: sarniito@yandex.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568873>

Ценность магнитно-резонансных исследований при использовании контрастного усиления и высокопольных томографов в диагностике невроты Мортон

Д.А. Большакова^{1,2}, А.А. Карданов¹, М.Н. Майсигов¹, А.В. Королёв^{1,2}¹ Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии ECSTO, Москва, Россия;² Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Магнитно-резонансная томография МРТ получает всё более широкое распространение в нашей стране, являясь одним из ведущих методов в диагностике травм и заболеваний голеностопного сустава и стопы. Из года в год количество томографов и исследований неуклонно растёт, а отсутствие ионизирующего излучения, возможность визуализации как мягкотканых, так и костных структур делает эту процедуру более привлекательной для пациентов. Воспроизводимость исследования, возможность получения второго мнения выделяют МРТ как ведущий инструмент в диагностике невроты. Несмотря на относительно частое применение, значимость МРТ-диагностики у пациентов с подозрением на межплюсневую невроту с применением парамагнитных средств визуализации, МРТ 3 и 1,5 тесла в полной мере не освещена.

Описание клинических случаев. В работе представлена серия показательных исследований пациентов с межплюсневой невротой: с использованием парамагнитных средств визуализации, без применения парамагнитных средств визуализации, с большой толщиной срезов, на высокопольном томографе.

Заключение. Несмотря на очевидные преимущества использования высокопольной томографии в диагностике заболеваний периферической нервной системы, по нашему мнению, информативность данного исследования в рутинной диагностике невроты Мортон не превышает таковую наиболее распространённой в настоящее время МРТ 1,5 тесла. Использование парамагнитных средств визуализации может показывать небольшие различия, но преимущественно не влияет на тактику лечения.

Ключевые слова: неврома Мортон; МРТ 3 тесла; парамагнитные контрастные вещества.

Как цитировать:

Большакова Д.А., Карданов А.А., Майсигов М.Н., Королёв А.В. Ценность магнитно-резонансных исследований при использовании контрастного усиления и высокопольных томографов в диагностике невроты Мортон // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 491–500. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568873>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568873>

Diagnostic value of magnetic resonance imaging using contrast enhancement, high-field tomographs in the detection of Morton's neuroma

Daria A. Bolshakova^{1,2}, Andrey A. Kardanov¹, Musa N. Maysigov¹, Andrey V. Korolev^{1,2}

¹ European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics ECSTO, Moscow, Russia;

² Russian University of Peoples' Friendship, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Magnetic resonance imaging (MRI) is becoming more and more widespread in our country, being one of the leading methods in diagnosing injuries and diseases of the ankle joint and foot. From year to year the number of tomographs and studies is steadily increasing, and the absence of ionising radiation, the possibility of visualising both soft tissue and bone structures makes this procedure more attractive for patients. Reproducibility of the study, the possibility of obtaining a second opinion distinguish MRI as a leading tool in the diagnosis of neuromas. Despite its relatively frequent use, the significance of MRI diagnosis in patients with suspected intertarsal neuroma using paramagnetic imaging, 3 tesla and 1.5 tesla MRI has not been fully reported.

CLINICAL CASES DESCRIPTION: The article presents a series of illustrative studies of patients with intermetatarsal neuroma: using paramagnetic imaging tools, without the use of paramagnetic imaging tools, with large slice thickness, with high-field tomography.

CONCLUSION: Despite the obvious advantages of using high-field imaging in the diagnosis of peripheral nervous system diseases, in our opinion, the informative value of this study in the routine diagnosis of Morton's neuroma does not exceed that of the currently most common 1.5 tesla MRI.

Keywords: Morton neuroma; MRI 3 Tesla; contrast.

To cite this article:

Bolshakova DA, Kardanov AA, Maysigov MN, Korolev AV. Diagnostic value of magnetic resonance imaging using contrast enhancement, high-field tomographs in the detection of Morton's neuroma. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):491–500. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568873>

ОБОСНОВАНИЕ

Межпальцевая неврома — это веретенообразное утолщение подошвенного нерва, возникающее в результате его периневрального фиброза и дегенерации. Она вызывает симптомы, связанные с защемлением подошвенно-пальцевого нерва: жжение, покалывание, онемение, парестезии в малых пальцах стоп. Это распространённое заболевание, затрагивающее в основном женщин среднего возраста и встречающееся у женщин до 5 раз чаще, чем у мужчин [1].

Этиология метатарзалгии Мортонa мультифакторна, влияние оказывают хроническая травматизация, локальная ишемия нерва, бурсит, защемление дистальной части межплюсневой связки [2].

Впервые неврома межплюсневой промежутка была описана Civinini в 1835 году при исследовании кадаверного материала. Своё название неврома Мортонa получила в честь американского хирурга-ортопеда Thomas Morton, впервые описавшего весь симптомокомплекс заболевания у 15 пациентов [2].

Межпальцевая неврома встречается в третьем межпальцевом промежутке в 66% случаев, во втором — в 32% [3]. По данным литературы, для подобного распределения имеются выраженные анатомические предпосылки: 3-й плюсневый нерв толще, поскольку он обычно образуется в результате слияния медиального и латерального подошвенных нервов [2].

Дифференциальная диагностика межплюсневой невromы включает перегрузочную метатарзалгию, разрыв или тендинит подошвенного апоневроза, болезнь Фрайберга, стрессовый перелом плюсневых костей, начальные проявления системных артритов, межплюсневый бурсит [4–6].

Для уточнения диагноза и определения дальнейшей тактики лечения у пациентов с подозрением на невромu Мортонa в современной клинической практике используют ультразвуковое исследование (УЗИ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ) [7]. В настоящее время трудно сделать однозначный вывод о предпочтительном методе визуализации для диагностики невromы Мортонa. В частности, большинство существующих исследований были проведены в центрах, где предпочтение отдавалось одному методу. МРТ дороже и занимает больше времени. Однако у него есть преимущество в предоставлении статичных, не зависящих от оператора, воспроизводимых изображений, которые могут быть интерпретированы несколькими клиницистами [2]. МРТ также позволяет визуализировать все окружающие мягкие ткани и кости, что облегчает дифференциальную диагностику [8].

Исследования, опубликованные ранее, проводились с помощью МРТ с напряжённостью 1 или 1,5 тесла [8]. Кроме того, не определены показания для использования контраста при визуализации невromы Мортонa,

в зарубежной литературе можно встретить упоминания об избыточности применения контрастного усиления [9, 10]. Нет единого мнения и о ведущей последовательности в диагностике невromы: в исследованиях Zanetti и соавт., Lee и соавт., Williams и соавт. предпочтение отдаётся последовательностям T1 ВИ, в исследовании George и соавт. — STIR [9–12].

Основной целью нашей работы была оценка значимости МРТ-диагностики у пациентов с подозрением на межплюсневую невромu с применением парамагнитных средств визуализации, МРТ 3 и 1,5 тесла в клинической практике. Для этого был проведён анализ магнитно-резонансной томографии и амбулаторных карт показательных пациентов с диагнозом «неврома Мортонa». Первично все исследуемые были осмотрены по стандартизированному протоколу: сбор жалоб и анамнеза, визуальная оценка стопы или стоп, пальпация и специализированные клинические тесты: щелчок Малдера, компрессионный тест, наличие МРТ-исследования, проведённого в нашей или сторонней клинике. Учитывая отсутствие специфического протокола исследования, специально направленного на визуализацию невromы Мортонa, а также стандартизированного описания, нами была подобрана серия исследований с использованием парамагнитных средств визуализации, без применения парамагнитных средств визуализации, с большой толщиной срезов, на высокопольном томографе.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

Пример 1

Пациент К., 55 лет. Обратился в клинику с жалобами на боль и онемение в третьем межпальцевом промежутке левой стопы. Вышеуказанные жалобы беспокоили около 3 лет, преимущественно при занятиях триатлоном. Пациенту выполнена МРТ с использованием томографа Magnetom Aera 1.5 T фирмы Siemens и 16-канальной радиочастотной катушки для стопы и лодыжки. Протокол МРТ-исследования включал получение изображений в сагиттальной, аксиальной и коронарной плоскостях. Для контрастного усиления внутривенно вводили неионогенное парамагнитное контрастное вещество прохэнс (гадотеридол) в дозе 8,6 ммоль, рассчитанной по весу пациента, из расчёта 0,1 ммоль/кг веса, после получения нативных последовательностей.

На полученных нами МР-последовательностях на уровне головок третьей и четвёртой плюсневых костей неврома третьего межпальцевого промежутка видна и без контрастного усиления на T1- и T2-взвешенных последовательностях (рис. 1а–с). При контрастном усилении полученный смешанный сигнал (рис. 1d) свидетельствует об отёке оболочки нерва и умеренно выраженном бурсите, что напрямую коррелирует с клинической картиной и длительным анамнезом заболевания.

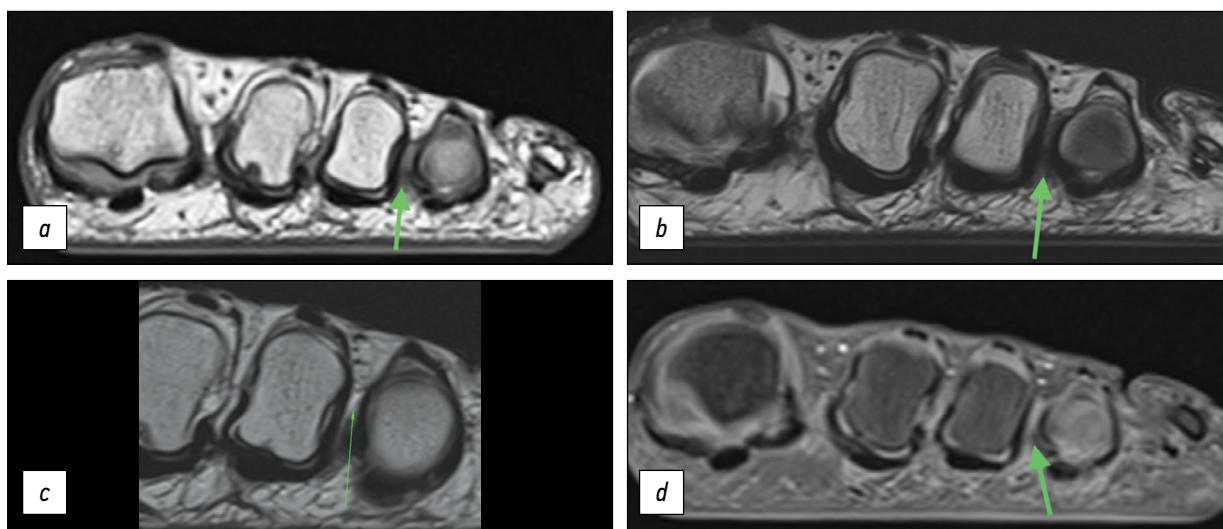


Рис. 1. Пациент К., магнитно-резонансная томография: *a* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T1-взвешенной последовательности, неврома третьего межпальцевого промежутка; *b* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T2-взвешенной последовательности, неврома третьего межпальцевого промежутка; *c* — участок гипointенсивного сигнала при T2-взвешенной последовательности (бурсит), срез, следующий за изображением *b* в дистальном направлении; *d* — смешанный гипо- и гиперинтенсивный сигнал (участок затемнения — отёчная оболочка нерва, окружающий гипointенсивный сигнал периневральный фиброз). Режим T1 FS после введения контраста.

Fig. 1. Patient K., MRI image: *a* — hypointense signal compared to surrounding tissues with a T1-weighted sequence, neuroma of the third interdigital space; *b* — hypointense signal compared to surrounding tissues with a T2-weighted sequence, neuroma of the third interdigital space; *c* — area of hyperintense signal on T2-weighted sequence (bursitis), the distal direction from image *b*; *d* — mixed hypo- and hyperintense signal (shaded area — edematous nerve sheath, perineural fibrosis surrounding the hypointense signal). T1 FS mode after contrast.

Пример 2

Пациент С., 49 лет. Обратился к нам в клинику с уже выполненным в сторонней клинике МРТ-исследованием. Боль в обеих стопах и парестезии с иррадиацией в третий, четвёртый и пятый пальцы беспокоили около 4 лет при высоких нагрузках на ноги (бег, альпинизм, туризм). По клиничко-анамнестическим данным заподозрены невromы третьего и четвёртого межпальцевых промежутков. На предоставленной МРТ T2-последовательность отсутствует, толщина срезов 3,5 мм. На изображениях видна неврома в третьем межплюсневом промежутке обеих стоп (только на корональных срезах), однако признаков периневрального фиброза в четвёртом межплюсневом промежутке нет (рис. 2*a–d*). Пациенту было предложено выполнить МРТ повторно, однако после обсуждения тактики лечения пациент предпочёл выполнить хирургическую ревизию обоих подошвенных нервов на обеих стопах. При хирургическом лечении и последующем гистологическом исследовании были обнаружены невromы третьего и четвёртого промежутков обеих стоп (рис. 2*e–g*).

На предоставленной нам МРТ из сторонней клиники отсутствует T2-взвешенная последовательность, изображение нечёткое. Невromы в четвёртом межпальцевом промежутке не визуализируются ни в одной из последовательностей в связи с малым размером (длина 0,4 см согласно протоколу гистологического исследования). Отсутствие адекватной визуализации поражённой части нерва четвёртого межпальцевого промежутка показывает

крайне низкую диагностическую ценность исследования и при сопоставлении с клиничко-анамнестическими данными, требует выполнения повторной томографии.

Пример 3

Пациентка Г., 30 лет. Периодические боли в переднем отделе обеих стоп беспокоят около полугода. За последний месяц отметила значительное ухудшение — дистанция безболевого ходьбы не более 50 метров. На данный момент пациентка проходит курс консервативного лечения препаратом габапентин в дозировке 300 мг со слабым положительным эффектом. На протяжении всего текущего периода обострения пациентка нетрудоспособна. Ранее была консультирована в сторонней клинике, выполнено УЗИ, выявлены признаки двусторонней невromы Мортона. Обратилась к нам в клинику для получения второго мнения с уже выполненным в сторонней клинике МРТ-исследованием на аппарате с напряжённостью магнитного поля 3 тесла (Canon Vantage Titan 3T). При этом толщина срезов на представленных МР-последовательностях составила 4 мм.

На представленном нам исследовании из сторонней клиники на томографе напряжённостью 3 тесла толщина срезов составляет 4 мм. При подобном исследовании невroma менее 5 мм будет практически не видна. Столь явную невromу на столь скудном количестве срезов (26–27) мы видим из-за её большого размера: 12 мм правая стопа (рис. 3*a–c*) и 9,5 мм — левая (рис. 3*d–e*). Кроме того,

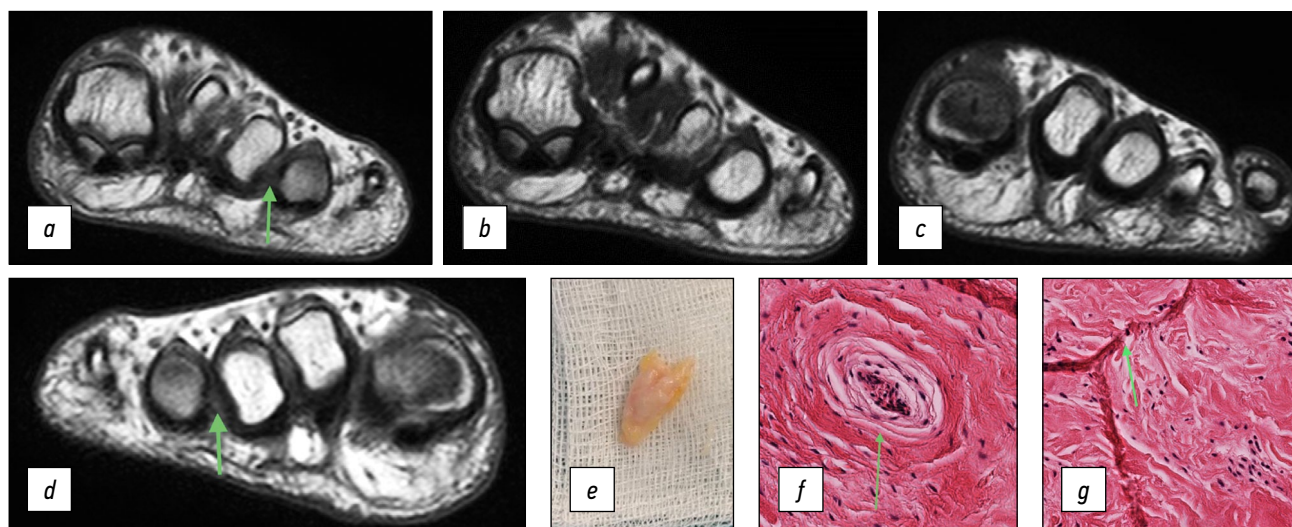


Рис. 2. Пациент С., магнитно-резонансная томография, резецированный участок нерва, микропрепарат: *a* — МРТ: гипоинтенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T1-взвешенной последовательности, правая стопа; неврома третьего межпальцевого промежутка; *b, c* — МРТ: неинформативные срезы в дистальном и проксимальном направлениях (толщина срезов 3,5 мм), правая стопа; T1-взвешенная последовательность; *d* — МРТ: гипоинтенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T1-взвешенной последовательности, левая стопа; неврома третьего межпальцевого промежутка; *e* — участок резецированного материала четвертого межпальцевого промежутка, левая стопа (фото); *f* — фиброз «onion skin» (фото, микропрепарат); *g* — истончение кровеносных сосудов (фото, микропрепарат).

Fig. 2. Patient C., MRI imaging, resected portion of the nerve, microscopic specimen: *a* — MRI: hypointense signal compared to surrounding tissues with a T1-weighted sequence, right foot; neuroma of the third interdigital space; *b, c* — MRI: uninformative sections in the distal and proximal directions (section thickness 3.5 mm), right foot; T1-weighted sequence; *d* — MRI: hypointense signal compared to surrounding tissues on T1-weighted sequence, left foot; neuroma of the third interdigital space; *e* — area of resected material of the fourth interdigital space, left foot (photo); *f* — “onion skin” fibrosis (photo, microscopic specimen); *g* — thinning of blood vessels (photo, microscopic specimen).

учитывая подострое начало заболевания, хорошо видны отёк подкожно-жировой клетчатки и сопутствующий бурсит (рис. 3с).

Пример 4

Пациент 3., боль в переднем отделе правой стопы беспокоит длительное время. Неоднократно выполнял УЗИ, установлен диагноз «неврома Мортона». Для уточнения диагноза и определения дальнейшей тактики лечения, оценки динамики роста невromы пациенту выполнена МРТ 3 тесла на аппарате Siemens Magnetom Lumina (толщина срезов ряда последовательностей 630 μ m, количество изображений в серии 60–120). На МРТ — неврома Мортона в третьем межпальцевом промежутке длиной 11 мм и шириной 5,5 мм на уровне бифуркации подошвенного пальцевого нерва. Полученный нами размер новообразования сопоставим с данными, полученными при МРТ, и составил 12 мм в длину. Однако при просмотре последовательностей с толщиной срезов 2 мм мы увидели сопоставимый результат.

На представленных нами изображениях (рис. 4) неврома видна на МРТ и на тонких, и на толстых срезах. Однако МРТ 3 тесла позволила нам лучше визуализировать неврому для прояснения дальнейшей хирургической тактики лечения с пациентом и спрогнозировать потенциальный участок гипестезии третьего и четвертого пальцев.

ОБСУЖДЕНИЕ

Возможность диагностики невromы при помощи МРТ одними из первых описали Erickson и соавт. в своём исследовании 1991 года [13]. В первой половине 1990-х годов были опубликованы исследования, которые предлагали комбинацию последовательностей с жироподавлением и контрастное усиление для диагностики невromы Мортона [14, 15]. В настоящее время не существует общепринятого алгоритма визуализации межпальцевой невromы: даже в нашей клинике разные хирурги отдают предпочтение разным методам исследования, как с применением контрастных веществ, так и без него.

Патофизиология невromы представляет собой не истинную опухоль нерва, а периневральный фиброз — патологическое разрастание соединительной ткани, которая пытается защитить участок нерва, передавленный межплюсневой связкой [2]. При МРТ-визуализации фиброз выглядит как объёмное образование со средней или гипоинтенсивностью сигнала на T1-взвешенных изображениях и с низкой интенсивностью сигнала на T2-взвешенных изображениях [9].

Несмотря на то, что использование парамагнитных контрастов при МРТ существенно реже вызывает нежелательные явления по сравнению с йод- и барийсодержащими контрастными препаратами, применяемыми при рентгеновском исследовании и компьютерной

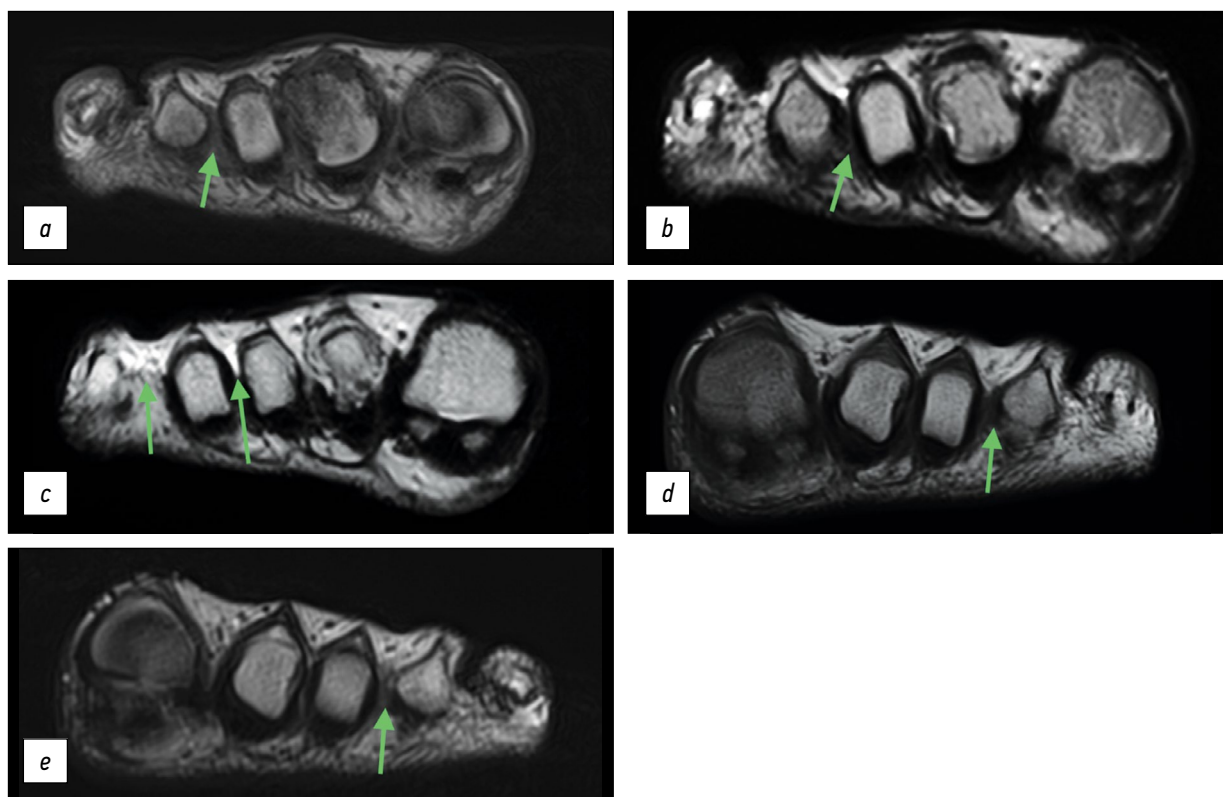


Рис. 3. Пациентка Г., магнитно-резонансная томография: *a* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T1-взвешенной последовательности, правая стопа; неврома третьего межпальцевого промежутка; *b* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T2-взвешенной последовательности, правая стопа; неврома третьего межпальцевого промежутка; *c* — участок гиперинтенсивного сигнала при T2-взвешенной последовательности (бурсит), отёк подкожно-жировой клетчатки, срез, следующий за изображением *b* в проксимальном направлении, правая стопа; *d* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T1-взвешенной последовательности, левая стопа; неврома третьего межпальцевого промежутка; *e* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T2-взвешенной последовательности, левая стопа; неврома третьего межпальцевого промежутка.

Fig. 3. Patient G., MRI imaging: *a* — hypointense signal compared to surrounding tissues with a T1-weighted sequence, right foot; neuroma of the third interdigital space; *b* — hypointense signal compared to surrounding tissues with a T2-weighted sequence, right foot; neuroma of the third interdigital space; *c* — area of hyperintense signal on T2-weighted sequence (bursitis), subcutaneous fat edema, slice following image *b* in the proximal direction, right foot; *d* — hypointense signal compared to surrounding tissues on T1-weighted sequence, left foot; neuroma of the third interdigital space; *e* — hypointense signal compared to surrounding tissues on T2-weighted sequence, left foot; neuroma of the third interdigital space.

томографии, их количество не равно нулю. Среди часто встречающихся побочных эффектов — тошнота, головная боль, местные аллергические реакции [16]. Кроме того, МРТ с контрастным усилением значительно увеличивает время исследования и как следствие — нагрузку на медицинский персонал и томограф. При этом, на наш взгляд, те преимущества, которые даёт контрастное усиление, нивелируются его минусами: повышением стоимости исследования, временем и трудозатратами, рисками. Наше мнение совпадает с мнением зарубежных коллег, несмотря на то, что, по данным Terk и соавт., МРТ с контрастом значительно улучшает видимость невром [14]. Другие исследования не продемонстрировали какого-либо превосходства последовательностей, усиленных контрастом [9, 10, 12].

Более того, в современной зарубежной литературе встречаются сообщения не только об избыточности

применения парамагнитных средств визуализации в диагностике невром Мортон, но и в самой МРТ [7].

Безусловно, при каждом новообразовании любой локализации стоит сохранять онкологическую настороженность и использовать контрастное усиление. Поражение, лишённое признаков конкретного доброкачественного образования, следует рассматривать как злокачественное до тех пор, пока не будет доказано обратное. Признаки, которые чаще встречаются при злокачественных, чем при доброкачественных поражениях, включают большой размер (>5 см), глубокое расположение, неоднородную интенсивность сигнала, кровотечение и некроз, раннее и неоднородное контрастное усиление, неровные края, отёк окружающих мягких тканей и инвазию соседних структур, включая костные и сосудисто-нервные структуры [17]. Кроме того, использование контраста оправдано при проведении дифференциальной диагностики

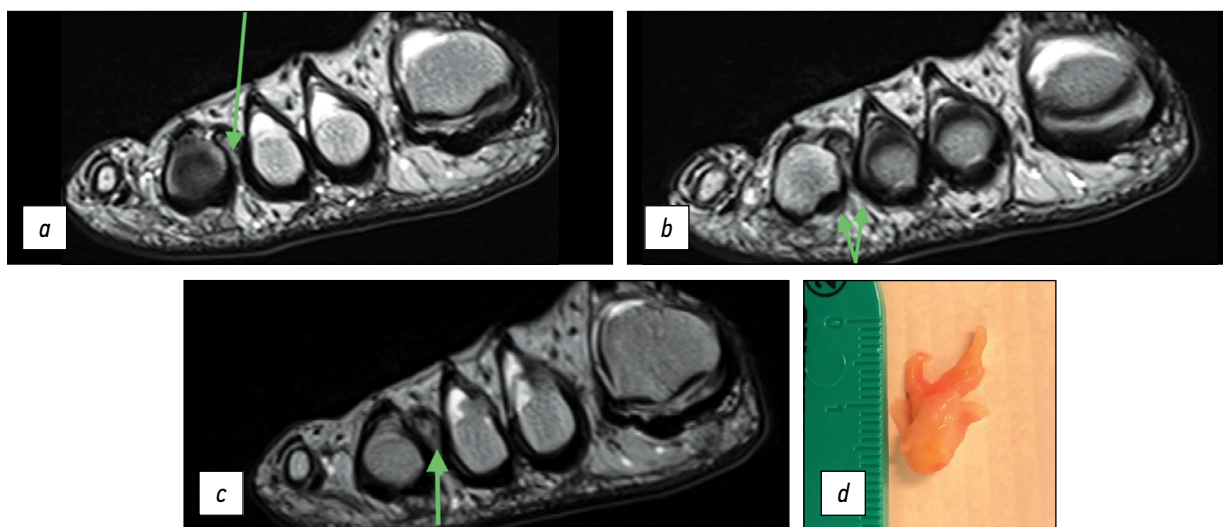


Рис. 4. Пациент З., магнитно-резонансная томография, резецированный участок нерва: *a* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T2-взвешенной последовательности (толщина срезов 630 микронетров), неврома третьего межпальцевого промежутка; *b* — T2-взвешенная последовательность (толщина срезов 630 микронетров), срез, следующий за изображением *a* в дистальном направлении: бифуркация общего подошвенного пальцевого нерва на медиальную и латеральную поверхности третьего и четвёртого пальцев соответственно; *c* — гипointенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями при T2-взвешенной последовательности (толщина срезов 2 мм), неврома третьего межпальцевого промежутка; *d* — резецированный участок нерва.

Fig. 4. Patient Z., MRI imaging, resected portion of the nerve: *a* — hypointense signal compared to the surrounding tissues with a T2-weighted sequence (slice thickness 630 micrometers), neuroma of the third interdigital space; *b* — T2-weighted sequence (slice thickness 630 micrometers), image *a* in the distal direction: bifurcation of the common plantar digital nerve on the medial and lateral surfaces of the third and fourth fingers; *c* — hypointense signal compared to surrounding tissues on T2-weighted sequence (slice thickness 2 mm), neuroma of the third interdigital space; *d* — resected portion of the nerve.

при повреждении капсульно-связочного аппарата плюснефаланговых суставов (подошвенно-пальцевой пластинки) [6].

Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США FDA одобрило МРТ 3 тесла в 2000 году, с тех пор данный сканер всё чаще используется в клинической практике. Сегодня применение магнита 3 тесла в нейрорадиологии имеет гораздо больше преимуществ, чем недостатков, и с каждым годом расширяет свой диагностический потенциал для структурного и сосудистого сканирования, диффузионной и перфузионной визуализации. МРТ высокого разрешения нашла своё применение и в диагностике травм и заболеваний периферической нервной системы. На обычной томографии можно увидеть лишь косвенные признаки повреждения нервов, такие как денервация мышц и отёк, МРТ с высоким разрешением позволяет визуализировать непосредственно повреждённые и компрессированные нервы, включая их меньшие периферические ветви [18]. Различные технические достижения, включая более высокую напряжённость поля (например, 3 тесла), получение 3D-изображений, эволюцию методов подавления жира и улучшенную конструкцию катушки, позволяют получать изображения всё более высокого качества. Неинвазивная оценка повреждения периферических нервов помогает улучшить диагностику и предоперационное планирование, скорректировать тактику послеоперационного

ведения — свидетельствовать о заживлении или дегенерации нерва, наличии невромы [19].

В зарубежной литературе в настоящее время имеется только одна современная работа, посвящённая особенностям исследования невром при МРТ 3 тесла с контрастным усилением, которая показала отличные результаты визуализации 97,4% образований, в том числе малого размера (1,2–5,5 мм) [8]. Однако в современной зарубежной и отечественной литературе широко рассматриваются потенциальные заболевания и побочные эффекты, выявленные у пациентов и связанные с накоплением гадолиния, включающие нефрогенный системный фиброз и болезнь отложения гадолиния [16, 20, 21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из приоритетных задач в современной медицине является получение точной и достоверной информации о состоянии пациента с целью выявления заболевания, проведения дифференциальной диагностики и определения дальнейшей тактики лечения.

Применение контрастных веществ при МРТ-визуализации у пациентов с подозрением на неврому Мортон, по нашему мнению, является избыточным. Использование парамагнитных средств при визуализации оправдано в случае подозрения неопластического процесса.

МРТ 3 тесла является отличным инструментом диагностики невротомы, уменьшая время исследования, увеличивая количество вокселей и, как следствие и разрешение, позволяя увидеть многие нервные структуры, в том числе и общий подошвенный пальцевый нерв. Однако стоит обращать внимание на толщину срезов, а не на напряжённость магнитного поля МРТ. По нашему мнению, широкое распространение МРТ 3 тесла открывает возможности для спекуляции и является в случае диагностики невротомы Мортон больше маркетинговым ходом, чем диагностически ценным исследованием, особенно при одинаковой толщине срезов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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). Наибольший вклад распределён следующим образом: Д.А. Большакова — лечение пациентов, обработка и обсуждение результатов исследования, написание текста статьи; А.А. Карданов — лечение пациентов, обсуждение результатов исследования; М.Н. Майсигов — лечение пациентов, поисково-аналитическая работа, обсуждение результатов исследования; А.В. Королёв — формулировка научных положений.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий. Пациенты добровольно подписали форму информированного согласия на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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. D.A. Bolshakova — treatment of patients, processing and discussion of research results, writing the text of the article; A.A. Kardanov — treatment of patients, discussion of research results; M.N. Maisigov — treatment of patients, search and analytical work, discussion of research results; A.V. Korolev — formulation of scientific provisions.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Munir U., Tafti D., Morgan S. Morton Neuroma. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.
2. Colò G., Rava A., Samaila E.M., Palazzolo A., Talesa G., Schiraldi M., Magnan B., Ferracini R., Felli L. The effectiveness of shoe modifications and orthotics in the conservative treatment of Civinini-Morton syndrome: state of art // *Acta Bio Medica Atenei Parmensis*. 2020. Vol. 91, № 4-S. P. 60–68. doi: 10.23750/abm.v91i4-S.9713
3. Zaleski M., Tondelli T., Hodel S., Rigling D., Wirth S. The interphalangeal angle as a novel radiological measurement tool for Morton's neuroma — a matched case-control study // *Journal of Foot and Ankle Research*. 2021. Vol. 14, № 1. P. 62. doi: 10.1186/s13047-021-00502-7
4. Салтыкова В.Г., Рамонова Д.Р., Макинян Л.Г., Зейналов В.Т., Шток А.В., Митьков В.В. Ультразвуковое исследование в дифференциальной диагностике образований метатарзального отдела стопы (неврома Мортон, липофиброма) // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2021. № 1. С. 65–88.
5. Dakkak Y.J., Niemantsverdriet E., van der Helm-van Mil A.H.M., Reijnierse M. Increased frequency of intermetatarsal and submetatarsal bursitis in early rheumatoid arthritis: a large case-controlled MRI study // *Arthritis Research & Therapy*. 2020. Vol. 22, № 1. P. 277. doi: 10.1186/s13075-020-02359-w
6. Dinoá V., von Ranke F., Costa F., Marchiori E. Evaluation of lesser metatarsophalangeal joint plantar plate tears with contrast-enhanced and fat-suppressed MRI // *Skeletal Radiology*. 2016. Vol. 45, № 5. P. 635–644. doi: 10.1007/s00256-016-2349-z
7. Raouf T., Rogero R., McDonald E., Fuchs D., Shakked R.J., et al. Value of Preoperative Imaging and Intraoperative Histopathology in Morton's Neuroma // *Foot & Ankle International*. 2019. Vol. 40, № 9. P. 1032–1036. doi: 10.1177/1071100719851121
8. Ormeci T., Guler O., Malkoc M., Kaya N. Evaluating the features of interdigital neuroma using 3-Tesla magnetic resonance imaging // *European Journal of Anatomy*. 2023. Vol. 27, № 2. P. 171–180. doi: 10.52083/OLLN3191
9. Lee M.-J., Kim S., Huh Y.-M., Song H.-T., Lee S.-A., Lee J.W., Suh J.-S. Morton Neuroma: Evaluated with Ultrasonography and MR Imaging // *Korean Journal of Radiology*. 2007. Vol. 8, № 2. P. 148–155. doi: 10.3348/kjr.2007.8.2.148
10. Williams J.W., Meaney J., Whitehouse G.H., Klennerman L., Hussein Z. MRI in the investigation of morton's neuroma: Which sequences? // *Clinical Radiology*. 1997. Vol. 52, № 1. P. 46–49. doi: 10.1016/s0009-9260(97)80305-4
11. George V.A., et al. Morton's neuroma: the role of MR scanning in diagnostic assistance // *The Foot*. 2005. Vol. 15, № 1. P. 14–16.
12. Zanetti M., Ledermann T., Zollinger H., Hodler J. Efficacy of MR imaging in patients suspected of having Morton's neuroma // *American Journal of Roentgenology*. 1997. Vol. 168, № 2. P. 529–532. doi: 10.2214/ajr.168.2.9016241

13. Erickson S.J., Canale P.B., Carrera G.F., Johnson J.E., Shereff M.J., Gould J.S., Hyde J.S., Jesmanowicz A. Interdigital (Morton) neuroma: high-resolution MR imaging with a solenoid coil // *Radiology*. 1991. Vol. 181, № 3. P. 833–836. doi: 10.1148/radiology.181.3.1947106
14. Terk M.R., Kwong P.K., Suthar M., Horvath B.C., Colletti P.M. Morton neuroma: evaluation with MR imaging performed with contrast enhancement and fat suppression // *Radiology*. 1993. Vol. 189, № 1. P. 239–241. doi: 10.1148/radiology.189.1.8372200
15. Unger H.R. Jr, Mattoso P.Q., Drusen M.J., Neumann C.H. Gadopentetate-enhanced magnetic resonance imaging with fat saturation in the evaluation of Morton's neuroma // *The Journal of Foot Surgery*. 1992. 31, № 3. P. 244–246.
16. Гомболевский В.А., Лайпан А.Ш., Бадюл М.И., Инджиев А.А., Буренчев Д.В., Шапиев А.Н., Ким С.Ю., Морозов С.П. Особенности применения контрастных препаратов в лучевой диагностике. Москва, 2018. 55 с.

REFERENCES

1. Munir U, Tafti D, Morgan S. *Morton Neuroma*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
2. Colò G, Rava A, Samaila EM, Palazzolo A, Talesa G, Schiraldi M, Magnan B, Ferracini R, Felli L. The effectiveness of shoe modifications and orthotics in the conservative treatment of Civinini-Morton syndrome: state of art. *Acta Bio Medica Atenei Parmensis*. 2020;91(4-S):60–68. doi: 10.23750/abm.v91i4-S.9713
3. Zaleski M, Tondelli T, Hodel S, Rigling D, Wirth S. The interphalangeal angle as a novel radiological measurement tool for Morton's neuroma — a matched case-control study. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2021;14(1):62. doi: 10.1186/s13047-021-00502-7
4. Saltykova VG, Ramonova DR, Makinyan LG, Zeynalov VT, Shtok AV, Mitkov VV. Ultrasound in foot lesion diagnosis (Morton's neuroma, lipofibroma). *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2021;(1):65–88. (In Russ).
5. Dakkak YJ, Niemantsverdriet E, van der Helm-van Mil AHM, Reijnierse M. Increased frequency of intermetatarsal and submetatarsal bursitis in early rheumatoid arthritis: a large case-controlled MRI study. *Arthritis Research & Therapy*. 2020;22(1):277. doi: 10.1186/s13075-020-02359-w
6. Dinoá V, von Ranke F, Costa F, Marchiori E. Evaluation of lesser metatarsophalangeal joint plantar plate tears with contrast-enhanced and fat-suppressed MRI. *Skeletal Radiology*. 2016;45(5):635–644. doi: 10.1007/s00256-016-2349-z
7. Raouf T, Rogero R, McDonald E, Fuchs D, Shakked RJ, et al. Value of Preoperative Imaging and Intraoperative Histopathology in Morton's Neuroma. *Foot & Ankle International*. 2019;40(9):1032–1036. doi: 10.1177/1071100719851121
8. Ormeci T, Guler O, Malkoc M, Kaya N. Evaluating the features of interdigital neuroma using 3-Tesla magnetic resonance imaging. *European Journal of Anatomy*. 2023;27(2):171–180. doi: 10.52083/OLLN3191
9. Lee M-J, Kim S, Huh Y-M, Song H-T, Lee S-A, Lee JW, Suh J-S. Morton Neuroma: Evaluated with Ultrasonography and MR Imaging. *Korean Journal of Radiology*. 2007;8(2):148–155. doi: 10.3348/kjr.2007.8.2.148
10. Williams JW, Meaney J, Whitehouse GH, Klenerman L, Hussein Z. MRI in the investigation of morton's neuroma: Which sequences? *Clinical Radiology*. 1997;52(1):46–49. doi: 10.1016/s0009-9260(97)80305-4
11. George VA, et al. Morton's neuroma: the role of MR scanning in diagnostic assistance. *The Foot*. 2005;15(1):14–16.
12. Zanetti M, Ledermann T, Zollinger H, Hodler J. Efficacy of MR imaging in patients suspected of having Morton's neuroma. *American Journal of Roentgenology*. 1997;168(2):529–532. doi: 10.2214/ajr.168.2.9016241
13. Erickson SJ, Canale PB, Carrera GF, Johnson JE, Shereff MJ, Gould JS, Hyde JS, Jesmanowicz A. Interdigital (Morton) neuroma: high-resolution MR imaging with a solenoid coil. *Radiology*. 1991;181(3):833–836. doi: 10.1148/radiology.181.3.1947106
14. Terk MR, Kwong PK, Suthar M, Horvath BC, Colletti PM. Morton neuroma: evaluation with MR imaging performed with contrast enhancement and fat suppression. *Radiology*. 1993;189(1):239–241. doi: 10.1148/radiology.189.1.8372200
15. Unger HR Jr, Mattoso PQ, Drusen MJ, Neumann CH. Gadopentetate-enhanced magnetic resonance imaging with fat saturation in the evaluation of Morton's neuroma. *The Journal of Foot Surgery*. 1992;31(3):244–246.
16. Gombolevsky VA, Laipan AS, Badyul MI, Indzhiev AA, Burenchev DV, Shapiey AN, Kim SYu, Morozov SP. *Features of the use of contrast agents in radiation diagnostics*. Moscow; 2018. 55 p. (In Russ).
17. Hughes P, Miranda R, Doyle AJ. MRI imaging of soft tissue tumours of the foot and ankle. *Insights into Imaging*. 2019;10(1):60. doi: 10.1186/s13244-019-0749-z
18. Khalilzadeh O, Fayad LM, Ahlawat S. 3D MR Neurography. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*. 2021;25(3):409–417. doi: 10.1055/s-0041-1730909
19. Goyal A, Wadgera N, Srivastava D, Ansari MT, Dawar R. Imaging of traumatic peripheral nerve injuries. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2021;21(1):101510. doi: 10.1016/j.jcot.2021.101510
20. Ibrahim MA, Hazhirkarzar B, Dublin AB. *Gadolinium Magnetic Resonance Imaging*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
21. Iyad N, Ahmad MS, Alkhatib S, Hjouj M. Gadolinium contrast agents-challenges and opportunities of a multidisciplinary approach: Literature review. *European Journal of Radiology Open*. 2023;11(5):100503. doi: 10.1016/j.ejro.2023.100503

ОБ АВТОРАХ

*** Большакова Дарья Артуровна;**

адрес: 129110, г. Москва, Россия, Орловский переулок, дом 7;
ORCID: 0009-0003-3332-9267;
eLibrary SPIN: 9584-9980;
e-mail: dasha.bolsh@gmail.com

Карданов Андрей Асланович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0003-2866-2295;
eLibrary SPIN: 5134-8123;
e-mail: akardanov@emcmos.ru

Майсигов Муса Назирович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-2096-5876;
e-mail: mmaysigov@emcmos.ru

Королёв Андрей Вадимович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-8769-9963;
eLibrary SPIN: 6980-6109;
e-mail: korolev.andrey.prof@gmail.com

AUTHORS' INFO

*** Daria A. Bolshakova;**

address: 7, Orlovsky pereulok, 129110, Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0003-3332-9267;
eLibrary SPIN: 9584-9980;
e-mail: dasha.bolsh@gmail.com

Andrey A. Kardanov, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-2866-2295;
eLibrary SPIN: 5134-8123;
e-mail: akardanov@emcmos.ru

Musa N. Maysigov, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-2096-5876;
e-mail: mmaysigov@emcmos.ru

Andrey V. Korolev, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-8769-9963;
eLibrary SPIN: 6980-6109;
e-mail: korolev.andrey.prof@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto585205>

Рассекающий остеохондрит мыщелка бедренной кости у детей. Лечение. Современные тенденции

А.Г. Ельцин, Я.А. Иванов, Д.С. Мининков, Д.А. Гущина

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Рассекающий остеохондрит — патологическое состояние, характеризующееся проявлением остеонекроза субхондральной кости, которое впоследствии приводит к отделению хрящевой пластинки от мыщелка бедренной кости. Это серьёзное заболевание, которое может значительно повлиять на качество жизни пациентов. Несмотря на значительное количество исследований, всё ещё существует необходимость в более глубоком понимании этой патологии и разработке эффективных стратегий её диагностики и лечения для достижения оптимальных клинических результатов. Целью данной работы является анализ литературы по рассекающему остеохондриту коленного сустава и обоснование современных методов лечения данного заболевания, а также выяснение предпочтительных вариантов лечения в зависимости от возрастной группы пациентов. Проанализированы литературные источники. Поиск осуществлялся в базах данных РИНЦ, NCBI Pubmed, Medline за последние 10 лет. Рассекающий остеохондрит является заболеванием, требующим современного подхода к лечению. С появлением новых технологий и методик возникли различные варианты терапии, такие как замещение дефекта коллагеновой мембраной, мозаичная хондропластика и т.д. Однако вопрос о предпочтительном выборе метода лечения остаётся актуальным, особенно с учётом возрастных особенностей пациентов. Индивидуальный подход, учитывающий их возраст, стадию повреждения и клинические особенности, является важным аспектом эффективного лечения рассекающего остеохондрита. Необходимы дальнейшие исследования и клинические наблюдения для более точного определения наиболее эффективных стратегий лечения и предупреждения осложнений.

Ключевые слова: болезнь Кёнига; рассекающий остеохондрит; дети; коленный сустав.

Как цитировать:

Ельцин А.Г., Иванов Я.А., Мининков Д.С., Гущина Д.А. Рассекающий остеохондрит мыщелка бедренной кости у детей. Лечение. Современные тенденции // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 501–512. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto585205>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto585205>

Osteochondritis dissecans of the femur in children. Treatment. Modern tendencies

Alexander G. Yeltsin, Iaroslav A. Ivanov, Dmitry S. Mininkov, Daria A. Gushchina

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

ABSTRACT

Osteochondritis dissecans is a pathological condition characterized by the manifestation of subchondral osteonecrosis, which subsequently leads to the separation of the cartilage plate from the femoral condyle. It is a serious condition that can significantly affect patients' quality of life. Despite a significant amount of research, there is still a need to better understand this pathology and to develop effective diagnostic and treatment strategies to achieve optimal clinical outcomes. The aim of this work was to analyze the literature on osteochondritis dissecans of the knee joint and to substantiate modern treatment methods for this disease, as well as to find out the preferred treatment options depending on the age group of patients. Literature sources were analyzed. The search was carried out in the databases RSCI, NCBI Pubmed, Medline for the last 10 years. Osteochondritis dissecans is a disease requiring a modern approach to treatment. With the advent of new technologies and techniques, various therapeutic options have emerged, such as collagen membrane replacement of the defect, mosaic chondroplasty, etc. However, the question of the preferred treatment method remains relevant, especially in view of the age-related characteristics of patients. An individualized approach, taking into account their age, stage of injury and clinical features, is an important aspect for effective treatment of osteochondritis dissecans. Further research and clinical follow-up are needed to better define the most effective treatment strategies and prevent complications.

Keywords: osteochondritis dissecans; children; knee joint.

To cite this article:

Yeltsin AG, Ivanov IA, Mininkov DS, Gushchina DA. Osteochondritis dissecans of the femur in children. Treatment. Modern tendencies. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):501–512. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto585205>

Received: 20.09.2023

Accepted: 14.11.2023

Published: 05.12.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Рассекающий остеохондрит (РО) представляет собой заболевание, характеризующееся остеонекрозом субхондральной кости, что в конечном итоге приводит к отделению хрящевой пластинки от мыщелка бедренной кости. Этот термин был впервые использован Кёнигом в 1887 году [1], а болезнь получила своё название в его честь. Причины возникновения данного заболевания до сих пор плохо изучены, хотя в настоящее время преобладает теория, связанная с частым микротравмированием [2].

Рассекающий остеохондрит является серьёзной проблемой, которая требует дальнейших исследований и разработки эффективных методов лечения. Пациенты с этим заболеванием часто сталкиваются с ограничениями движения и болями в суставе. Однако благодаря современным достижениям в медицине существуют различные подходы к лечению рассекающего остеохондрита. Один из таких подходов — хирургическое вмешательство, включающее замещение дефекта коллагеновой мембраной или применение мозаичной хондропластики. Тем не менее важно учитывать возрастные особенности пациентов при выборе оптимального метода лечения.

Для дальнейшего изучения данного заболевания необходимо проводить более глубокие исследования, включающие анализ большого объёма данных и проведение клинических испытаний. Понимание механизмов возникновения и прогрессии рассекающего остеохондрита позволит разработать новые методы терапии, направленные на улучшение результатов лечения пациентов, страдающих этим заболеванием.

Цель работы — анализ литературы по рассекающему остеохондриту коленного сустава и обоснование современных методов лечения данного заболевания, а также выяснение предпочтительных вариантов лечения в зависимости от возрастной группы пациентов.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Проанализирован ряд литературных источников. Поиск осуществлялся в базах данных РИНЦ, NCBI Pubmed, Medline за последние 10 лет.

Критерии включения публикации в исследование:

- язык статьи: русский, английский;
- тип публикации: литературный обзор, метаанализ, клинический случай.

Критерии исключения публикации из исследования:

- сопутствующие травмы (нестабильность надколенника, разрыв передней крестообразной связки, коллатеральные связки).

ОБСУЖДЕНИЕ

В данном разделе представлены результаты исследования литературы по РО коленного сустава. Анализ

литературных источников, проведённый в данном исследовании, посвящён изучению этиопатогенеза и направлен на обоснование современных методов лечения РО и выяснение предпочтительных вариантов терапии в зависимости от возрастной группы пациентов. Подробное описание результатов поможет лучше понять проблему РО и определить оптимальные подходы к его лечению.

Эпидемиология

Диагноз рассекающего остеохондрита ставится пациентам в возрасте от 6 до 19 лет [3]. Это заболевание чаще встречается у лиц мужского пола, особенно у тех, кто занимается спортом [4, 5]. Часто отмечается повреждение медиального мыщелка бедренной кости. Рассекающий остеохондрит может встречаться как у взрослых, так и у детей. Частота встречаемости рассекающего остеохондрита составляет от 15 до 29 случаев на 100 000 человек [6, 7].

Гипотеза микротравмирования

Эта гипотеза остаётся одной из наиболее изученных в настоящее время. Одним из возможных провоцирующих факторов считается импинджмент между высоким межмыщелковым возвышением (плотный контакт) и внутренней поверхностью медиального мыщелка бедренной кости [8]. В результате регулярных и повторяющихся ударных нагрузок возникает локальный остеонекроз. Некоторые исследователи также отмечают связь между дальностью места прикрепления задней крестообразной связки и увеличивающейся тракционной нагрузкой [9, 10].

Гипотеза локального нарушения кровоснабжения

Ишемическая теория возникновения рассекающего остеохондрита появилась в 1953 году [11]. Green и Banks считали, что нарушение кровоснабжения субхондральной кости приводит к развитию болезни Кёнига. Также существуют объяснения теории с позиции тромбо- и жировой эмболии [12–14], однако результаты гистопатологических исследований не подтверждают эту теорию [11]. K. Olstad с соавт. [2] провели исследование рассекающего остеохондрита с использованием компьютерной томографии (КТ). Все 11 случаев, исследованных с помощью КТ и гистологического анализа, подтвердили наличие ишемического остеонекроза.

Гипотеза воспалительной природы

Воспалительная природа возникновения остеохондрита была описана ещё Кёнигом [1], однако после гистологического исследования образцов свободных внутрисуставных тел данная гипотеза не подтвердилась [15, 16].

Гипотеза генетических причин возникновения

В вопросах поиска связи между рассекающим остеохондритом и генетическим аспектом можно обратиться к E.L. Stattin с соавт. [17]. В своём исследовании автор выделил ген ACAN, мутации в котором он считает ответственными за появление очагов некроза. Это исследование предоставляет возможность более глубоко понять процессы, лежащие в основе развития рассекающего остеохондрита,

и, возможно, в будущем выяснить природу возникновения данного заболевания.

Исследования генетических аспектов рассекающего остеохондрита важны для углубления знаний об этом состоянии и развития новых подходов к его диагностике и лечению. Дальнейшее изучение гена ACAN и его связи с развитием болезни может помочь в разработке индивидуализированных подходов к пациентам и, возможно, внесёт вклад в предотвращение и лечение рассекающего остеохондрита.

Гипотеза эпифизарной оссификации

Впервые эта теория была описана S. Ribbing [18] в 1954 году. Автор считал, что проблема заключается в анатомии и посттравматических изменениях. В подростковом возрасте добавочное ядро окостенения отделяется от основной кости вместе с хрящевой тканью. Причиной этого является неполноценное коллатеральное соединение между сосудами ядра окостенения и соседними участками. Поэтому травма может послужить пусковым механизмом в этой цепи событий.

Эндокринная гипотеза

Гормональные изменения оказывают влияние на весь организм в целом, а также на костный метаболизм, что может привести к структурным изменениям кости. Mubarak с соавт. [19] первыми попытались найти связь между различными эндокринными нарушениями и рассекающим остеохондритом. В зарубежной литературе есть статья J. Bruns с соавт. [20], в которой авторы обнаружили связь между низким уровнем витамина D₃ и болезнью Кёнига у 21 из 23 пациентов.

Гипотеза дискоидного мениска

В зарубежной литературе хорошо описана связь между дискоидным мениском и развитием рассекающего остеохондрита [21, 22]. Патогенез заключается в том, что толщина этого мениска больше и ведёт к изменению биомеханики коленного сустава и вследствие этого — к увеличению нагрузки на наружный мыщелок бедренной кости. Гипотеза также подтверждается тем фактом, что проявления рассекающего остеохондрита латерального мыщелка не типичны и чаще всего встречаются у пациентов с дискоидным мениском [23].

Гипотеза биомеханических изменений

Биомеханическая гипотеза предполагает, что неравномерное распределение нагрузки на коленный сустав может играть значительную роль в возникновении рассекающего остеохондрита. Это неравномерное распределение нагрузки может быть вызвано различными факторами, такими как аномалии в структуре сустава, дисбаланс мышц и суставных повреждений [24].

Исследования показывают, что повышенная механическая нагрузка на определённые участки коленного сустава может приводить к дегенеративным изменениям в хрящевой ткани и субхондральной кости, что в конечном итоге может способствовать развитию рассекающего остеохондрита [25].

Кроме того, исследования, проведённые Camathias с соавт. [26], подтверждают, что повреждение переднего рога мениска может быть фактором, способствующим развитию рассекающего остеохондрита. Нестабильность переднего мениска, вызванная травмой или другими факторами, способна привести к изменению распределения нагрузки на коленный сустав и, соответственно, к дегенерации суставных тканей.

Таким образом, биомеханическая гипотеза и исследования, проведённые в этой области, указывают на важность нормального распределения нагрузки и стабильности структур коленного сустава для предотвращения развития рассекающего остеохондрита. Понимание этих механизмов может помочь в разработке эффективных методов диагностики и лечения данного заболевания.

Патогенез

Большинство гипотез сводятся к двум патогенетическим процессам: локальной ишемии и субхондральным переломам.

В 1953 году Green и Banks провели гистологическое исследование очагов остеонекроза. Считается, что сохранность хрящевого покрытия обеспечивается поступлением питательных веществ из синовиальной жидкости. Однако только на поздних стадиях развития болезни значительные костные дефекты механически нарушают целостность хрящевого покрытия.

C.J. Campbell с соавт. [27] также поднимали вопрос о том, является ли рассекающий остеохондрит следствием повреждения нормального сустава, вызванного травмой, такой как воздействие необычной силы или прямой удар по суставу, или же возникает в результате каких-то заболеваний. Автор в своей статье описал рассекающий остеохондрит мыщелка бедренной кости как идиопатическое асептическое некротическое повреждение растущего эпифиза бедренной кости.

L. Jans с соавт. в своей работе ставили целью исследовать связь между вариантами окостенения мыщелков бедренной кости и вовлечённостью субхондральной кости при рассекающем остеохондрите. Исследование тканей показало, что вариант оссификации мыщелка бедренной кости не имеет связи с рассекающим остеохондритом [28].

Множество авторов описывают патогенетический механизм, связанный с субхондральными переломами. K.G. Shea с соавт. [29] описали в работе два клинических случая, связанных с микротравмированием, которое привело к стрессовому перелому и последующему развитию рассекающего остеохондрита [30, 31]. Данное исследование показывает вариант развития РО, напрямую связанный с травмой коленного сустава.

Вариант оссификации медиального мыщелка бедренной кости, не связанный с рассекающим остеохондритом

Хорошо известно, что существует 4 варианта оссификации медиального мыщелка бедренной кости [32].

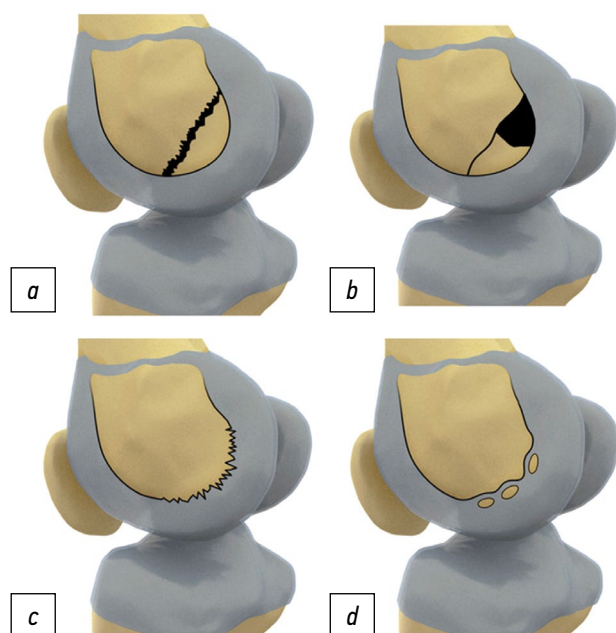


Рис. 1. *a* — вариант мозаичного дефекта, полностью заполненного костью и отделённого от эпифиза сплошной линией, *b* — второй вариант с частично заполненным дефектом, *c* — третий вид не заполнен костью совсем и имеет неровную границу с эпифизом, *d* — четвёртый вариант — отделённые от эпифиза множественные центры оссификации (L. Jans et al., 2012).

Fig. 1. *a* — variant of a mosaic defect, completely filled with bone and separated from the epiphysis by a solid line, *b* — second variant with a partially filled defect, *c* — third type is not filled with bone at all and has an uneven border with the epiphysis, *d* — fourth variant — multiple centers separated from the epiphysis ossification (L. Jans et al., 2012).

К первому виду относится вариант формирования области, полностью заполненной костью и отделённой от эпифиза сплошной линией. Второй вариант отличается от первого лишь частично заполненной зоной (в этом месте ещё не образовалась костная ткань, а имеется хрящевая структура). Третий вид не заполнен костью и имеет неровную границу с эпифизом. Четвёртый вариант представляет собой отделённые от эпифиза множественные центры оссификации (рис. 1).

При анализе магнитно-резонансной томографии (МРТ) эти варианты оссификации являются находками и могут быть неверно определены как очаг рассекающего остеохондрита [33]. Однако они не требуют никакого лечения и проходят по мере роста пациента. Основным расположением этого центра окостенения является задняя треть мыщелка бедренной кости.

Диагностика

Клинически болезнь обычно проявляется в виде болевого синдрома при нагрузках. Однако рассекающий остеохондрит может протекать бессимптомно и быть случайной находкой при проведении МРТ-/КТ-исследований, которые могли быть назначены из-за травмы коленного сустава. Поздние стадии

заболевания могут проявляться в виде заклиниваний в суставе и сильных болей из-за того, что некротизированный фрагмент отделяется от кости, а затем свободно находится в коленном суставе, что может приводить к явлениям синовита [34, 35].

Это означает, что рассекающий остеохондрит может иметь разнообразные клинические проявления и наблюдается как при проявлении симптомов при нагрузках, так и в случаях, когда заболевание не вызывает явных симптомов и обнаруживается только при проведении специальных исследований.

Рентгенологическое исследование является первым шагом к постановке диагноза. Стандартно рентгенография выполняется в двух проекциях. На основании полученных данных выставляется стадия поражения мыщелка бедренной кости. Всего их выделяется четыре. Первая характеризуется дефектом, контуры которого светлее, чем другие участки мыщелка. Вторая проявляется в виде изолированного участка. Третья определяется зоной, полностью отделившейся от мыщелка. Четвёртая характеризуется свободным внутрисуставным телом [10].

МРТ- и КТ-исследования помогут уточнить масштабы повреждения и помочь в преоперационном планировании. На МРТ очаг гипоинтенсивен в режиме T1 и гетерогенен в режиме T2.

Консервативное лечение

При обнаружении небольшого очага некроза (начальные стадии) как находки предпочтительна тактика разгрузки коленного сустава путём ходьбы при помощи костылей сроком до 3 месяцев, а также ограничения физических нагрузок [36], терапии нестероидными противовоспалительными препаратами [37] и иммобилизации в тугоре/гипсовой лонгете на срок до 4 недель [38].

T.L. Sanders с соавт. [39] проследили отдалённые результаты консервативного лечения пациентов с РО мыщелка бедренной кости в период с 1976 по 2014 г. Согласно результатам, из 86 пациентов у 13 диагностирован деформирующий артроз коленного сустава, из них 7 пациентам (средний возраст 58 лет) выполнялось эндопротезирование коленного сустава. В заключение авторы приходят к выводу, что у пациентов с рассекающим остеохондритом в анамнезе более 35 лет вероятность артроза составляет около 30%. Индекс массы тела более 25 и рассекающий остеохондрит являются высокими факторами риска проявления остеоартроза.

S.H.S. Tan с соавт. [40] провели обзор литературы и метаанализ, целью которого было оценить распространённость и факторы риска развития артроза коленного сустава после РО. В итоге было рассмотрено 9 исследований с участием 496 пациентов. Распространённость артроза после рассекающего остеохондрита составила 0,39 (95% ДИ 0,19–0,59). У пациентов с индексом массы тела более 25 кг/м² имелся значительно повышенный риск

развития артроза. Отделённый фрагмент также способствует повышенному риску развития артроза по сравнению с сохранённым фрагментом. Обнаружена гетерогенность при сравнении рассекающего остеохондрита у детей и взрослых. Размер повреждений влиял на частоту развития артроза: так, при размере повреждений более 4 см² риск составлял 2,29 (95% ДИ 1,24–4,23). Остальные факторы риска, такие как пол пациента, местоположение очага рассекающего остеохондрита и хирургическое/консервативное лечение, не оказывали значительного влияния. В связи с этим имеется повышенный риск развития артроза при высоком индексе массы тела и свободном фрагменте. Возраст пациентов и размер поражения при рассекающем остеохондрите также могут играть роль в развитии артроза, но требуют дополнительных исследований для окончательного подтверждения.

B.J. Ross с соавт. [41] в своём исследовании оценивали влияние пола пациента на результаты лечения рассекающего остеохондрита коленного сустава путём систематического обзора имеющихся данных. В итоговый анализ было включено 10 работ, общее количество участников которых составляли 691 (73%) мужчина и 260 (27%) женщин. Их средний возраст колебался от 11,3±2,1 до 34,5±10,3 года, а период наблюдения — от 6 месяцев до 16,3 года. В результате проведённого исследования не было обнаружено значимых различий между мужчинами и женщинами в функциональных показателях. Однако в одном из исследований мужчины имели больший шанс успешного неоперативного результата, а в другом — меньший риск развития симптоматической боли в колене после оперативного или неоперативного лечения в среднесрочной перспективе. В остальных исследованиях клинические исходы были сопоставимы между мужчинами и женщинами. Выводы данного обзора показывают, что клинические и функциональные исходы у мужчин и женщин после лечения рассекающего остеохондрита коленного сустава в целом сравнимы. Результаты указывают на то, что пол пациента не является независимым предиктором исходов после лечения.

L. Andriolo с соавт. [42] провели исследование, цель которого состояла в анализе доказательств потенциала и показаний для нехирургического лечения РО коленного сустава. Были включены отчёты любого уровня доказательств, касающиеся консервативного лечения РО коленного сустава. В результате анализа было выяснено, что ограничение физической активности является благоприятным подходом к консервативному лечению РО коленного сустава, возможно, в сочетании с физиокинезотерапией. Общая частота выздоровления составила 61,4%, однако отмечалась большая вариабельность результатов. Также были выявлены негативные прогностические факторы, такие как большой размер повреждения, более поздние стадии, наличие дискоидного мениска, а также клинические симптомы в виде отёка или блока в суставе.

Оперативное лечение

Остеоперфорации очага некроза

Остеоперфорация очага некроза направлена на его реваскуляризацию. Существует два метода: внесуставная и внутрисуставная остеоперфорация. Внутрисуставная обычно используется, когда очаг пролабирует либо имеется дефект суставного покрытия. Данная процедура выполняется под контролем артроскопа. Обычно используется спица диаметром до 2 мм, которой выполняется просверливание тоннелей в очаге некроза. Внесуставная остеоперфорация выполняется, когда при артроскопической ревизии не наблюдается нарушение суставного хряща. Данная методика выполняется под контролем электронно-оптического преобразователя для визуализации прохождения спицы в мыщелке. Также можно выполнять перфорацию при помощи направителя. В постоперационном периоде проводится иммобилизация сустава на 4–6 недель с последующей разработкой движений в коленном суставе и постепенной нагрузкой [43].

О.Л. Эйсмонт [44] в своей работе проанализировал отдалённые результаты лечения 104 пациентов (72 мужчины и 32 женщины) с различными стадиями рассекающего остеохондрита мыщелков бедра коленного сустава, которым было выполнено 120 малоинвазивных хирургических вмешательств. Для лечения применялись четыре различных метода артроскопически ассистированных глубоких остеоперфораций субхондральной кости: антероградная туннелизация, антероградная туннелизация с пенетрацией, транسخондральная и ретроградная туннелизация. Ближайшие результаты лечения были оценены у всех пациентов через 12 месяцев после операции, отдалённые результаты — у 98 пациентов (94,2%) через 2 года и у 82 пациентов (78,8%) через 9 лет. Анализ отдалённых результатов показал высокую эффективность разработанного хирургического подхода к лечению лиц с рассекающим остеохондритом посредством остеоперфораций субхондральной кости.

Имплантация аутологичных хондроцитов

Процедура забора хрящевой ткани проводится с наименее нагружаемой поверхности мыщелков бедренной кости [45, 46], после чего выполняется подготовка культуры клеток. Обычно трансплантация проводится на 14–21-е сутки с момента первой операции. Выполняется мини-артротомия, затем проводится инъекция культуры хондроцитов в подготовленное ложе. В постоперационном периоде проводится иммобилизация сустава на 8 недель с последующей разработкой движений в коленном суставе и постепенной нагрузкой. J.L. Carey с соавт. [47] в своём исследовании проводили анализ отдалённых результатов после лечения аутологичными хондроцитами сроком до 25 лет. Медиана наблюдения составила 19 лет. Из 61 пациента 62% вернулись к прежнему уровню активности. Отмечается, что только 3% пациентов впоследствии выполнялось эндопротезирование коленного сустава. В заключение авторы рекомендуют выполнение данной процедуры.

Гибридная костно-хрящевая трансплантация

Данная методика разработана Г.Д. Лазишвили в 2017 г. [48]. Процедура операции заключается в дебридменте очага остеонекроза с последующей установкой спонгиозных аутотрансплантатов, взятых из боковых отделов мыщелков бедренной или большеберцовой кости и имплантацией коллагеновой матрицы [49]. Оперативное лечение проводилось у пациентов взрослого возраста. Операция показана при дефектах хрящевого покрытия площадью 5–7 см². Исследование отдалённых результатов лечения сроком до 2 лет проведено у 27 пациентов. Анализ исхода оперативного лечения показал, что у 22 больных отмечены хорошие результаты лечения, у 4 — удовлетворительные, и у одного пациента отмечено осложнение в виде несостоятельности аутотрансплантата.

Мозаичная хондропластика дефекта

Мозаичная костно-хрящевая аутопластика при рассекающем остеохондрите мыщелка бедренной кости используется при IV стадии заболевания [50]. Впервые методика описана в 1998 г. [51]. В отечественной литературе первые упоминания можно встретить в 2002 [52] и 2003 гг. [53]. Оперативная техника похожа на предыдущую. Забор трансплантата проводится с малонагружаемых поверхностей мыщелков бедренной кости с хрящевым покрытием, после чего проводится установка забранного костно-хрящевого стержня в подготовленную область зоны некроза.

Н. Mohamed с соавт. [54] провели исследование, целью которого были изучение результатов мозаичной хондропластики и оценка возможных осложнений. Было выполнено систематическое обзорное исследование, включающее 14 оригинальных статей, опубликованных с января 2014 по июнь 2019 г. Результаты показали, что наиболее часто для оценки результатов лечения применялась шкала KOOS. Кроме того, были использованы шкалы IKDC и HSS, которые также показали положительные изменения после операции. Отмечается, что 54 пациента имели осложнения (включая несостоятельность трансплантата у 16 лиц), требующие повторных вмешательств. В целом, исходя из долгосрочного наблюдения, мозаичная пластика может быть рассмотрена как безопасный и эффективный метод лечения нестабильного РО колена у взрослых пациентов.

Имплантация костно-хрящевого аллотрансплантата

Технически процедура ничем не отличается от вышеописанных методик, за исключением установки аллотрансплантата [55, 56]. Е. J. Cotter с соавт. проводили исследование данной методики у 38 пациентов [57], 31 из которых были удовлетворены результатами лечения. В заключение авторы рекомендуют данное оперативное лечение у пациентов, достигших костной зрелости.

Резюме

В данной работе мы проанализировали результаты лечения пациентов с рассекающим остеохондритом колена,

оценив различные методы лечения, включая оперативные и консервативные подходы. РО является значимой проблемой, которая способна серьёзно влиять на долгосрочный прогноз заболевания у молодых пациентов.

Оперативное лечение РО колена может включать различные процедуры, такие как остеоперфорация очага некроза, гибридная костно-хрящевая трансплантация, мозаичная хондропластика дефекта, имплантация костно-хрящевого аллотрансплантата [58–62]. Результаты показали высокую эффективность оперативного лечения с использованием этих методов.

Однако важно отметить, что консервативные подходы также имеют своё место в лечении РО колена. На основе показаний пациентам может выполняться неоперативное лечение, которое включает ограничение физической активности, физиокинезитерапию, укрепление мышц, физиотерапию, разгрузку конечности, ограничение нагрузки и иммобилизацию.

Проблема рассекающего остеохондрита в целом является серьёзной и требует дальнейшего исследования. РО может вызывать болезненность, отёк и возможное образование свободных тел в коленном суставе, а также блокады сустава. Ранняя диагностика и адекватное лечение РО колена являются ключевыми для предотвращения прогрессирования заболевания и снижения числа возможных осложнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассекающий остеохондрит является серьёзным патологическим состоянием, которое затрагивает субхондральную кость колена у детей, подростков и молодых взрослых. Это заболевание может привести к различным негативным последствиям. Лечение имеет важное значение для предотвращения прогрессирования и улучшения качества жизни пациентов. В целом ведение РО должно быть основано на комплексном подходе, учитывающем клинические особенности пациента и стадию заболевания. Предоставление оптимального лечения, сочетающего оперативные и консервативные методы, является важным аспектом для достижения наилучших результатов терапии у пациентов с рассекающим остеохондритом коленного сустава. В свете последних исследований и развития технологий будущее лечение предоставляет возможность разработки новых инновационных подходов. Они могут включать использование биологических материалов и клеточных технологий, а также развитие интегрированных мультимодальных подходов к лечению. В итоге более глубокое понимание проблемы рассекающего остеохондрита, его причин и оптимальных стратегий терапии имеет важное значение для улучшения результатов лечения и жизни пациентов. Дальнейшие исследования и совместная работа между специалистами различных направлений медицины позволят разработать более эффективные способы терапии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Konig F. The classic: on loose bodies in the joint. 1887 // *Clin Orthop Relat Res*. 2013. Vol. 471, № 4. P. 1107–15. doi: 10.1007/s11999-013-2824-y
2. Olstad K., Shea K.G., Cannamela P.C., Polousky J.D., Ekman S., Ytrelus B., Carlson C.S. Juvenile osteochondritis dissecans of the knee is a result of failure of the blood supply to growth cartilage and osteochondrosis // *Osteoarthritis and cartilage*. 2018. Vol. 26, № 12. P. 1691–1698. doi: 10.1016/j.joca.2018.06.019
3. Kessler J.I., Nikizad H., Shea K.G., Jacobs Jr J.C., Bechuk J.D., Weiss J.M. The demographics and epidemiology of osteochondritis dissecans of the knee in children and adolescents // *Am J Sports Med*. 2014. Vol. 42, № 2. P. 320–6. doi: 10.1177/0363546513510390
4. Hefti F., Beguiristain J., Krauspe R., Moller-Madsen B., Riccio V., Tschauer C., et al. Osteochondritis dissecans: a multicenter study of the European Pediatric Orthopedic Society // *J Pediatr Orthop Part B*. 1999. Vol. 8, № 4. P. 231–45.
5. Andrioli L., Crawford D.C., Reale D., Zaffagnini S., Candrian C., Cavicchioli A., Filardo G. Osteochondritis dissecans of the knee: etiology and pathogenetic mechanisms. A systematic review // *Cartilage*. 2020. Vol. 11, № 3. P. 273–90. doi: 10.1177/1947603518786557
6. Pareek A., Sanders T.L., Wu I.T., Larson D.R., Saris D.B.F., Krych A.J. Incidence of symptomatic osteochondritis dissecans lesions of the knee: a population-based study in Olmsted County // *Osteoarthritis Cartilage*. 2017. Vol. 25, № 10. P. 1663–71. doi: 10.1016/j.joca.2017.07.005
7. Crawford D.C., Safran M.R. Osteochondritis dissecans of the knee // *J Am Acad Orthop Surg*. 2006. Vol. 14, № 2. P. 90–100. doi: 10.5435/00124635-200602000-00004
8. Wechter J.F., Sikka R.S., Alwan M., Nelson B.J., Tompkins M. Proximal tibial morphology and its correlation with osteochondritis dissecans of the knee // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015. Vol. 23, № 12. P. 3717–22. doi: 10.1007/s00167-014-3289-6
9. Cahuzac J.P., Mansat C., Clement J.L., Pasquie M., Gaubert J. The natural history of osteochondritis dissecans of the knee in children // *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1988. Vol. 74 (suppl 2). P. 121–4.
10. Герасименко М.А., Белецкий А.В., Чернявский К.С., Жук Е.В. Болезнь Кёнига коленного сустава у детей: клиника, диагностика, лечение // *Медицинский журнал*. 2007. № 2. С. 28–30.
11. Green W.T., Banks H.H. Osteochondritis dissecans in children // *J Bone Joint Surg Am*. 1953. Vol. 35-A, № 1. P. 26–47; passim.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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

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

12. Axhausen G. Die Aetiologie der Kohler'schen Erkrankung der Metatarsalköpfchen // *Beitr Klin Chir*. 1922. № 126. P. 451–476.
13. Rieger H. Zur Pathogenese von Gelenkmausen // *Munchener Medizinische Wochenschrift*. 1920. № 67. P. 719–720.
14. Fractures and joint injuries / ed. by S.R. Watson-Jones. 4th edition. Vol. 1. Edinburgh (United Kingdom), London: E & S Livingston; 1952.
15. Barrie H.J. Hypertrophy and laminar calcification of cartilage in loose bodies as probable evidence of an ossification abnormality // *The Journal of pathology*. 1980. Vol. 132, № 2. P. 161–168. doi: 10.1002/path.1711320206
16. Barrie H.J. Hypothesis — a diagram of the form and origin of loose bodies in osteochondritis dissecans // *Journal of rheumatology*. 1984. Vol. 11, № 4. P. 512–513.
17. Stattin E.L., Wiklund F., Lindblom K., Önnarfjord P., Jonsson B.A., Tegner Y., et al. A missense mutation in the aggrecan C-type lectin domain disrupts extracellular matrix interactions and causes dominant familial osteochondritis dissecans // *The American Journal of Human Genetics*. 2010. Vol. 86, № 2. P. 126–137. doi: 10.1016/j.ajhg.2009.12.018
18. Ribbing S. The Hereditary Multiple Epiphyseal Disturbance and its Consequences for the Aetiology of Local, Malacias — Particularly the Osteochondrosis Dissecans // *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1954. Vol. 24, № 1–4. P. 286–299. doi: 10.3109/17453675408988571
19. Mubarak S.J., Carroll N.C. Juvenile osteochondritis dissecans of the knee: etiology // *Clin Orthop Relat Res*. 1981. № 157. P. 200–11.
20. Bruns J., Werner M., Soyka M. Is vitamin D insufficiency or deficiency related to the development of osteochondritis dissecans? // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014. Vol. 24, № 5. P. 1575–9. doi: 10.1007/s00167-014-3413-7
21. Mine T., Ihara K., Kawamura H., Date R., Chagawa K. Unusual appearance of an osteochondral lesion accompanying medial meniscus injury // *Arthrosc Tech*. 2014. Vol. 3, № 1. P. e111–e114. doi: 10.1016/j.eats.2013.09.003
22. Maruyama Y., Kaneko K., Baba T. A case of osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle and patellofemoral joint surface occurring in the same knee // *Eur Orthop Traumatol*. 2014. Vol. 5, № 2. P. 171–4. doi: 10.1007/s12570-013-0227-x
23. Deie M., Ochi M., Sumen Y., Kawasaki K., Adachi N., Yasunaga Y., et al. Relationship between osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle and lateral menisci types // *J Pediatr Orthop*. 2006. Vol. 26, № 1. P. 79–82. doi: 10.1097/01.bpo.0000191554.34197.f

24. Hashimoto Y., Yoshida G., Tomihara T., Matsuura T., Satake S., Kaneda K., et al. Bilateral osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle following bilateral total removal of lateral discoid meniscus: a case report // *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008. Vol. 128, № 11. P. 1265–8. doi: 10.1007/s00402-007-0499-0
25. Bramer J.A., Maas M., Dallinga R.J., te Slaa R.L., Vergroesen D.A. Increased external tibial torsion and osteochondritis dissecans of the knee // *Clin Orthop Relat Res.* 2004. № 422. P. 175–9. doi: 10.1097/01.blo.0000126310.02631.f2
26. Camathias C., Hirschmann M.T., Vavken P., Rutz E., Brunner R., Gaston M.S. Meniscal suturing versus screw fixation for treatment of osteochondritis dissecans: clinical and magnetic resonance imaging results // *Arthroscopy.* 2014. Vol. 30, № 10. P. 1269–79. doi: 10.1016/j.arthro.2014.05.010
27. Campbell C.J., Ranawat C.S. Osteochondritis dissecans: the question of etiology // *J Trauma.* 1966. Vol. 6, № 2. P. 201–21.
28. Jans L., Jaremko J., Ditchfield M., De Coninck T., Huyse W., Moon A., et al. Ossification variants of the femoral condyles are not associated with osteochondritis dissecans // *Eur J Radiol.* 2012. Vol. 81, № 11. P. 3384–9. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.01.009
29. Shea K.G., Jacobs J.C. Jr, Grimm N.L., Pfeiffer R.P. Osteochondritis dissecans development after bone contusion of the knee in the skeletally immature: a case series // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013. Vol. 21, № 2. P. 403–7. doi: 10.1007/s00167-012-1983-9
30. Chow R.M., Guzman M.S., Dao Q. Intercondylar notch width as a risk factor for medial femoral condyle osteochondritis dissecans in skeletally immature patients // *J Pediatr Orthop.* 2016. Vol. 36, № 6. P. 640–4. doi: 10.1097/BPO.0000000000000511
31. Hughes J.A., Cook J.V., Churchill M.A., Warren M.E. Juvenile osteochondritis dissecans: a 5-year review of the natural history using clinical and MRI evaluation // *Pediatr Radiol.* 2003. Vol. 33, № 6. P. 410–7. doi: 10.1007/s00247-003-0876-y
32. Jans L., Jaremko J., Ditchfield M., De Coninck T., Huyse W., Moon A., Verstraete K. Ossification variants of the femoral condyles are not associated with osteochondritis dissecans // *European Journal of Radiology.* 2012. Vol. 81, № 11. P. 3384–3389. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.01.009
33. Jans L.B., Jaremko J.L., Ditchfield M., Huyse W.C., Verstraete K.L. MRI differentiates femoral condylar ossification evolution from osteochondritis dissecans. A new sign // *European Radiology.* 2011. Vol. 21, № 6. P. 1170–1179. doi: 10.1007/s00330-011-2058-x
34. Lefort G., Moyon B., Beaufils P., De Billy B., Breda R., Cadilhac C., et al. L'ostéochondrite disséquante des condyles fémoraux: analyse de 892 cas // *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur.* 2006. Vol. 92, № 5. P. 97–141.
35. Accadbled F., Vial J., de Gauzy J.S. Osteochondritis dissecans of the knee // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2018. Vol. 104, № 1. P. S97–S105. doi: 10.1016/j.otsr.2017.02.016
36. Masquijo J., Kothari A. Juvenile osteochondritis dissecans (JOCD) of the knee: current concepts review // *EFORT open reviews.* 2019. Vol. 4, № 5. P. 201–212. doi: 10.1302/2058-5241.4.180079
37. Tepolt F.A., Kalish L.A., Heyworth B.E., Kocher M.S. Nonoperative treatment of stable juvenile osteochondritis dissecans of the knee: effectiveness of unloader bracing // *Journal of Pediatric Orthopaedics B.* 2020. Vol. 29, № 1. P. 81–89. doi: 10.1097/BPB.0000000000000617
38. LeBrun D.G., DeFrancesco C.J., Fabricant P.D., Lawrence J.T. Cost-effectiveness analysis of nonoperative management versus early drilling for stable osteochondritis dissecans lesions of the knee in skeletally immature patients // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2021. Vol. 37, № 2. P. 624–634. doi: 10.1016/j.arthro.2020.09.020
39. Sanders T.L., Pareek A., Johnson N.R., Carey J.L., Maak T.G., Stuart M.J., Krych A.J. Nonoperative management of osteochondritis dissecans of the knee: progression to osteoarthritis and arthroplasty at mean 13-year follow-up // *Orthopaedic journal of sports medicine.* 2017. Vol. 5, № 7. P. 2325967117704644. doi: 10.1177/2325967117704644
40. Tan S.H.S., Tan B.S.W., Tham W.Y.W., et al. The incidence and risk factors of osteoarthritis following osteochondritis dissecans of the knees: a systematic review and meta-analysis // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021. Vol. 29, № 9. P. 3096–3104. doi: 10.1007/s00167-020-06365-y
41. Ross B.J., Hermanns C.A., Xu S., Baker J., Vopat B., Miskimin C., Mulcahey M.K. Males and females exhibit comparable outcomes following treatment of osteochondritis dissecans lesions of the knee: a systematic review // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2022. Vol. 38, № 10. P. 2919–2929. doi: 10.1016/j.arthro.2022.03.015
42. Andriolo L., Candrian C., Papio T., Cavicchioli A., Perdida F., Filardo G. Osteochondritis dissecans of the knee-conservative treatment strategies: a systematic review // *Cartilage.* 2019. Vol. 10, № 3. P. 267–77. doi: 10.1177/1947603518758435
43. Меркулов В.Н., Авакян А.П., Ельцин А.Г., Мининков Д.С. Рассекающий остеохондрит мыщелков бедренной кости у детей и подростков // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2012. Т. 19, № 2. С. 48–55. doi: 10.17816/vto20120248-55
44. Эйсмонт О.Л. Отдалённые результаты лечения рассекающего остеохондрита мыщелков бедра с применением остеоперфораций субхондральной кости // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета.* 2020. Т. 18, № 5. С. 532–537. doi: 10.25298/2221-8785-2020-18-5-532-537
45. Brittberg M., Lindahl A., Nilsson A., Ohlsson C., Isaksson O., Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation // *New england journal of medicine.* 1994. Vol. 331, № 14. P. 889–895. doi: 10.1056/NEJM199410063311401
46. Peterson L., Minas T., Brittberg M., Lindahl A. Treatment of osteochondritis dissecans of the knee with autologous chondrocyte transplantation: results at two to ten years // *JBJS.* 2003. Vol. 85-A (suppl 2). P. 17–24. doi: 10.2106/00004623-200300002-00003
47. Carey J.L., Shea K.G., Lindahl A., Vasiladis H.S., Lindahl C., Peterson L. Autologous chondrocyte implantation as treatment for unsalvageable osteochondritis dissecans: 10- to 25-year follow-up // *The American journal of sports medicine.* 2020. Vol. 48, № 5. P. 1134–1140. doi: 10.1177/0363546520908588
48. Лазишвили Г.Д., Егиазарян К.А., Ратьев А.П., Гордиенко Д.И., Буг-Гусаим А.Б., и др. Гибридная костно-хрящевая трансплантация — инновационная технология для хирургического лечения обширных костно-хрящевых дефектов коленного сустава // *Хирургическая практика.* 2020. № 4. С. 10–17. doi: 10.38181/issn2223-2427.2019.4.10-17
49. Патент РФ на изобретение № 2692228/21.06.19. Егиазарян К.А., Лазишвили Г.Д., Гордиенко Д.И., Храменкова И.В., Шпак М.А. Способ хирургического лечения костно-хрящевых дефектов мыщелков бедренной кости. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2692228C1_20190621?ysclid=lozuoczf4s560836704

50. Шевцов В.И., Карасёва Т.Ю., Карасёв А.Г. Хондропластика при лечении пациента с болезнью Кёнига (первый опыт) // Гений ортопедии. 2006. № 2. С. 100–102.
51. Hangody L., Kish G., Kárpáti Z., Udvarhelyi I., Szigeti I., Bély M. Mosaicplasty for the treatment of articular cartilage defects: application in clinical practice // Orthopedics. 1998. Vol. 21, № 7. P. 751–6. doi: 10.3928/0147-7447-19980701-04
52. Маланин Д.А. Пластика полнослойных дефектов гиалинового хряща в коленном суставе: экспериментальные и клинические аспекты репаративного хондрогенеза: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Волгоград, 2002. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/record/01002307324?ysclid=lozv4nsjjn746979552>
53. Антипов А.В. Артроскопическое замещение дефектов суставной поверхности костно-хрящевыми трансплантатами при рассекающем остеохондрите (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Курган, 2003. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/record/01002321781?ysclid=lozv7oat9m60670050>
54. Mohamed H., Besar M.M., Zayed M.E. Systemic review of management of knee osteochondritis dissecans by mosaicplasty // Al-Azhar Medical Journal. 2021. Vol. 50, № 3. P. 1683–92.
55. Frank R.M., Lee S., Levy D., et al. Osteochondral allograft transplantation of the knee // Am J Sports Med. 2017. Vol. 45. P. 864–874.
56. McCulloch P.C., Kang R.W., Sobhy M.H., Hayden J.K., Cole B.J. Prospective evaluation of prolonged fresh osteochondral allograft transplantation of the femoral condyle: Minimum 2-year follow-up // Am J Sports Med. 2007. Vol. 35, № 3. P. 411–420. doi: 10.1177/0363546506295178
57. Cotter E.J., Frank R.M., Wang K.C., Totlis T., Poland S., Meyer M.A., Cole B.J. Clinical outcomes of osteochondral allograft transplantation for secondary treatment of osteochondritis dissecans of the knee in skeletally mature patients // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2018. Vol. 34, № 4. P. 1105–1112. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.043
58. Bourebaba L., Röcken M., Marycz K. Osteochondritis dissecans (OCD) in Horses — Molecular Background of its Pathogenesis and Perspectives for Progenitor Stem Cell Therapy // Stem Cell Rev and Rep. 2019. Vol. 15, № 3. P. 374–390. doi: 10.1007/s12015-019-09875-6
59. Russo A., Coco V., Zaffagnini S. The effect of autologous adipose derived mesenchymal stem cell therapy on juvenile osteochondritis dissecans of the patella: a case study // Journal of Surgical Case Reports. 2020. Vol. 2020, Issue 8. P. rjaa274. doi: 10.1093/jscr/rjaa274
60. Logli A.L., Bernard C.D., O'Driscoll S.W., et al. Osteochondritis dissecans lesions of the capitellum in overhead athletes: a review of current evidence and proposed treatment algorithm // Curr Rev Musculoskelet Med. 2019. Vol. 12, № 1. P. 1–12. doi: 10.1007/s12178-019-09528-8
61. Vapniarsky N., Moncada L., Garrity C., et al. Tissue Engineering of Canine Cartilage from Surgically Debrided Osteochondritis Dissecans Fragments // Ann Biomed Eng. 2022. Vol. 50, № 1. P. 56–77. doi: 10.1007/s10439-021-02897-7
62. Ai C., Lee Y.H., Tan X.H., Tan S.H., Hui J.H., Goh J.C. Osteochondral tissue engineering: perspectives for clinical application and preclinical development // Journal of Orthopaedic Translation. 2021. Vol. 30. P. 93–102. doi: 10.1016/j.jot.2021.07.008

REFERENCES

1. Konig F. The classic: on loose bodies in the joint. 1887. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(4):1107–15. doi: 10.1007/s11999-013-2824-y
2. Olstad K, Shea KG, Cannamela PC, Polousky JD, Ekman S, Ytrehus B, Carlson CS. Juvenile osteochondritis dissecans of the knee is a result of failure of the blood supply to growth cartilage and osteochondrosis. *Osteoarthritis and cartilage.* 2018;26(12):1691–1698. doi: 10.1016/j.joca.2018.06.019
3. Kessler JI, Nikizad H, Shea KG, Jacobs Jr JC, Bechuk JD, Weiss JM. The demographics and epidemiology of osteochondritis dissecans of the knee in children and adolescents. *Am J Sports Med.* 2014;42(2):320–6. doi: 10.1177/0363546513510390
4. Hefti F, Beguiristain J, Krauspe R, Moller-Madsen B, Riccio V, Tschauner C, et al. Osteochondritis dissecans: a multicenter study of the European Pediatric Orthopedic Society. *J Pediatr Orthop Part B.* 1999;8(4):231–45.
5. Andriolo L, Crawford DC, Reale D, Zaffagnini S, Candrian C, Cavicchioli A, Filardo G. Osteochondritis dissecans of the knee: etiology and pathogenetic mechanisms. A systematic review. *Cartilage.* 2020;11(3):273–90. doi: 10.1177/1947603518786557
6. Pareek A, Sanders TL, Wu IT, Larson DR, Saris DBF, Krych AJ. Incidence of symptomatic osteochondritis dissecans lesions of the knee: a population-based study in Olmsted County. *Osteoarthritis Cartilage.* 2017;25(10):1663–71. doi: 10.1016/j.joca.2017.07.005
7. Crawford DC, Safran MR. Osteochondritis dissecans of the knee. *J Am Acad Orthop Surg.* 2006;14(2):90–100. doi: 10.5435/00124635-200602000-00004
8. Wechter JF, Sikka RS, Alwan M, Nelson BJ, Tompkins M. Proximal tibial morphology and its correlation with osteochondritis dissecans of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(12):3717–22. doi: 10.1007/s00167-014-3289-6
9. Cahuzac JP, Mansat C, Clement JL, Pasquie M, Gaubert J. The natural history of osteochondritis dissecans of the knee in children. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1988;74(suppl 2):121–4.
10. Gerasimenko MA, Beletskii AV, Chernyavskii KS, Zhuk EV. Konig's disease of the knee joint in children: clinical picture, diagnosis, treatment. *Meditinskii zhurnal.* 2007;(2):28–30. (In Russ).
11. Green WT, Banks HH. Osteochondritis dissecans in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1953;35-A(1):26–47; passim.
12. Axhausen G. Die Aetiologie der Kohler'schen Erkrankung der Metatarsalköpfchen. *Beitr Klin Chir.* 1922;(126):451–476. (In German).
13. Rieger H. Zur Pathogenese von Gelenkmausen. *Munchener Medizinische Wochenschrift.* 1920;(67):719–720. (In German).
14. Watson-Jones SR, editor. *Fractures and joint injuries.* 4th edition. Vol. 1. Edinburgh (United Kingdom), London: E & S Livingston; 1952.
15. Barrie HJ. Hypertrophy and laminar calcification of cartilage in loose bodies as probable evidence of an ossification abnormality. *The Journal of pathology.* 1980;132(2):161–168. doi: 10.1002/path.1711320206
16. Barrie HJ. Hypothesis — a diagram of the form and origin of loose bodies in osteochondritis dissecans. *Journal of rheumatology.* 1984;11(4):512–513.
17. Stattin EL, Wiklund F, Lindblom K, Önnérjod P, Jonsson BA, Tegner Y, et al. A missense mutation in the aggrecan C-type lectin domain disrupts extracellular matrix interactions and causes

- dominant familial osteochondritis dissecans. *The American Journal of Human Genetics*. 2010;86(2):126–137. doi: 10.1016/j.ajhg.2009.12.018
18. Ribbing S. The Hereditary Multiple Epiphyseal Disturbance and its Consequences for the Aetiology of Local, Malacjas-Particularly the Osteochondrosis Dissecans. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1954;24(1–4):286–299. doi: 10.3109/17453675408988571
19. Mubarak SJ, Carroll NC. Juvenile osteochondritis dissecans of the knee: etiology. *Clin Orthop Relat Res*. 1981;(157):200–11.
20. Bruns J, Werner M, Soyka M. Is vitamin D insufficiency or deficiency related to the development of osteochondritis dissecans? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;24(5):1575–9. doi: 10.1007/s00167-014-3413-7
21. Mine T, Ihara K, Kawamura H, Date R, Chagawa K. Unusual appearance of an osteochondral lesion accompanying medial meniscus injury. *Arthrosc Tech*. 2014;3(1):e111–e114. doi: 10.1016/j.eats.2013.09.003
22. Maruyama Y, Kaneko K, Baba T. A case of osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle and patellofemoral joint surface occurring in the same knee. *Eur Orthop Traumatol*. 2014;5(2):171–4. doi: 10.1007/s12570-013-0227-x
23. Deie M, Ochi M, Sumen Y, Kawasaki K, Adachi N, Yasunaga Y, et al. Relationship between osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle and lateral menisci types. *J Pediatr Orthop*. 2006;26(1):79–82. doi: 10.1097/01.bpo.0000191554.34197.fd
24. Hashimoto Y, Yoshida G, Tomihara T, Matsuura T, Satake S, Kaneda K, et al. Bilateral osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle following bilateral total removal of lateral discoid meniscus: a case report. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;128(11):1265–8. doi: 10.1007/s00402-007-0499-0
25. Bramer JA, Maas M, Dallinga RJ, te Slaa RL, Vergroesen DA. Increased external tibial torsion and osteochondritis dissecans of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;(422):175–9. doi: 10.1097/01.blo.0000126310.02631.f2
26. Camathias C, Hirschmann MT, Vavken P, Rutz E, Brunner R, Gaston MS. Meniscal suturing versus screw fixation for treatment of osteochondritis dissecans: clinical and magnetic resonance imaging results. *Arthroscopy*. 2014;30(10):1269–79. doi: 10.1016/j.arthro.2014.05.010
27. Campbell CJ, Ranawat CS. Osteochondritis dissecans: the question of etiology. *J Trauma*. 1966;6(2):201–21.
28. Jans L, Jaremko J, Ditchfield M, De Coninck T, Huyse W, Moon A, et al. Ossification variants of the femoral condyles are not associated with osteochondritis dissecans. *Eur J Radiol*. 2012;81(11):3384–9. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.01.009
29. Shea KG, Jacobs JC Jr, Grimm NL, Pfeiffer RP. Osteochondritis dissecans development after bone contusion of the knee in the skeletally immature: a case series. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(2):403–7. doi: 10.1007/s00167-012-1983-9
30. Chow RM, Guzman MS, Dao Q. Intercondylar notch width as a risk factor for medial femoral condyle osteochondritis dissecans in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(6):640–4. doi: 10.1097/BPO.0000000000000511
31. Hughes JA, Cook JV, Churchill MA, Warren ME. Juvenile osteochondritis dissecans: a 5-year review of the natural history using clinical and MRI evaluation. *Pediatr Radiol*. 2003;33(6):410–7. doi: 10.1007/s00247-003-0876-y
32. Jans L, Jaremko J, Ditchfield M, De Coninck T, Huyse W, Moon A, Verstraete K. Ossification variants of the femoral condyles are not associated with osteochondritis dissecans. *European Journal of Radiology*. 2012;81(11):3384–3389. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.01.009
33. Jans LB, Jaremko JL, Ditchfield M, Huyse WC, Verstraete KL. MRI differentiates femoral condylar ossification evolution from osteochondritis dissecans. A new sign. *European Radiology*. 2011;21(6):1170–1179. doi: 10.1007/s00330-011-2058-x
34. Lefort G, Moyen B, Beaufils P, De Billy B, Breda R, Cadilhac C, et al. L'ostéochondrite disséquante des condyles fémoraux: analyse de 892 cas. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 2006;92(5):97–141.
35. Accadbled F, Vial J, de Gauzy JS. Osteochondritis dissecans of the knee. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2018;104(1):S97–S105. doi: 10.1016/j.otsr.2017.02.016
36. Masquijo J, Kothari A. Juvenile osteochondritis dissecans (JOCD) of the knee: current concepts review. *EFORT open reviews*. 2019;4(5):201–212. doi: 10.1302/2058-5241.4.180079
37. Tepolt FA, Kalish LA, Heyworth BE, Kocher MS. Nonoperative treatment of stable juvenile osteochondritis dissecans of the knee: effectiveness of unloader bracing. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2020;29(1):81–89. doi: 10.1097/BPB.0000000000000617
38. LeBrun DG, DeFrancesco CJ, Fabricant PD, Lawrence JT. Cost-effectiveness analysis of nonoperative management versus early drilling for stable osteochondritis dissecans lesions of the knee in skeletally immature patients. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2021;37(2):624–634. doi: 10.1016/j.arthro.2020.09.020
39. Sanders TL, Pareek A, Johnson NR, Carey JL, Maak TG, Stuart MJ, Krych AJ. Nonoperative management of osteochondritis dissecans of the knee: progression to osteoarthritis and arthroplasty at mean 13-year follow-up. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2017;5(7):2325967117704644. doi: 10.1177/2325967117704644
40. Tan SHS, Tan BSW, Tham WYW, et al. The incidence and risk factors of osteoarthritis following osteochondritis dissecans of the knees: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021;29(9):3096–3104. doi: 10.1007/s00167-020-06365-y
41. Ross BJ, Hermanns CA, Xu S, Baker J, Vopat B, Miskimin C, Mulcahey MK. Males and females exhibit comparable outcomes following treatment of osteochondritis dissecans lesions of the knee: a systematic review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2022;38(10):2919–2929. doi: 10.1016/j.arthro.2022.03.015
42. Andriolo L, Candrian C, Papio T, Cavicchioli A, Perdida F, Filardo G. Osteochondritis dissecans of the knee-conservative treatment strategies: a systematic review. *Cartilage*. 2019;10(3):267–77. doi: 10.1177/1947603518758435
43. Merkulov VN, Avakian AP, Yeltsin AG, Mininkov DS. Dissecting osteochondritis of femoral condyles in children and adolescents. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2012;19(2):48–55. (In Russ). doi: 10.17816/vto20120248-55
44. Eismont OL. Long-term results of treatment of dissecting osteochondritis of the femoral condyles with the use of osteoperforations of the subchondral bone. *Journal of Grodno State Medical University*. 2020;18(5):532–537. (In Russ). doi: 10.25298/2221-8785-2020-18-5-532-537
45. Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A, Ohlsson C, Isaksson O, Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *New england journal of medicine*. 1994;331(14):889–895. doi: 10.1056/NEJM199410063311401

46. Peterson L, Minas T, Brittberg M, Lindahl A. Treatment of osteochondritis dissecans of the knee with autologous chondrocyte transplantation: results at two to ten years. *JBJS*. 2003;85-A(suppl 2):17–24. doi: 10.2106/00004623-200300002-00003
47. Carey JL, Shea KG, Lindahl A, Vasiliadis HS, Lindahl C, Peterson L. Autologous chondrocyte implantation as treatment for unsalvageable osteochondritis dissecans: 10- to 25-year follow-up. *The American journal of sports medicine*. 2020;48(5):1134–1140. doi: 10.1177/0363546520908588
48. Lazishvili GD, Egiazyryan KA, Ratyev AP, Gordienko DI, Bug-Gusaim AB, et al. Hybrid bone-cartilage transplantation is an innovative technology for surgical treatment of extensive bone — cartilage defects of the knee joint. *Surgical practice*. 2020;(4):10–17. (In Russ). doi: 10.38181/issn2223-2427.2019.4.10-17
49. Patent RUS № № 2692228/21.06.19. Egiazyryan KA, Lazishvili GD, Gordienko DI, Khramenkova IV, Shpak MA. *Method of surgical treatment of bone-cartilaginous defects of femoral condyles*. Available from: https://yandex.ru/patents/doc/RU2692228C1_20190621?ysclid=lozuoczf4s560836704 (In Russ).
50. Shevtsov VI, Karaseva TYu, Karasev AG. Chondroplasty in treatment of a patient with König disease (early experience). *Genij Ortopedii*. 2006;(2):100–102.
51. Hangody L, Kish G, Kárpáti Z, Udvarhelyi I, Szigeti I, Bély M. Mosaicplasty for the treatment of articular cartilage defects: application in clinical practice. *Orthopedics*. 1998;21(7):751–6. doi: 10.3928/0147-7447-19980701-04
52. Malanin DA. *Plasty of full-layer defects of hyaline cartilage in the knee joint: experimental and clinical aspects of reparative chondrogenesis* [dissertation]. Volgograd; 2002. Available from: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002307324?ysclid=lozv4nsjin746979552> (In Russ).
53. Antipov AV. *Arthroscopic replacement of articular surface defects with bone-cartilage grafts in dissecting osteochondritis (experimental clinical study)* [dissertation]. Kurgan; 2003. Available from: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002321781?ysclid=lozv7oat9m60670050> (In Russ).
54. Mohamed H, Besar MM, Zayed ME. Systemic review of management of knee osteochondritis dissecans by mosaicplasty. *Al-Azhar Medical Journal*. 2021;50(3):1683–92.
55. Frank RM, Lee S, Levy D, et al. Osteochondral allograft transplantation of the knee. *Am J Sports Med*. 2017;45:864–874.
56. McCulloch PC, Kang RW, Sobhy MH, Hayden JK, Cole BJ. Prospective evaluation of prolonged fresh osteochondral allograft transplantation of the femoral condyle: Minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2007;35(3):411–420. doi: 10.1177/0363546506295178
57. Cotter EJ, Frank RM, Wang KC, Totlis T, Poland S, Meyer MA, Cole BJ. Clinical outcomes of osteochondral allograft transplantation for secondary treatment of osteochondritis dissecans of the knee in skeletally mature patients. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2018;34(4):1105–1112. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.043
58. Bourebaba L, Röcken M, Marycz K. Osteochondritis dissecans (OCD) in Horses — Molecular Background of its Pathogenesis and Perspectives for Progenitor Stem Cell Therapy. *Stem Cell Rev and Rep*. 2019;15(3):374–390. doi: 10.1007/s12015-019-09875-6
59. Russo A, Coco V, Zaffagnini S. The effect of autologous adipose derived mesenchymal stem cell therapy on juvenile osteochondritis dissecans of the patella: a case study. *Journal of Surgical Case Reports*. 2020;2020(8):rjaa274. doi: 10.1093/jscr/rjaa274
60. Logli AL, Bernard CD, O'Driscoll SW, et al. Osteochondritis dissecans lesions of the capitellum in overhead athletes: a review of current evidence and proposed treatment algorithm. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2019;12(1):1–12. doi: 10.1007/s12178-019-09528-8
61. Vapniarsky N, Moncada L, Garrity C., et al. Tissue Engineering of Canine Cartilage from Surgically Debrided Osteochondritis Dissecans Fragments. *Ann Biomed Eng*. 2022;50(1):56–77. doi: 10.1007/s10439-021-02897-7
62. Ai C, Lee YH, Tan XH, Tan SH, Hui JH, Goh JC. Osteochondral tissue engineering: perspectives for clinical application and preclinical development. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2021;30:93–102. doi: 10.1016/j.jot.2021.07.008

ОБ АВТОРАХ

* **Иванов Ярослав Александрович**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10;
ORCID: 0000-0002-6352-2784;
eLibrary SPIN: 5575-4630;
e-mail: docyaroslav@gmail.com

Ельцин Александр Геннадьевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-7736-9493;
eLibrary SPIN: 6411-2484;
e-mail: Agyeltsin@mail.ru

Мининков Дмитрий Сергеевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-9490-6932;
eLibrary SPIN: 1494-3179;
e-mail: 4504311@mail.ru

Гущина Дарья Александровна;
ORCID: 0000-0003-1877-3557;
e-mail: gushchina-DA@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Iaroslav A. Ivanov**, MD, Cand. Sci. (Med.);
address: 10 Priorova str., 127299, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-6352-2784;
eLibrary SPIN: 5575-4630;
e-mail: docyaroslav@gmail.com

Alexander G. Yeltsin, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-7736-9493;
eLibrary SPIN: 6411-2484;
e-mail: Agyeltsin@mail.ru

Dmitry S. Mininkov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-9490-6932;
eLibrary SPIN: 1494-3179;
e-mail: 4504311@mail.ru

Daria A. Gushchina;
ORCID: 0000-0003-1877-3557;
e-mail: gushchina-DA@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto595748>

VII Съезд травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа

Е.С. Шигаев¹, С.О. Давыдов^{2,3}, А.М. Мироманов^{2,3}¹ Министерство здравоохранения Республики Бурятия, Улан-Удэ, Россия;² Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия;³ Инновационная клиника «Академия здоровья», Чита, Россия

АННОТАЦИЯ

В кратком сообщении представлена информация о состоявшемся 25–26 августа 2023 года в г. Улан-Удэ VII Съезде травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа совместно с Межрегиональной научно-практической конференцией с международным участием «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии Дальнего Востока». Работа VII Съезда прошла в динамичном и плодотворном формате, что позволило достичь поставленных целей — были рассмотрены современные вопросы профилактики, диагностики, лечения травм, заболеваний и патологических состояний костно-мышечной системы, медицинской реабилитации пациентов, которые позволили усовершенствовать имеющиеся или освоить новые знания, умения, навыки и компетенции обучающихся для осуществления качественной профессиональной деятельности по специальности «травматология и ортопедия», что в конечном итоге сформирует трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом «врач травматолог-ортопед». В завершение работы съезда делегатами была принята резолюция, отражающая наиболее проблемные аспекты службы, решение которых значительно повысит доступность и качество оказания травматолого-ортопедической помощи в Дальневосточном федеральном округе.

Ключевые слова: травматология и ортопедия; съезд; конференция; Дальневосточный федеральный округ.

Как цитировать:

Шигаев Е.С., Давыдов С.О., Мироманов А.М. VII Съезд травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 513–519. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto595748>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto595748>

VII Congress of traumatologists-orthopedists of the Far Eastern Federal District

Eugene S. Shigaev¹, Sergey O. Davydov^{2,3}, Alexander M. Miromanov^{2,3}

¹ Ministry of Health of the Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russia;

² Chita State Medical Academy, Chita, Russia;

³ Innovative clinic "Academy of Health", Chita, Russia

ABSTRACT

The brief message provides information about the VII Congress of Traumatologists and Orthopedists of the Far Eastern Federal District held on August 25–26, 2023 in Ulan-Ude together with the interregional scientific and practical conference with international participation "Topical Issues of Traumatology and Orthopedics of the Far East". The work of the VII Congress was held in a dynamic and fruitful format, which made it possible to achieve the goals set — modern issues of prevention, diagnosis, treatment of injuries, diseases and conditions of the musculoskeletal system, medical rehabilitation of patients were considered, which made it possible to improve existing or master new knowledge, skills, and abilities and the competence of students to carry out high-quality professional activities in the specialty "Traumatology and Orthopedics", which will ultimately form labor functions in accordance with the professional standard "traumatologist-orthopedist". At the end of the Congress, the delegates adopted a resolution reflecting the most problematic aspects of the service, the solution of which will significantly increase the availability and quality of the provision of traumatological and orthopedic care in the Far Eastern Federal District.

Keywords: traumatology and orthopedics; congress; conference; Far Eastern Federal District.

To cite this article:

Shigaev ES, Davydov SO, Miromanov AM. VII Congress of traumatologists-orthopedists of the Far Eastern Federal District. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):513–519. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto595748>

Received: 25.09.2023

Accepted: 25.10.2023

Published: 17.11.2023

25–26 августа 2023 года в г. Улан-Удэ состоялся VII Съезд травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа совместно с Межрегиональной научно-практической конференцией с международным участием «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии Дальнего Востока». Организаторами съезда выступили: Министерство здравоохранения Республики Бурятия, Ассоциация травматологов-ортопедов Бурятии, Ассоциация травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа (ДФО), Ассоциация травматологов-ортопедов России (АТОР), ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена», ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова», ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова», ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера», ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет».

Цель проведения съезда — рассмотрение современных вопросов профилактики, диагностики, лечения травм, заболеваний и патологических состояний костно-мышечной системы, медицинской реабилитации пациентов, которые позволят усовершенствовать имеющиеся или освоить новые знания, умения, навыки и компетенции обучающихся для осуществления качественной профессиональной деятельности по специальности «травматология и ортопедия», что в конечном итоге сформирует трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом «врач травматолог-ортопед», утвержденным Приказом



Рис. 1. Логотип VII Съезда травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа.

Fig. 1. Logotype of the VII Congress of orthopedic traumatologists of the Far Eastern Federal District.

Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 698н от 12.11.2018 г. [1].

Логотип съезда традиционно включал изюминку региона, в частности, был представлен озером Байкал и его аутентичным обитателем — байкальской нерпой (рис. 1).

В конференции приняли участие более 200 человек. В состав участников входили не только травматологи-ортопеды, но и хирурги, реабилитологи из г. Москвы и Московской области, г. Санкт-Петербурга, г. Казани, г. Ташкента (Республика Узбекистан), г. Улан-Батора (Монголия), г. Маньчжурии (КНР), г. Новосибирска, г. Барнаула, г. Кургана, г. Иркутска, г. Улан-Удэ и Республики Бурятия, г. Благовещенска, г. Хабаровска, г. Якутска и Республики Якутия (Саха), г. Читы и Забайкальского края, г. Петропавловска-Камчатского (рис. 2).



Рис. 2. Фото делегатов VII Съезда травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа.

Fig. 2. Photos of the delegates of the VII Congress of orthopedic traumatologists of the Far Eastern Federal District.

Научно-образовательная программа съезда включала пленарные, секционные заседания и мастер-классы, в ходе которых ведущими специалистами были рассмотрены и обсуждены такие важные направления, как организация травматолого-ортопедической помощи в Дальневосточном федеральном округе; организация медицинской помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях; организация высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП): успехи, проблемы, перспективы; современные технологии подготовки кадров для отрасли непрерывного медицинского образования; инновационные технологии в травматологии и ортопедии (лечение пострадавших с политравмой; микрохирургия в травматологии и ортопедии; повреждения и заболевания таза и позвоночника; повреждения конечностей; дегенеративные заболевания опорно-двигательной системы; эндопротезирование суставов; эндовидеохирургические технологии в травматологии и ортопедии; навигация в современной хирургии опорно-двигательной системы; современные технологии остеосинтеза; спортивная травма; современная локальная инъекционная терапия патологии позвоночника и суставов; применение современных биосовместимых материалов в ортопедической хирургии; термические поражения: ожоговая, холодовая травма; травматология и ортопедия детского возраста на современном этапе; гнойно-септические осложнения в травматологии и ортопедии; тромбозмимические осложнения в травматологии и ортопедии; современные технологии диагностики и лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы на фоне остеопороза; современные подходы к хирургии системных и ревматических заболеваний скелета).

Модераторами конференции выступили ведущие учёные — член-корреспондент РАН, профессор Р.М. Тихонов, член-корреспондент РАН, д-р мед. наук, профессор С.В. Виссарионов, профессор А.А. Очкуренко, профессор В.Э. Дубров, профессор И.Ф. Ахтямов, профессор И.И. Шубняков, профессор А.Ф. Лазарев, профессор В.Ю. Мурылев, профессор С.А. Божкова, профессор Г.А. Пальшин, профессор И.В. Борозда, профессор С.О. Давыдов, профессор А.М. Мироманов.

Учитывая высокую научно-практическую значимость представленных на обсуждение вопросов, документация по данному учебному мероприятию аккредитована Комиссией по оценке учебных мероприятий и материалов для непрерывного медицинского образования [2] — 16 кредитов за два дня участия по специальностям «травматология и ортопедия», «физическая и реабилитационная медицина», «организация здравоохранения и общественное здоровье». Проводимое в ходе научно-практической конференции закрытое анкетирование с целью определения удовлетворённости содержанием отдельных структурных элементов и тематики программы образовательного мероприятия показало высокую удовлетворённость респондентами — 4,8 балла из 5 возможных. Не меньший

интерес у специалистов вызвала выставка изделий медицинского назначения — на съезде было представлено более 20 различных компаний-производителей и поставщиков медицинского оборудования, имплантатов, лекарственных и реабилитационных средств.

Работа VII Съезда прошла в динамичном и плодотворном формате, что позволило достичь поставленных целей. В завершение работы съезда правлением МОО «Общество травматологов-ортопедов ДФО» произведено награждение золотым памятным значком за личный вклад и достигнутые успехи в развитии здравоохранения Дальневосточного федерального округа по направлению «травматология и ортопедия» профессора С.О. Давыдова, профессора В.Е. Воловика, профессора Р.З. Алексеева, профессора А.М. Мироманова, канд. мед. наук Е.С. Шигаева. Делегатами была принята резолюция, отражающая наиболее проблемные аспекты службы, решение которых значительно повысит доступность и качество оказания травматолого-ортопедической помощи в Дальневосточном федеральном округе.

РЕЗОЛЮЦИЯ VII СЪЕЗДА ТРАВМАТОЛОГОВ-ОРТОПЕДОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Заслушав и обсудив на пленарном и секционных заседаниях съезда доклады ведущих травматологов-ортопедов России и других его участников — представителей практического здравоохранения, высших учебных заведений, научно-исследовательских учреждений, определили основные позитивные и проблемные вопросы в организации оказания травматолого-ортопедической помощи населению Дальневосточного федерального округа и Российской Федерации в целом.

Основная цель деятельности травматолого-ортопедической службы — обеспечение доступности и своевременности медицинской помощи, повышение эффективности медицинских услуг, объёмы, виды и качество которых должны соответствовать уровню травматизма/заболеваемости и потребностям населения, передовым достижениям медицинской науки.

Дорожно-транспортные происшествия продолжают наносить экономике страны и обществу в целом колоссальный социальный, материальный и демографический ущерб [3].

Отток высококвалифицированных медицинских работников из государственных медицинских организаций и нарастающий дефицит врачей травматологов-ортопедов, несовершенство федеральной нормативно-правовой базы, разбалансировка этапности и преемственности оказания травматолого-ортопедической помощи, в том числе высокотехнологичной, объективная невозможность своевременной медицинской эвакуации пострадавших

в дорожно-транспортных происшествиях с тяжёлыми сочетанными травмами и пострадавших при распространении новых вирусных инфекций, увеличение антимикробной резистентности можно считать угрозами национальной безопасности в сфере охраны здоровья граждан и государства в целом.

В ДФО сохраняется дефицит врачебных кадров травматолого-ортопедического профиля. Обеспеченность врачами травматологами-ортопедами составляет 0,86 на 10 тысяч населения, коэффициент совместительства — 1,6 [4].

Решение основных задач развития травматолого-ортопедической службы в ДФО должно осуществляться по следующим приоритетным направлениям:

- строительство и реконструкция объектов здравоохранения; развитие инфраструктуры и материально-технической базы медицинских организаций, оказывающих травматолого-ортопедическую и реабилитационную помощь, согласно профильным порядкам, с учётом целесообразных изменений в части стандартов оснащения, формирование уровней организаций (I, II, III) и логистической маршрутизации пациентов;
- обеспечение оптимальной доступности для граждан (включая граждан, проживающих в труднодоступных местностях) первичной медико-санитарной помощи, в том числе путём использования мобильных медицинских комплексов, а также обеспечение транспортной доступности медицинских организаций, строительство и реконструкция дорог с твёрдым покрытием;
- совершенствование развития травматолого-ортопедической службы при оказании помощи детскому и подростковому населению;
- совершенствование организации экстренной медицинской помощи гражданам (включая граждан, проживающих в труднодоступных местностях) с использованием санитарной авиации;
- разработка новых медицинских технологий, внедрение их в сферу травматологии-ортопедии и поддержка наиболее актуальных и востребованных направлений медицинской науки;
- дальнейшее совершенствование оказания высокотехнологичной медицинской помощи;
- совершенствование мер профилактики инфекций (в том числе новой коронавирусной инфекции) с целью оказания своевременной и качественной медицинской помощи пациентам травматолого-ортопедического профиля;
- совершенствование системы медицинского образования и кадрового обеспечения службы, предусматривающее увеличение объёма целевого обучения специалистов, актуализацию программ постдипломного образования, приведение их в соответствие с федеральными государственными

образовательными стандартами (ФГОС) и Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 698н от 12.11.2018 г. «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-травматолог-ортопед», реализация цельноориентированного подхода к образовательной деятельности;

- обеспечение готовности государственной, муниципальной и частной систем здравоохранения к координированной, преемственной работе в условиях чрезвычайных ситуаций и в военное время;
- увеличение обеспеченности населения ВМП за счёт расширения перечня видов ВМП, в частности раздела I «Перечень видов высокотехнологичной медицинской помощи, включённых в базовую программу обязательного медицинского страхования, финансовое обеспечение которых осуществляется за счёт субвенции из бюджета Федерального фонда обязательного медицинского страхования бюджетам территориальных фондов обязательного медицинского страхования» Постановления Правительства РФ № 2497 от 29.12.2022 г. «О Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов» [5];
- расширение сети реабилитационных центров на региональном и федеральном уровнях.

На съезде были приняты следующие решения:

- одобрить работу травматологов-ортопедов Дальневосточного федерального округа;
- считать оптимальной в современных социально-экономических условиях организацию трёх уровней системы травматолого-ортопедической помощи в субъектах ДФО Российской Федерации (I, II, III), центров политравмы (тяжёлой сочетанной травмы), высокотехнологичной медицинской помощи и логистической маршрутизации пациентов;
- актуализировать работу главных детских внештатных специалистов травматологов-ортопедов во всех субъектах Российской Федерации;
- для планирования и контроля направлений развития службы травматологии и ортопедии рекомендовать включать главных внештатных травматологов-ортопедов (в том числе детских) субъектов Российской Федерации в состав согласительных комиссий территориальных фондов обязательного медицинского страхования;
- продолжить развитие системы оказания медицинской помощи пострадавшим в результате дорожно-транспортных происшествий в соответствии с целевыми индикаторами национальных проектов «Здравоохранение» и «Демография»;
- продолжить совершенствование экстренной медицинской помощи гражданам с использованием санитарной авиации;

- президиуму Ассоциации травматологов-ортопедов России инициировать внесение изменений Министерством здравоохранения Российской Федерации в Постановление Правительства РФ № 2497 от 29.12.2022 г. «О Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов» в части расширения раздела I такими видами ВМП, как «Пластика крупных суставов конечностей с восстановлением целостности внутрисуставных образований, замещением костно-хрящевых дефектов синтетическими и биологическими материалами» (коды МКБ: M15, M17, M19, M24.1, M87, S83.3, S83.7), что позволит значительно увеличить обеспеченность населения ДФО высокотехнологичной медицинской помощью за счёт оказания данных видов медицинской помощи на местах в медицинских организациях государственной и частной форм собственности и снизит социальную напряжённость ввиду длительности ожидания получения ВМП по данным нозологиям;
- президиуму Ассоциации травматологов-ортопедов России инициировать перед Министерством здравоохранения Российской Федерации создание центра/отделения гнойной остеологии на территории ДФО (Забайкальский край, г. Чита) вследствие значимого увеличения количества пациентов с гнойно-воспалительными осложнениями травм и заболеваний опорно-двигательной системы, а также длительности ожидания получения медицинской помощи по данному направлению;
- президиуму Ассоциации травматологов-ортопедов России инициировать внесение изменений Министерством здравоохранения Российской Федерации в штатное расписание центральных районных больниц путём введения ставок травматологов-ортопедов ввиду значимого увеличения количества пациентов с заболеваниями и травмами костно-мышечной системы и необходимостью регулярного проведения профилактических осмотров пациентам детского и подросткового возраста;
- актуализировать программы постдипломного образования по специальности «травматология и ортопедия» (приведение их в соответствие с ФГОС и Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 698н от 12.11.2018 г. «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-травматолог-ортопед»);
- увеличить объём целевых мест в медицинских вузах для подготовки специалистов в клинической ординатуре по специальности «травматология и ортопедия» с заключением контрактных обязательств и последующей отработкой обучающегося в соответствующих медицинских организациях; расширить социально-экономические программы в регионах по привлечению молодых специалистов;
- продолжить совершенствование телемедицинских технологий с целью согласования тактики лечения с национальными медицинскими исследовательскими центрами России;
- распространить положительный опыт внедрения реабилитационных центров на базах межрайонных центров оказания медицинской помощи (в том числе центральных районных больниц) Забайкальского края по всей территории ДФО и РФ;
- активизировать в регионах работу профессиональной Ассоциации травматологов-ортопедов России, увеличить удельный вес участия специалистов в АТОР. Членам АТОР принять участие в подготовке и обсуждении проектов клинических рекомендаций по лечению пациентов с травмами и заболеваниями костно-мышечной системы;
- продолжить работу съезда травматологов-ортопедов ДФО с периодичностью один раз в два года. Провести VIII Съезд травматологов-ортопедов ДФО в Республике Саха (Якутия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 698н от 12 ноября 2018 г. «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-травматолог-ортопед». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72019308/> Дата обращения: 19.09.2023.
2. Министерство здравоохранения Российской Федерации: портал непрерывного медицинского и фармацевтического образования: официальный сайт. Режим доступа: <https://edu.rosminzdrav.ru> Дата обращения: 19.09.2023.
3. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/search?q=дтп> Дата обращения: 19.09.2023.
4. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, организация травматолого-ортопедической помощи в Российской Федерации в 2019 году: сборник / под ред. С.П. Миронова. Москва, 2022. 514 с.
5. Постановление Правительства Российской Федерации № 2497 от 29.12.2022 г. «О Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов». Режим доступа: <https://base.garant.ru/406065459/> Дата обращения: 19.09.2023.

REFERENCES

1. Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation № 698n of 12 November 2018. "On approval of the professional standard "Traumatologist-Orthopedist". Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72019308/> Accessed: 19.09.2023. (In Russ).
2. Ministry of Health of the Russian Federation: portal of continuing medical and pharmaceutical education: official website. Available from: <https://edu.rosminzdrav.ru> Accessed: 19.09.2023. (In Russ).
3. Federal State Statistics Service: official website. Available from: <https://rosstat.gov.ru/search?q=dtg> Accessed: 19.09.2023. (In Russ).
4. Mironov SP, editor. *Trauma, orthopedic morbidity, organization of traumatological and orthopedic care in the Russian Federation in 2019*: collection. Moscow; 2022. 514 p. (In Russ).
5. Decree of the Government of the Russian Federation № 2497 of 29 December 2022. "On the Program of State Guarantees for the provision of free medical care to citizens for 2023 and for the planning period of 2024 and 2025". Available from: <https://base.garant.ru/406065459/> Accessed: 19.09.2023 (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

Шигаев Евгений Станиславович, д-р мед. наук;

ORCID: 0009-0004-0184-7454;

eLibrary SPIN: 8240-3159;

e-mail: shigaev72@mail.ru

Давыдов Сергей Олегович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0758-8236;

eLibrary SPIN: 2695-0866;

e-mail: davydov-so@mail.ru

* **Миронов Александр Михайлович**, профессор;

адрес: Россия, 672000, Чита, ул. Горького, 39а;

ORCID: 0000-0003-1432-1844;

eLibrary SPIN: 3984-4033;

e-mail: miromanov_a@mail.ru

AUTHORS' INFO

Eugene S. Shigaev, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0009-0004-0184-7454;

eLibrary SPIN: 8240-3159;

e-mail: shigaev72@mail.ru

Sergey O. Davydov, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-0758-8236;

eLibrary SPIN: 2695-0866;

e-mail: davydov-so@mail.ru

* **Alexander M. Miromanov**, MD, professor;

address: 39a Gorkogo str., 672000, Chita, Russia;

ORCID: 0000-0003-1432-1844;

eLibrary SPIN: 3984-4033;

e-mail: miromanov_a@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623802>

К столетию со дня рождения!

АННОТАЦИЯ

2023 год ознаменован столетием со дня рождения целого ряда известных учёных, работавших в Центральном институте травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова и внёсших колоссальный вклад в развитие нашей профессии.

Ключевые слова: юбилей; столетие; травматология и ортопедия; Мстислав Васильевич Волков; Валентин Николаевич Гурьев; Сергей Тимофеевич Зацепин; Илья Аронович Мовшович; Георгий Моисеевич Тер-Егiazаров.

Как цитировать:

К столетию со дня рождения! // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 521–528. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623802>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623802>

On the centenary of birth!

ABSTRACT

The year 2023 marks the 100th anniversary of the birth of many famous scientists who worked at the N.N. Priorov Central Institute of Orthopaedics and made a tremendous contribution to the development of our profession.

Keywords: anniversary; 100th anniversary; traumatology and orthopedics; Mstislav V. Volkov; Valentin N. Guryev; Sergey T. Zatsepin; Ilya A. Movshovich; Georgy M. Ter-Egiazarov.

To cite this article:

On the centenary of birth! *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):521–528. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623802>

Received: 24.11.2023

Accepted: 24.11.2023

Published: 28.11.2023

Мстислав Васильевич Волков (рис. 1) — советский и российский травматолог-ортопед и детский хирург, академик Российской академии медицинских наук (РАМН), а до того — Академии медицинских наук (АМН) СССР (1971), главный травматолог-ортопед Минздрава СССР, лауреат Государственной премии СССР (1972). М.В. Волков родился 1 июня 1923 года во Владивостоке. Один из ведущих травматологов-ортопедов страны, М.В. Волков прошёл славный трудовой путь учёного: участие в Великой Отечественной войне, учёбу и общественную деятельность во Втором Московском медицинском институте (ММИ), клиническую ординатуру и аспирантуру на кафедре детской хирургии и ортопедии Второго ММИ под руководством С.Д. Терновского, работал ассистентом и доцентом той же кафедры и одновременно — деканом педиатрического факультета. В 1952 году он защитил кандидатскую диссертацию «Особенности ампутационной культы конечности у детей». М.В. Волков занимался оперативным лечением врождённого вывиха бедра у детей, врождённого вывиха надколенника, ложных суставов. В период работы во Втором ММИ и ортопедическом отделении Московской детской больницы им. Н.Ф. Филатова проводил клинические исследования по изучению костных опухолей у детей. В 1961 году защитил докторскую диссертацию на тему «Опухоли и дисплазии костей у детей». С 1961 по 1984 год М.В. Волков возглавлял Центральный институт травматологии и ортопедии (ЦИТО) и одновременно — клинику детской костной патологии и подростковой ортопедии института. Стремясь сохранить замечательные традиции ЦИТО, созданные Н.Н. Приоровым, Мстислав Васильевич много внимания уделял росту кадров, заботился о расширении института. Так, был построен ортопедо-травматологический городок, создан ряд новых подразделений, укрепились творческие связи ЦИТО с другими научными ортопедо-травматологическими учреждениями страны, зарубежными учёными. С декабря 1984 года М.В. Волков на педагогической работе — профессор кафедры детской хирургии и ортопедии Российской медицинской академии последипломного образования. Диапазон научных интересов М.В. Волкова широк: им опубликовано 350 научных работ, 17 монографий, многие из которых переведены на английский, французский и немецкий языки. Он — автор учебника для медицинских вузов «Детская ортопедия» (совместно с профессором В.Д. Дедовой). Среди 33 изобретений М.В. Волкова широкую известность получили аппараты Волкова–Оганесяна. С именем М.В. Волкова связаны: описание множественной деформирующей суставной хондродисплазии, разработка методов периостопластической ампутации и реампутации конечностей у детей, артропластики суставов с использованием амниотических колпачков, оперативного лечения врождённого вывиха надколенника и врождённого вывиха бедра у подростков, функционального лечения врождённого вывиха бедра на пластмассовой шине Волкова, аллопластики костных дефектов по типу «вязанки хвороста»,



Рис. 1. Мстислав Васильевич Волков (1923–2001).

Fig. 1. Mstislav Vasilievich Volkov (1923–2001).

ультразвуковой резки и сварки костей и др. В течение 18 лет М.В. Волков — главный травматолог-ортопед Минздрава СССР. Он был председателем Всесоюзного общества травматологов-ортопедов, заместителем председателя Всесоюзного общества хирургов, председателем Совета научных медицинских обществ СССР, председателем Учёного медицинского совета и членом коллегии Минздрава СССР, членом президиума и вице-президентом АМН СССР, заведующим кафедрой Центрального института усовершенствования врачей, работавшей на базе ЦИТО. Он явился организатором кафедр травматологии и ортопедии в медицинских институтах страны, организатором новой структуры института: отделений детской костной патологии, вертебральной хирургии, ревматоидного артрита, эндопротезирования, хирургии кисти, детской травмы, травмы периферических нервов, сочетанной травмы, стопы и рациональной обуви; лабораторий генетики, ультразвука, иммунологии, радиологии, шовных и перевязочных материалов, биоэнергетики, вычислительного центра; скорой специализированной травматологической медицинской помощи (ЦИТО–ГАИ); двух специализированных школ-интернатов для детей с патологией опорно-двигательного аппарата; отделения патентования. Научная и общественная деятельность академика АМН СССР М.В. Волкова отмечена орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Дружбы народов, орденом «Знак Почёта», шестью медалями СССР, орденом

Государственного Знамени Корейской Народно-Демократической Республики. Под руководством Мстислава Васильевича подготовлено 48 докторских и 50 кандидатских диссертаций, написано 17 монографий. Многие его ученики стали известными профессорами, руководителями научных учреждений и клиник. Имя М.В. Волкова широко известно за рубежом. Он являлся почётным членом Болгарского, Кубинского, Польского, Итальянского, Чехословацкого, Венгерского, Югославского обществ травматологов-ортопедов, почётным членом Вроцлавской медицинской академии, членом Европейского общества «Леопольдина», почётным членом академий наук Сербии и Словении. Мстислав Васильевич Волков — академик Международной академии наук США. Неоднократно возглавлял делегации отечественных учёных на зарубежных конгрессах и конференциях. Лауреат Международной премии хирургов им. Р. Дениса (1971), Государственной премии СССР (1972). Заслуженный деятель науки РСФСР и Узбекской ССР, почётный член ряда республиканских и областных обществ травматологов-ортопедов и хирургов. М.В. Волков — член совета старейшин РАМН. Скончался Мстислав Васильевич Волков 11 декабря 2001 года.

Валентин Николаевич Гурьев (рис. 2) — заслуженный деятель науки, лауреат Государственной премии СССР, доктор медицинских наук, профессор, ветеран Великой Отечественной войны — родился 2 апреля 1923 года в Орле. С отличием окончил школу, день окончания которой совпал с днём начала Великой Отечественной войны. Призванного в Красную Армию В.Н. Гурьева направили на учёбу в фельдшерское училище, по окончании которого он в чине младшего лейтенанта служил батальонным фельдшером. После окончания войны и демобилизации с 1945 по 1950 год учился в Курском медицинском институте. После его окончания В.Н. Гурьев работал хирургом и заместителем главного врача в Гродненской больнице (1950–1959). В 1960 году он стал заведовать ортопедическим отделением загородного филиала Московского ортопедического госпиталя. Через год был принят в аспирантуру Центрального института травматологии и ортопедии. Защитил кандидатскую диссертацию по теме «Оперативное лечение неправильных, сросшихся переломов лодыжек» (1964). Оставленный в институте в должности главного врача, а затем заместителя директора по общим вопросам, он возглавлял лечебную работу, занимался хозяйственной деятельностью, так как в этот период в ЦИТО строились здания Опытного-экспериментального предприятия и детского ортопедического корпуса. К его заслугам следует отнести и организацию бригад скорой помощи (ЦИТО–ГАИ) из специалистов института для пациентов с множественной и сочетанной травмой, в результате чего смертность больных этой категории снизилась на треть. Организационную работу В.Н. Гурьеву удавалось сочетать с активным лечением больных, в том числе нуждающихся в операции. Он оперирует много пациентов с двухсторонним коксартрозом. По этой теме в 1971 году им была



Рис. 2. Валентин Николаевич Гурьев (1923–2021).

Fig. 2. Valentin Nikolaevich Guryev (1923–2021).

защита докторская диссертация. За активное внедрение в медицинскую практику эндопротеза К.М. Сиваша в 1974 году ему в составе группы врачей и инженерно-технических работников ЦИТО во главе с автором этого изобретения К.М. Сивашом была присуждена Государственная премия СССР. Через два года В.Н. Гурьев получает звание профессора (1976), а в 1982 году — звание заслуженного деятеля науки РСФСР. Он был одним из первых, кто стал использовать стабильный наkostный остеосинтез при переломах костей и остеотомиях. Валентин Николаевич Гурьев был приглашён стать консультантом 4-го Главного управления при Министерстве здравоохранения СССР. В.Н. Гурьев возглавил травматологическое отделение для взрослых после ухода на пенсию профессора А.В. Каплана в 1984 году. В этот период под его руководством было защищено 2 докторские и 9 кандидатских диссертаций. В.Н. Гурьевым опубликовано более 90 статей в научных периодических изданиях, он автор двух книг — «Консервативное и оперативное лечение повреждений голеностопного сустава» (Москва: Медицина, 1971) и «Двухсторонний коксартроз и его оперативное лечение» (Таллин, 1975). В 1998 году В.Н. Гурьев вышел на пенсию и оставил ЦИТО. Его не стало в 2021 году.

Сергей Тимофеевич Зацепин (рис. 3) — заслуженный деятель науки РСФСР, лауреат государственных премий СССР, профессор — родился 25 июля 1923 года. Всю свою жизнь С.Т. Зацепин посвятил медицине, и основная



Рис. 3. Сергей Тимофеевич Зацепин (1923–2006).

Fig. 3. Sergey Timofeevich Zatsepin (1923–2006).

часть его трудовой биографии неразрывно связана с Центральным научно-исследовательским институтом травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, где он проработал 65 лет. В 1940 году Сергей Тимофеевич поступил в Первый Московский медицинский институт. В самом начале Великой Отечественной войны, 8 июля 1941 года, он пришёл работать санитаром в ЦИТО (тогда институт функционировал как военный госпиталь), где остался на многие годы — был медбратом, затем врачом, старшим научным сотрудником, руководителем отделения, а в последние годы — ведущим научным сотрудником. В 1944 году, будучи студентом пятого курса, Сергей Тимофеевич добровольно отправился на 1-й Украинский фронт, работал хирургом в бригаде академика С.С. Юдина в медсанбатах и хирургических полевых передвижных госпиталях первой линии в 5-й Гвардейской армии. Трудовая и военная доблесть С.Т. Зацепина отмечена орденами Отечественной войны II степени, Трудового Красного Знамени, медалями «За боевые заслуги», «За победу над Германией», «За оборону Москвы», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», «Ветеран труда» и др. Вернувшись с фронта, он продолжил работать в ЦИТО врачом, в 1946 году сдал государственные экзамены и получил диплом врача с отличием. В 1951 году был призван в ряды Советской Армии (старший лейтенант, капитан медицинской службы). До конца 1956 года работал хирургом, травматологом в военных госпиталях. После демобилизации

из армии С.Т. Зацепин вновь вернулся в ЦИТО, участвовал в создании нового для института и страны отделения костной патологии взрослых, в котором работал все последующие годы и которым руководил в течение 24 лет (1966–1990). В 1968 году защитил докторскую диссертацию на тему «Хондроматоз суставов, клиника и лечение». Сергею Тимофеевичу принадлежит большая заслуга в разработке теоретических и практических аспектов органосохраняющей хирургии при опухолях костей, в частности метода пересадки крупных консервированных костных аллотрансплантатов, благодаря которому вместо ампутации стало возможным сохранение функционирующей конечности. За эту работу в 1977 году С.Т. Зацепин был удостоен Государственной премии СССР. Развивая данное направление, он первым в стране в 1967 году предложил оригинальные эндопротезы и модификации имевшихся конструкций для замещения дефектов костей после их резекции при опухолевых поражениях, активно пропагандировал и распространял эти методики. Сергеем Тимофеевичем разработаны и усовершенствованы сохранные операции на плечевом и тазовом поясе, предложены оригинальные методики восстановления каркаса грудной стенки при злокачественных опухолях грудины, ряд оригинальных оперативных вмешательств при опухолях позвоночника. Крупным его достижением явилась разработка нового вида операций — тотального удаления поражённых злокачественными опухолями длинных костей с замещением их специально созданными эндопротезами. Эндопротезирование в комбинации с химиотерапией дало возможность получать хорошие результаты при лечении самой злокачественной и наиболее часто встречающейся опухоли костей — остеогенной саркомы. За эту работу С.Т. Зацепину совместно с группой сотрудников Российского онкологического центра в 1999 году была присуждена Государственная премия Российской Федерации. С.Т. Зацепин — основоположник новой научной школы. Итогом его работы стало создание сохранно-восстановительного направления в лечении больных с опухолями костей. Благодаря его усилиям в стране начала активно изучаться проблема метаболических остеопатий, в том числе остеопороза. В 1984 году была издана монография С.Т. Зацепина «Сохранные операции при опухолях костей», ставшая настольной книгой для ортопедов, онкологов, хирургов. В 2001 году вышла в свет обширная монография «Костная патология взрослых», в которой Сергей Тимофеевич обобщил ценнейший опыт лечения больных с опухолями и опухолеподобными заболеваниями костей, метаболическими остеопатиями, — несомненно лучшая отечественная книга в этой области за многие десятилетия. В 1971 году С.Т. Зацепину было присвоено звание профессора, в 1979 году — звание заслуженного деятеля науки РСФСР. С 1973 по 1979 год он избирался председателем Общества травматологов-ортопедов Москвы и Московской области. С 1961 года был членом правления Всесоюзного и Всероссийского обществ, с 1981

по 1985 год — заместителем председателя, а с 1985 по 1989 год — председателем Всесоюзного общества травматологов-ортопедов. Работы Сергея Тимофеевича Зацепина получили широкое признание не только в нашей стране, но и за рубежом. В течение 12 лет он достойно представлял СССР в Международном обществе хирургической ортопедии и травматологии (СИКОТ), а в 1978 году на конгрессе в Киото (Япония) был избран вице-президентом СИКОТ. Он являлся почётным членом правления ассоциаций и обществ ортопедов и травматологов Российской Федерации, Украины, Болгарии, Сербии, Кубы, Российско-Германского общества. Сергей Тимофеевич Зацепин ушёл из жизни 12 июля 2006 года.

Илья Аронович Мовшович (рис. 4) — выдающийся хирург ортопед-травматолог, доктор медицинских наук, профессор, руководитель ортопедо-травматологической клиники Московской городской клинической больницы им. С.П. Боткина и Московского центра эндопротезирования суставов, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии СССР, премии мэрии Москвы, премии им. Н.И. Пирогова, почётный член научных обществ ортопедов Германии, Чехии, Югославии, действительный член Международной федерации хирургов-вертебрологов, почётный профессор университета им. Пуркинье — родился 17 февраля 1923 года. Природная одарённость сочеталась у него с удивительным трудолюбием. Он приобрёл обширные познания в области топографической анатомии и оперативной хирургии, общей хирургии во время учёбы в аспирантуре Второго Московского медицинского института им. Н.И. Пирогова (1946–1949). В 1950 году он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Хирургическая анатомия сосудов мышц» и в 1950–1956 годах работал на кафедрах топографической анатомии, оперативной и общей хирургии в Витебском медицинском институте. Это позволило ему, придя в 1956 году старшим научным сотрудником в клинику детской ортопедии и травматологии ЦИТО на базе Московского клинического госпиталя, стать первым помощником создателя клиники — корифея мировой ортопедии и травматологии академика Василия Дмитриевича Чаклина. В школе В.Д. Чаклина И.А. Мовшович активно включился в разработку проблемы патологии позвоночника, хирургического лечения сколиоза. Результаты этих исследований были обобщены в его докторской диссертации «Хирургическая анатомия и патогенез сколиоза» (1963). Вторая проблема, которой занимался Илья Аронович в этот период, — патология тазобедренного сустава. Под его руководством были выполнены диссертационные работы, посвящённые консервативному и оперативному лечению врождённого вывиха бедра. Много сил отдавал И.А. Мовшович подготовке кадров детских ортопедов для Москвы. Он был одним из организаторов так называемых Чаклинских сред, активно участвовал в создании в Москве в 1956–1965 годах системы оказания помощи детям и подросткам с патологией опорно-двигательной системы. В полную силу талант



Рис. 4. Илья Аронович Мовшович (1923–1996).

Fig. 4. Ilya Aronovich Movshovich (1923–1996).

И.А. Мовшовича — исследователя, хирурга, организатора — раскрылся в 1965 году, когда он возглавил лабораторию полимеров ЦИТО с ортопедо-травматологической клиникой на базе Боткинской больницы. Более четверти века (до 1992 года) он руководил лабораторией, в которой были созданы силиконовые эндопротезы суставов и костей кисти, лавсановые ленты, плёнка «ОПАЛ–ЦИТО», поливик и др. Особо следует сказать о разработанном И.А. Мовшовичем (совместно с Н.С. Гаврюшенко) первом отечественном металлополимерном протезе тазобедренного сустава. Все 35 разработок лаборатории, признанные изобретениями, перед внедрением в медицинскую практику проходили тщательное исследование и испытание в возглавляемой Ильёй Ароновичем ортопедо-травматологической клинике и в Московском центре эндопротезирования суставов, организованном им в Боткинской больнице (1989). Именно в этой клинике требовательный к себе и соратникам И.А. Мовшович собрал плеяду активных хирургов ортопедов-травматологов. Клиника, бережно хранящая традиции В.Д. Чаклина, по праву считается одной из лучших ортопедо-травматологических школ. Многие из учеников Ильи Ароновича возглавляют сегодня отделения в больницах и клиниках медицинских вузов. Под его руководством защищено 17 докторских и кандидатских диссертаций. Им оставлено большое литературное наследие: 6 монографий, главы в многотомном

руководстве по хирургии, в международном трёхтомном руководстве по ортопедии и травматологии, 260 научных статей, в том числе 15 в Медицинской энциклопедии и 14 в иностранных журналах. Особого внимания заслуживают такие монографии, как «Сколиоз, хирургическая анатомия и патогенез» (1964), «Рентгенодиагностика и принципы лечения сколиоза» (1969), «Полимеры в травматологии и ортопедии» (1978), «Синтетические полимерные материалы в травматологии и ортопедии (эндопротезирование)» (1980), и, конечно, руководство «Оперативная ортопедия», изданное в 1984 и 1994 годах и являющееся настольной книгой ортопедов-травматологов. И.А. Мовшович ушёл из жизни 16 ноября 1996 года.

Заслуженный деятель науки РСФСР, доктор медицинских наук, профессор **Георгий Моисеевич Тер-Егiazаров** (рис. 5) родился 1 апреля 1923 года. В 1949 году Георгий Моисеевич с отличием окончил педиатрический факультет Второго Московского медицинского института им. Н.И. Пирогова и был зачислен в клиническую ординатуру кафедры факультетской хирургии. За время прохождения ординатуры под руководством академика Б.В. Петровского подготовил и защитил кандидатскую диссертацию, посвящённую артродезу голеностопного сустава. С 1954 по 1960 год работал в Витебском медицинском институте ассистентом кафедры факультетской хирургии, а затем — кафедры госпитальной хирургии, организовал ортопедо-травматологическое отделение, на базе которого проводил занятия со студентами VI курса. С 1960 по 1963 год Георгий Моисеевич был ассистентом кафедры детской хирургии Центрального института усовершенствования врачей, вёл курс детской травматологии и ортопедии. С 1963 по 1990 год Г.М. Тер-Егiazаров работал в Центральном институте травматологии и ортопедии и одновременно руководил клинической базой ЦИТО — Детской ортопедо-неврологической больницей им. Е.Л. Шумской. В 1966 году он вместе с М.В. Волковым организовал в ЦИТО детское травматологическое отделение, которое возглавлял до 1988 года, одновременно оставаясь консультантом и научным руководителем больницы им. Е.Л. Шумской. С 1977 по 1987 год был главным детским травматологом-ортопедом Москвы, председателем Медицинского совета по экспертизе отдалённых результатов лечения травм и ортопедических заболеваний у детей. Долгие годы Георгий Моисеевич был бессменным председателем ежемесячно проводимых в Москве научно-практических конференций по детской травматологии и ортопедии, где набирались опыта и знаний практические врачи. Основными направлениями научных исследований Г.М. Тер-Егiazарова являлись врождённый вывих бедра и проблемы детской травматологии. В 1968 году он защитил докторскую диссертацию на тему «Клинико-рентгенологические изменения тазобедренного сустава при врождённом вывихе бедра у детей до и после открытого вправления с капсулярной артропластикой». Георгий Моисеевич внёс существенный вклад в развитие проблемы лечения врождённого вывиха бедра. Им была

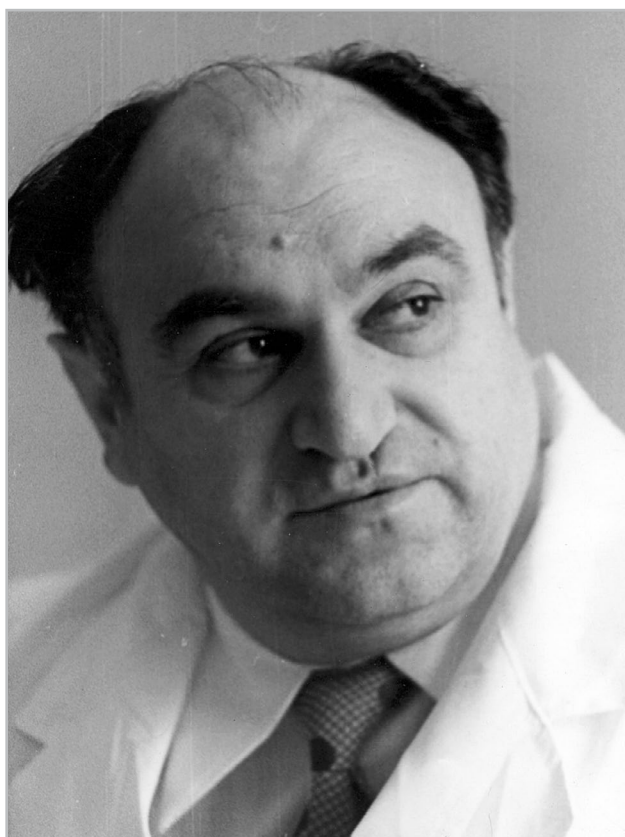


Рис. 5. Георгий Моисеевич Тер-Егiazаров (1923–1994).

Fig. 5. Georgy Moiseevich Ter-Egiazarov (1923–1994).

изучена рентгеноанатомия нормального тазобедренного сустава в возрастном аспекте, разработаны вопросы дифференциальной диагностики дисплазии, подвывиха, вывиха бедра. Одним из первых он провозгласил принцип раннего выявления и раннего лечения врождённого вывиха бедра — начиная с родильного дома. Целенаправленно изучая вопросы патогенеза этого заболевания, он пришёл к выводу, что основополагающим в его развитии является раннее нарушение центрации головки бедренной кости в вертлужной впадине, и, следовательно, только раннее восстановление центрации головки может привести к излечению. Георгий Моисеевич много занимался такими сложными ортопедическими заболеваниями, как артрогрипоз, патологический вывих бедра, юношеский эпифизеолиз, гемигипоплазия и др. Г.М. Тер-Егiazаров был прекрасным детским хирургом-травматологом, мастерски владел всеми методами лечения переломов. Он хорошо знал особенности детской травматологии и неуклонно придерживался принципа учёта компенсаторных возможностей детского организма при выборе лечебной тактики. Им были изучены ошибки и осложнения, встречающиеся при лечении переломов у детей, он умел прогнозировать развитие суставов после внутри- и околосуставных переломов. Им предложены и внедрены в практику различные способы оперативного лечения посттравматических деформаций, контрактур и анкилозов суставов у детей.

Через всю его деятельность красной нитью проходит идея бережного, щадящего отношения к растущему организму, чрезвычайно осторожного подхода к расширению показаний к оперативным вмешательствам. Георгий Моисеевич одним из первых применил у детей компрессионно-дистракционные аппараты. Хорошо зная эту проблему, он выступал противником слепого переноса методов фиксации аппаратами из практики лечения взрослых в детскую травматологию. Важнейшее значение Георгий Моисеевич придавал преемственности в проведении лечения больного. Он считал обязательным для травматолога-ортопеда длительное диспансерное наблюдение за своими юными пациентами в условиях поликлинических отделений — вплоть до завершения периода роста. Г.М. Тер-Егiazаров — автор более 200 научных работ, в том числе 5 монографий. Под его руководством выполнено

6 докторских и 25 кандидатских диссертаций. Он много работал с молодыми врачами, аспирантами, ординаторами. Любил читать лекции, проводил показательные обходы и операции. Человек широкой и доброй души, он отличался чрезвычайной скромностью и необыкновенным трудолюбием, полностью отдавал себя любимому делу — лечению больных детей. Высокоинтеллигентный, строгий и требовательный к себе, он всегда был тактичным, чутким и отзывчивым по отношению к окружающим его людям. Г.М. Тер-Егiazаров скончался 1 сентября 1994 года.

Эти выдающиеся учёные, стоявшие у истоков научных направлений, воспитали десятки учеников и последователей. И в наши дни их неоценимый вклад освещает путь отечественной травматологии и ортопедии.

Редколлегия журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»