

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

**В Е С Т Н И К**  
**ТРАВМАТОЛОГИИ**  
**И ОРТОПЕДИИ**  
**ИМЕНИ Н.Н. ПРИОРОВА**  
**2024 ТОМ 31 №1**

**N.N. Priorov Journal**  
**of Traumatology**  
**and Orthopedics**  
**2024 Volume 31 Issue 1**

## 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 переулк, 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/](http://www.journals.eco-vector.com/0869-8678/)

## ИНДЕКСАЦИЯ

• РИНЦ (ядро) • SCOPUS • ВАК К1 • 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 08.04.2024.  
Подписано в печать 19.04.2024.  
Выход в свет 30.04.2024. Формат 60 × 881/8.  
Печать офсетная. Печ. л. 17,5. Усл. печ. л. 16,3.  
Уч.-изд. л. 9,5. Тираж 500 экз. Заказ No 240053

Отпечатано в ООО «ДЕЛОВАЯ ПОЛИГРАФИЯ»  
Адрес: 117588, г. Москва, Литовский б-р, д. 34, кв. 8  
Телефон: +7 985 905-64-12  
Цена свободная.

16+

© ООО «Эко-Вектор», 2024

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

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

Том 31 | Выпуск 1 | 2024

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 им. 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  
им. 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».

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

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

### Adv. department

Phone: +7 (968) 545 78 20

E-mail: [adv2@eco-vector.com](mailto:adv2@eco-vector.com)

## EDITORIAL OFFICE

### Executive editor

Diana A. Trukhina

E-mail: [vto@eco-vector.com](mailto: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/](http://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 31 | Issue 1 | 2024

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.



## 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: 0000-0003-6738-7348

**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

**Лажнев 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 физиопульмонологии» 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

**Очуренко 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

**Кавагуги Е.**  
Университет Тоямы, Япония  
ORCID ID: 0000-0001-7710-6012

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

# N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics

Volume 31 | Issue 1 | 2024

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

**Vissarionov 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. Evdakov, 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. Ilyarov 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, FInstLM, 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

*С.С. Родионова, Х.З.А. Аси, А.В. Кривова, Э. М. Муртазина*

Дооперационные предикторы летальности при переломах проксимального отдела бедренной кости ..... 9

*В.Н. Шиманский, Р.А. Султанов, Д.Г. Юсупова, В.К. Пошатаев, А.А. Зимин, С.В. Тяняшин,  
А.Б. Зайцев, В.В. Карнаухов, Н.А. Супонева*

Оценка качества жизни у пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода с помощью разработанного опросника в условиях нейрохирургической клиники ..... 21

*М.В. Паршиков, А.Б. Кошкин, Н.В. Ярыгин, С.В. Новиков, А.А. Прохоров, М.В. Говоров, Р.Н. Алиев, В.В. Гурьев*

Опыт применения 3D-моделирования в лечении переломов пилона (дистального метаэпифиза большеберцовой кости) ..... 31

*У.Ф. Мамедов, А.Д. Томов, О.И. Гатамов, Д.А. Попков*

Эффективность управляемого роста в коррекции неравенства длины нижних конечностей в рамках многоуровневых одномоментных ортопедических вмешательств у детей с гемипаретическими формами церебрального паралича ..... 45

*А.А. Кулешов, А.Г. Назаренко, В.А. Шаров, М.С. Ветрилэ, А.В. Овсянкин, Е.С. Кузьминова,  
И.Н. Лисянский, С.Н. Макаров, Ю.В. Струнина*

Сравнительная характеристика параметров шейного сагиттального баланса и критериев атлантаксиальной нестабильности у детей в норме и с синдромом Дауна ..... 55

*А.В. Крутько, А.Г. Назаренко, Г.Е. Бальчев, Е.С. Байков, О.Н. Леонова*

Предикторы успеха декомпрессивных хирургических вмешательств при дегенеративном поясничном стенозе ..... 67

*С. Варма, П.К. Шарма, А. Файзал, А. Лукас*

Боли в плечевом суставе: сравнительный анализ данных динамической ультрасонографии и магнитно-резонансной томографии ..... 81

## КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

*Д.С. Кудашев, Г.Н. Светлова, М.Ю. Сефединова, С.Д. Зуев-Ратников, А.А. Князев*

Аваскулярный некроз головки бедренной кости в сочетании с септическим артритом тазобедренного сустава ..... 91

## ОБЗОРЫ

*К.Р. Шерматов, М.В. Паршиков, К.М. Меджидов*

Летальность при переломах дистального отдела бедренной кости (обзор литературы) ..... 101

*Д.И. Казанцев, А.А. Очкуренко, В.А. Пелеганчук, Ю.М. Батрак*

Оценка эффективности локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Систематический обзор литературы. .... 109

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Приоровские чтения — 2023. .... 127

## ЮБИЛЕИ

Поздравляем академика РАН Г.П. Котельникова с 75-летием! ..... 133

К столетию лауреата Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР профессора К.М. Сиваша. .... 137

— в открытом доступе на сайте журнала

# CONTENTS

---

## ORIGINAL STUDY ARTICLES

-  *Svetlana S. Rodionova, Habiballah Zaid A. Asi, Alla V. Krivova, Elmira M. Murtazina*  
Preoperative predictors of mortality in fractures of the proximal femur ..... 9
-  *Vadim N. Shimanskiy, Ruslan A. Sultanov, Dzhamilya G. Yusupova, Vladimir K. Poshataev, Aleksey A. Zimin, Sergey V. Tanyashin, Aleksandr B. Zaitsev, Vasily V. Karnaukhov, Natalya A. Suponeva*  
Evaluation of the quality of life in patients with meningiomas of the craniovertebral junction using a developed questionnaire in a neurosurgical clinic ..... 21
-  *Mikhail V. Parshikov, Arsenty B. Koshkin, Nikolay V. Yarigin, Sergey V. Novikov, Andrey A. Prokhorov, Mikhail V. Govorov, Rasul N. Aliev, Vladimir V. Guriev*  
Our experience in 3D-modelling in pilon (distal tibial plafond) fractures ..... 31
-  *Ulvi F. Mamedov, Ahmed D. Tomov, Orkhan I. Gatamov, Dmitry A. Popkov*  
The effectiveness of controlled growth in correcting the inequality of the length of the lower extremities in the framework of multi-level simultaneous orthopedic interventions in children with hemiparetic forms of cerebral palsy. .... 45
-  *Alexander A. Kuleshov, Anton G. Nazarenko, Vladislav A. Sharov, Marchel S. Vetrile, Anatoliy V. Ovsyankin, Elena S. Kuzminova, Igor N. Lisyansky, Sergey N. Makarov, Uliya V. Strunina*  
Comparative characteristics of cervical sagittal balance parameters and atlantoaxial instability criteria in normal and Down syndrome children ..... 55
-  *Aleksandr V. Krutko, Anton G. Nazarenko, Gleb E. Balychev, Evgenii S. Baykov, Olga N. Leonova*  
Success predictors of decompressive surgical treatment for lumbar degenerative spinal canal stenosis ..... 67
-  *Sparsh Varma, Praveen K. Sharma, Afwaan Faizal, Ajay Lucas*  
Exploring shoulder joint pain: a comparative analysis of dynamic ultrasonography and magnetic resonance imaging ..... 81

## CLINICAL CASES

- Dmitriy S. Kudashev, Galina N. Svetlova, Maria Yu. Sefedinova, Sergey D. Zuev-Ratnikov, Andrey A. Knyazev*  
Avascular necrosis of the femoral head in combination with septic arthritis of the hip joint. .... 91

## REVIEWS

- Kymbatbek R. Shermatov, Mikhail V. Parshikov, Kamal M. Medjidov*  
Mortality in fracture of the distal femoral bone (review) ..... 101
- Dmitriy I. Kazantsev, Aleksandr A. Ochkurenko, Vladimir A. Peleganchuk, Yurii M. Batrak*  
The evaluation of the effectiveness of cryotherapy after a knee replacement in the early postoperative period. Systematic review. .... 109

## BRIEF MESSAGES

-  Priorovsky Readings — 2023 ..... 127

## ANNIVERSARY

-  Congratulations to Academician of the Russian Academy of Sciences Gennadiy P. Kotelnikov on his 75<sup>th</sup> anniversary! ..... 133
-  On the 100<sup>th</sup> anniversary of the laureate of the USSR State Prize, the USSR Council of Ministers Prize, Professor Konstantin M. Sivash ..... 137

 Open Access online

## Дорогие друзья, коллеги!

Наступил 2024 год!

Это 30-й год выпуска нашего журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», впервые увидевшего свет в 1994 году.

У его истоков стояли выдающиеся отечественные учёные — член-корреспондент РАН Юлий Георгиевич Шапошников (основатель и главный редактор журнала с 1994 по 1998 г.) и академик РАН Сергей Павлович Миронов (главный редактор журнала с 1999 по 2023 г.). Журнал выходит четыре раза в год, у него множество постоянных читателей, прежде всего травматологов-ортопедов. В нём были опубликованы сотни оригинальных статей, описаний клинических случаев, лекций, обзоров литературы по актуальным темам. Сегодня мы бережём и развиваем традиции журнала.

В 2023 году журнал получил высший рейтинг — категорию «К1» в Российской системе цитирования, разработанной ВАК РФ. Принадлежность к этой системе позволяет авторам публиковать материалы для подготовки не только кандидатских, но и докторских диссертационных работ.

С 2023 года статьи, опубликованные в журнале «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», индексируются в международной информационной базе SCOPUS.

В 2024 году ВАК РФ утвердила дополнительные специальности для публикации в нашем журнале: 3.1.6 — «онкология, лучевая терапия», 3.1.10 — «нейрохирургия», 3.1.25 — «лучевая диагностика», 3.1.33 — «восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия».

От всего коллектива Центра выражаю искреннюю благодарность всем, кто работает над журналом, — редколлегии, издательству, авторам статей, рецензентам и, конечно, читателям.

Всегда ждём ваших новых статей, пожеланий, замечаний и предложений.

С уважением,

**главный редактор журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»,  
директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии  
и ортопедии им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ, главный внештатный  
специалист травматолог-ортопед МЗ РФ, профессор РАН А.Г. Назаренко**

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611130>

# Preoperative predictors of mortality in fractures of the proximal femur

Svetlana S. Rodionova<sup>1</sup>, Habiballah Zaid A. Asi<sup>2</sup>, Alla V. Krivova<sup>2</sup>, Elmira M. Murtazina<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Tver' State Medical University, Tver', Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Age and comorbidities are considered independent preoperative predictors of mortality in proximal femoral fractures; however, their contribution remains debatable.

**AIM:** To assess the prognostic significance of age and Charlson Comorbidity Index (CCI) of the survival of older people with proximal femoral fractures.

**MATERIALS AND METHODS:** This retrospective prospective study included all cases of proximal femoral fractures that occurred between January 1, 2019, and December 31, 2019, in individuals over 50 years of age from the cities of Tver, Torzhok, Rzhev, VyshnyVolochek, and Kashin. ICD-10 codes: S72.0, S72.1, and S72.2. The CCI of each patient was calculated using an online calculator and clinical data obtained from patient and outpatient records. Statistical analysis. Survival was estimated using Kaplan–Meier curves and the average number of deaths per day per 1000 people. The follow-up interval was obtained in days from the time of injury to the event of death or last contact with the patient. The minimum observation period was 876 days, and the maximum was 1492 days.

**RESULTS:** The survival rate of patients decreased from younger to older age groups, both among those operated on and those who were not. Patients aged  $\geq 85$  years were at greatest risk (median survival: 257 days; 95% CI: 36.6–478.3). CCI was significantly associated with survival: the risk of death with CCI  $>3$  was 3–6 times higher than that with CCI 2–3, depending on the follow-up interval. CCI reflected health status more than age: within the same age group, there were patients with different CCIs.

**CONCLUSION:** Using age and CCI simultaneously as predictors of mortality and more accurate indicators of health status will enable the planning of the utilization of additional medical and social resources in the preoperative and postoperative periods, thereby increasing survival.

**Keywords:** Charlson index; proximal femur fracture; survival; mortality.

## To cite this article:

Rodionova SS, Asi HZA, Krivova AV, Murtazina EM. Preoperative predictors of mortality in fractures of the proximal femur. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):9–19. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611130>

Received: 21.10.2023

Accepted: 14.11.2023

Published online: 11.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611130>

# Дооперационные предикторы летальности при переломах проксимального отдела бедренной кости

С.С. Родионова<sup>1</sup>, Х.З.А. Аси<sup>2</sup>, А.В. Кривова<sup>2</sup>, Э. М. Муртазина<sup>1</sup><sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;<sup>2</sup> Тверской государственный медицинский университет, Тверь, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Возраст и коморбидность рассматриваются как независимые дооперационные предикторы летальности при переломах проксимального отдела бедренной кости, однако их вклад остаётся предметом дискуссии.

**Цель.** Оценить прогностическую значимость возраста и индекса Charlson CCI для выживаемости лиц старших возрастных групп при переломах проксимального отдела бедренной кости.

**Материалы и методы.** Ретроспективно-проспективное исследование с включением всех случаев переломов проксимального отдела бедренной кости (коды по МКБ-10: S72.0, S72.1, S72.2), имевших место с 1 января по 31 декабря 2019 года у лиц старше 50 лет городов Твери, Торжка, Ржева, Вышнего Волочка и Кашина. Индекс Charlson для каждого пациента рассчитан с помощью онлайн-калькулятора и использования клинических данных, полученных из историй болезни и амбулаторных карт пациентов. Выживаемость оценивалась с помощью кривых Каплана–Мейера и среднего количества смертей в день на 1000 человек. Интервал наблюдения рассчитывался в днях с момента травмы до события смерти или последнего контакта с пациентом. Минимальный срок наблюдения составлял 876 дней, максимальный — 1492 дня.

**Результаты.** Выживаемость пациентов закономерно снижалась от менее возрастной к более возрастной группе как среди оперированных, так и неоперированных. Возраст наибольшего риска летальности — 85 лет и старше (медиана выживаемости — 257 дней, 95% ДИ 36,6–478,3). CCI значимо связан с выживаемостью: риск смерти при CCI >3 баллов выше по сравнению с CCI 2–3 балла в зависимости от интервала наблюдения в 3–6 раз. В исследуемой популяции CCI в большей степени, чем возраст, отражал состояние здоровья: в одной возрастной группе были пациенты с разным CCI.

**Заключение.** Применение в качестве предикторов летальности одновременно возраста и CCI как более точного показателя состояния здоровья позволит запланировать использование в дооперационном и раннем послеоперационном периоде дополнительных медицинских и социальных ресурсов и тем самым повысить выживаемость.

**Ключевые слова:** индекс Charlson; перелом проксимального отдела бедра; выживаемость; летальность.

## Как цитировать:

Родионова С.С., Аси Х.З.А., Кривова А.В., Муртазина Э.М. Дооперационные предикторы летальности при переломах проксимального отдела бедренной кости // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 9–19. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611130>

## BACKGROUND

Proximal femoral fractures (PFFs) in older people are a common cause of mortality [1]; therefore, assessing its risk and survival expectations is important when deciding on the treatment approach. This information is important for older people who have the most pronounced comorbidity [2]. Age, male sex, residence in a nursing home, and multiple comorbid diseases are most often considered preoperative independent predictors of mortality in PFF [3]. However, no evidence confirms the influence of each of them on 1-year and mid-term mortality rates. Therefore, the need for continued research is emphasized, and this most concerns the assessment of predictors such as age and comorbidity [1, 4–7].

This study aimed to assess the prognostic significance of age and the Charlson index for the survival rate of patients with PFF aged >50 years. The primary and secondary endpoints of the study were the 1-year survival rate and the 2- and 3-year survival rates, respectively.

## MATERIALS AND METHODS

### Study design

A retrospective and prospective study was conducted.

### Eligibility criteria

All patients with PFF had ICD-10 diagnosis codes S72.0 (femoral neck fracture), S72.1 (pertrochanteric fracture), and S72.2 (subtrochanteric fracture).

### Conditions

The study was conducted from January 1 to December 31, 2019, and included patients who applied to the emergency department of the clinic and/or were hospitalized in the trauma departments of the cities of Tver, Torzhok, Rzhev, Vyshny Volochyok, and Kashin.

### Methods for recording outcomes

Information for assessing outcomes was obtained through telephone contact (one time) with the patient or his/her relatives. If the telephone contact did not happen (call not answered), the patient's death was excluded or confirmed by data from the regional BARS system (operating since the end of 2019) or the federal notary chamber. The follow-up interval was calculated in days from the time of injury to the death or the last contact with the patient. The minimum and maximum follow-up periods were 876 and 1492 days, respectively.

To predict mortality, the Charlson comorbidity index (CCI) was used along with age. As a final indicator of a patient's multimorbid status, the CCI was calculated in points using an online calculator, which included data on associated comorbidity categories, each of which has a corresponding score (from 1 to 6) with an adjusted

mortality risk and added a score corresponding to the patient's age (attached in calculator per every 10 years). In this study, data obtained from medical records or outpatient records were entered into an online calculator. The analysis included 443 cases of fracture, 111 and 332 of which were treated surgically and conservatively, respectively; therefore, the effects of age and CCI on survival were assessed separately for the operated and nonoperated groups. The number of patients in the operated group decreased significantly with age ( $p < 0.001$ , Pearson's  $\chi^2$  test). After the follow-up period, 239 out of 443 patients remained alive, and 204 patients died. The cumulative mortality rates after 1, 2, and 3 years were 6.3%, 11.7%, and 15.3% in the operated group and 32.5%, 44%, and 57.5% in the conservative group, respectively. The survival rate for different types of treatment was not compared because in surgical treatment, survival was also influenced by predictors such as the surgery itself and the duration of the preoperative period.

### Statistical analysis

IBM SPSS Statistics for Windows version 23 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) was used. Pearson's  $\chi^2$  test was used to assess the relationship between ordinal or nominal variables. The pairwise correlation coefficient was calculated using the Spearman method. Receiver operating characteristic (ROC) and Kaplan–Meier curves were used to distribute the patients into groups by age and CCI, respectively. The patient survival rate was studied using the Kaplan–Meier method. The probability of survival to a certain date was given with a 95% confidence interval. The minimum and maximum follow-up periods were 876 and 1492 days, respectively. Patients lost to follow-up before the maximum period expiration were censored (on the right). Pairwise comparisons were assessed using the log-rank test. The average number of people per day who died at a random interval was calculated using the equation:

$$Q \text{ (patients)} = \frac{A \times 1000}{L \times (N - a)},$$

where  $A$  is the number of deaths in the interval,  $L$  is the interval duration in days,  $N$  is the initial number of patients in the group analyzed,  $a$  is the number of patients who died in previous time intervals, and  $Q$  is the average number of patients who died in the interval per day per 1000 people in a group.

### Ethical considerations

The study complied with ethical standards of the Declaration of Helsinki of the World Association "Ethical Principles for Scientific Medical Research Involving Human Subjects" as amended in 2000 and the "Rules for Clinical Practice in the Russian Federation" approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 266 of June 19, 2003.

## RESULTS

### Age and survival rate

ROC curves (area, 0.670) were used to obtain the age groups that differed most in survival. The critical points of  $\leq 77$  years (group 1),  $\geq 78$  years (group 2), and  $\geq 85$  years (group 3) were obtained.

Table 1 presents the number of patients in the selected age groups and death cases by the end of the follow-up period in the nonoperated and operated groups. The survival rates of patients by age groups are presented in Figs. 1 and 2 for the nonoperated and operated groups, respectively.

In the nonoperated group (Fig. 1), pairwise comparisons revealed that the survival period in group 1 was significantly longer than those in groups 2 and 3 ( $p=0.001$  and  $p < 0.001$ , respectively). The survival rate in group 2 was significantly different from that in group 3 ( $p < 0.001$ , log-rank test). The median survival rate in group 1 was not reached at the end of follow-up, while it was reached by day 973 in group 2 (95% CI 613.6–1332.4) and day 257 in group 3 (95% CI 36.6–478.3).

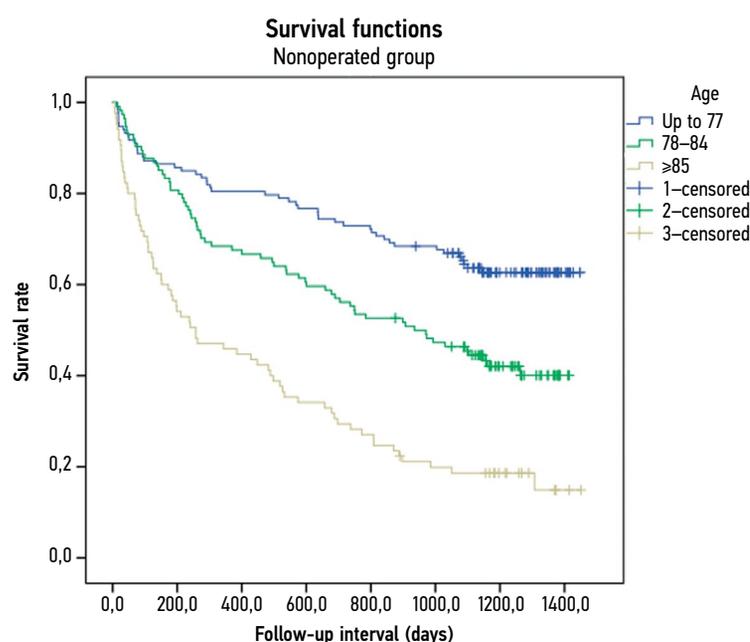
In the operated group (Fig. 2), the survival rate in group 1 was significantly greater than that in group 2 ( $p < 0.001$ , log-rank test). In group 3, only three patients underwent surgery; therefore, statistical analysis was not performed. The median survival in both groups 1 and 2 was not reached during the follow-up interval. The average number of deaths per day separately for the operated and nonoperated groups is presented in Table 2.

In the nonoperated group (Table 2), the average number of deaths per day was the greatest in the first 90 days; and among those aged  $>85$  years, the number was significantly higher than those in the other two groups. If in group 1 this indicator decreased significantly at subsequent intervals, then in group 2 and, particularly, in group 3, it remained elevated at all follow-up intervals. In the operated group, the average number of deaths per day in group 1 was low throughout the follow-up period; in group 2, it was slightly higher and practically did not change during the first 2 years; a downward trend was noted only in year 3. Estimating the indicator in the group aged  $>85$  years of

**Table 1.** Proximal femur fracture outcomes in selected age groups, operated and unoperated patients by the end of follow-up period

Surgery	Age groups	All patients	Death counts	Quantity	
				<i>n</i>	%
No	1st	133	49	84	63.2
	2d	114	66	48	42.1
	3rd	85	70	15	17.6
	All	332	185	147	44.3
Yes	1st	87	10	77	88.5
	2d	21	7	14	66.7
	3rd	3	2	1	33.3
	All	111	19	92	82.9

Note. Group 1 — under 77 years old, group 2 — 78–84 years old, and group 3 — 85 years old and over.



**Fig. 1.** Kaplan-Meier survival curves of unoperated patients in selected age groups.

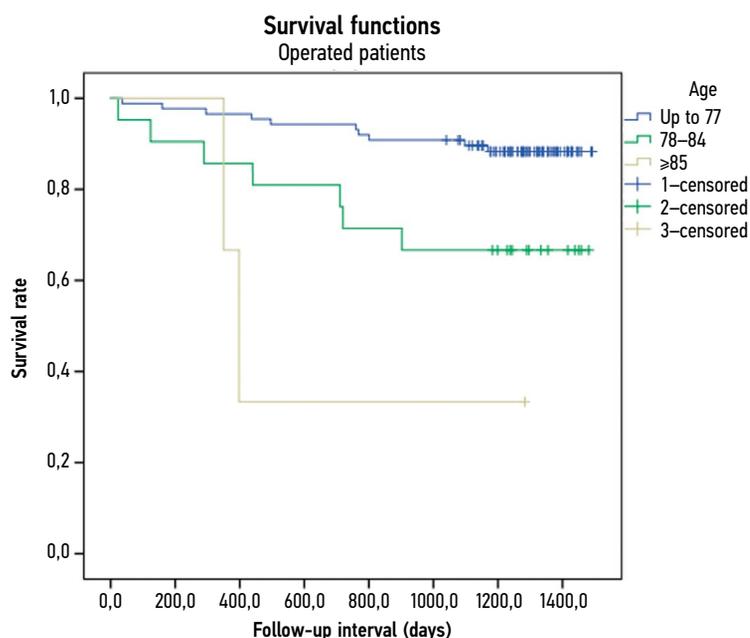


Fig. 2. Kaplan-Meier survival curves of operated patients in different age groups.

Table 2. Average number of deaths per day in selected age groups per 1000 people at different time intervals among unoperated and operated patients

Follow-up period (days)	90		91–365		366–730		731–1492	
	Unoper.	Oper.	Unoper.	Oper.	Unoper.	Oper.	Unoper.	Oper.
Up to 77 years	1.25	0.13	0.34	0.08	0.26	0.07	0.31	0.1
78–84 years	1.17	0.53	0.85	0.36	0.79	0.45	0.57	0.18
85 years and older	3.13		1.20		0.78		0.86	

age was not possible because surgery was practically not performed in patients of this age in the study sample. In year 1, the number of deaths per day in the group aged 78–84 years was four times higher than that in the group aged ≤77 years.

### Influence of the CCI on the survival rate

The influence of the CCI, as well as age, on the survival rate was assessed separately in the operated and nonoperated

groups. The division according to the CCI was performed based on the principle of obtaining the greatest differences between groups according to the survival curves (up to 3 points in group 1, 4–8 points in group 2, and ≥9 points in group 3). The number of patients in the CCI groups and death cases by the end of the follow-up period in the nonoperated and operated groups are presented in Table 3. The survival curves for patients with different CCIs are presented in Figs. 3 (nonoperated) and 4 (operated).

Table 3. Patients and outcomes of proximal femoral fracture in the Charlson index-designated groups by the end of follow-up period

Surgery	Groups	Total	Death counts	Quantity	
				n	%
No	1	25	5	20	80.0
	2	209	112	97	46.4
	3	98	68	30	30.6
	All	332	185	147	44.3
Yes	1	36	2	34	94.4
	2	68	14	54	79.4
	3	7	3	4	57.1
	All	111	19	92	82.9

Note. Group 1 — up to 3 points, group 2 — 4–8 points, group 3 — 9 or more points.

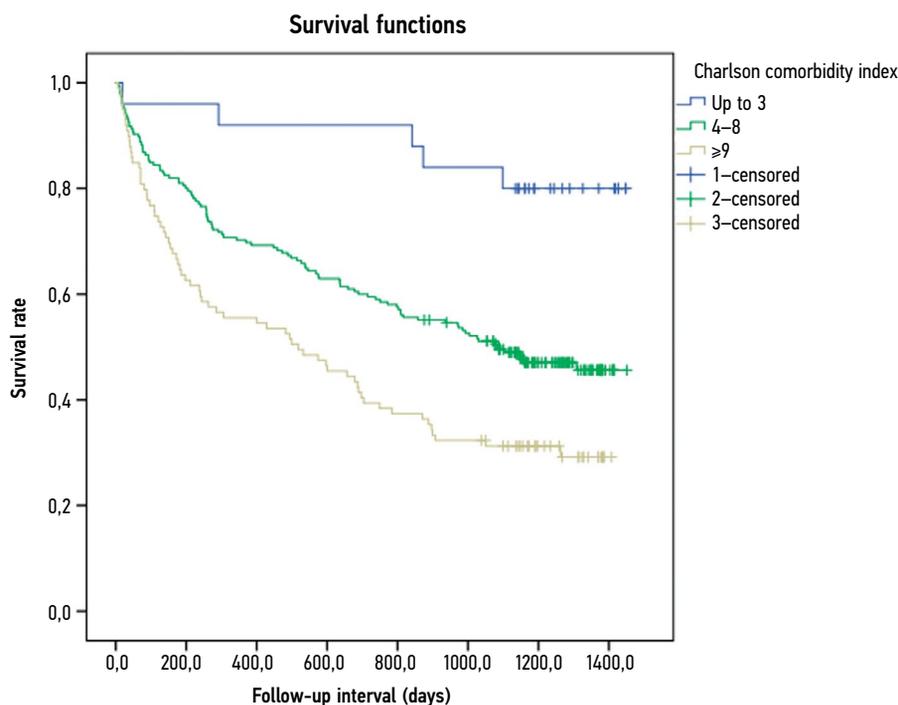


Fig. 3. Kaplan-Meier survival curves of unoperated patients with different Charlson comorbidity index.

Paired comparisons of the patients in the nonoperated group (Fig. 3) revealed that survival in the group with CCI up to 3 points was significantly higher than that in groups 2 and 3 ( $p=0.003$  and  $p<0.001$ , respectively). In group 2, the value was higher than that in group 3,  $p=0.003$  (log-rank test). In group 1, median survival was not reached by the end of the follow-up period; in group 2, it was achieved by day 1081 (95% CI 758.9–1403.1); and in group 3, it was achieved by day 518 (95% CI 207.5–828.5).

In the operated group, pairwise comparisons of groups with different CCI (Fig. 4) revealed that in group 1, the survival rate was significantly higher than those in groups 2 and 3 ( $p=0.041$  and  $p=0.001$ , respectively, log-rank test). The differences between groups 2 and 3 were statistically not significant (possibly because of the small number of follow-up cases in group 3). The median survival in the groups was not reached at the end of the follow-up period.

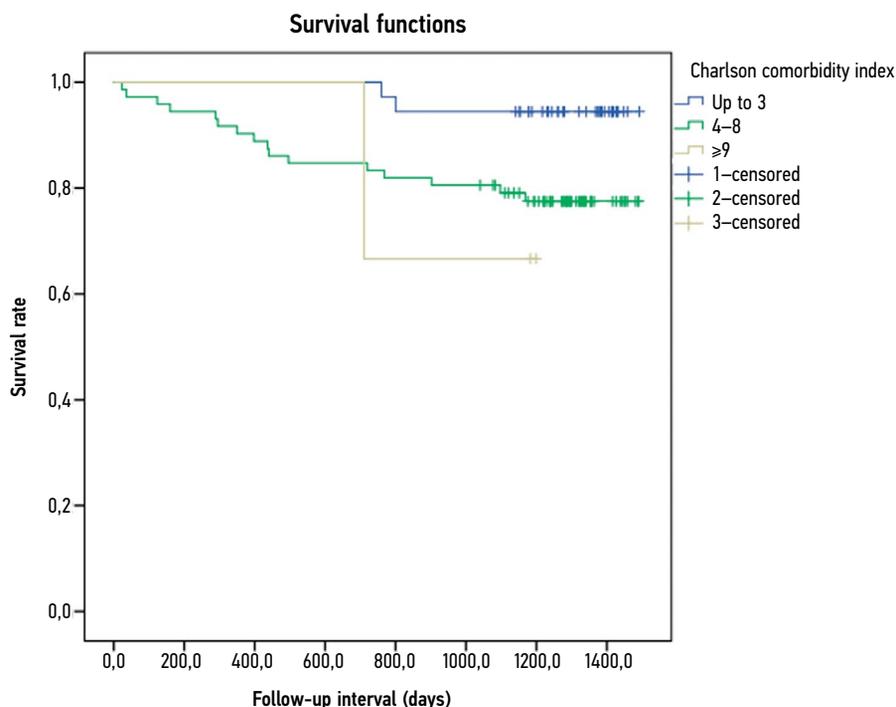


Fig. 4. Kaplan-Meier survival curves of operated patients with different Charlson comorbidity index.

Just as in age groups, in groups with different CCIs, the average number of deaths per day (per 1000 patients) was assessed at the indicated time intervals and separately for the nonoperated and operated groups (Table 4).

The average number of deaths (Table 4) in the nonoperated group was the highest in all groups in the first 90 days, increasing in groups 2 and 3 relative to group 1 by 3.7 and 5.6 times, respectively. At subsequent time intervals, the number of deaths remained low in group 1; a downward trend was noted after year 1 in group 2 and only after 2 years in group 3. Among patients in the operated group with a CCI score of 0–3 points, the survival rate for the first 2 years was 100%; in those with a CCI score of 4–8 points, the survival rate was slightly lower and did not change significantly over the follow-up intervals. Only seven patients were included in the group with a CCI of  $\geq 9$  points; thus, no analysis was performed.

When comparing the age groups and groups distributed by CCI (Table 5), patients with CCI of up to 3 points were only found in the group aged  $\leq 77$  years in both the operated and nonoperated groups. However, even in this age group, most patients had a CCI of 4–8 points (nonoperated group, 72.9%;

operated group, 56.3%). In the group aged 78–84 years, patients with CCI scores of 4–8 predominated (nonoperated group, 60.5%; operated group, 76.2%). In this age group, 23.8% of the patients had CCI of  $\geq 9$  among patients who underwent surgery. As for the group aged  $\geq 85$  years, half of the patients had CCI of 4–8 points, and half had CCI of  $\geq 9$  points, and they received surgical treatment extremely rarely. The median survival of patients with aged  $\geq 85$  years and CCI of  $\geq 9$  points was 185 days (95% CI 91–280). The correlation between age and CCI in the study sample was 0.635 (Spearman correlation).

## DISCUSSION

During the treatment planning period for patients with PFF, age is often used to assess survival. Thus, survival after PFFs decreases significantly in people aged  $\geq 65$  years [10–12], which was confirmed in our sample, as the survival rate in both the operated and nonoperated groups naturally decreased from younger to older age. Patients aged  $\geq 85$  years (in our sample, patients of this age were among those who had not undergone surgery) belonged to

**Table 4.** Mean number of mortality per day / 1000 people among unoperated and operated patients with different Charlson index at the analyzed time intervals

Follow-up period (days)	90		91–365		366–730		731–1492	
	Unoper.	Oper.	Unoper.	Oper.	Unoper.	Oper.	Unoper.	Oper.
Up to 3 points	0.44	0.0	0.15	0.0	0.12	0.0	0.12	0.15
4–8 points	1.63	0.3	0.64	0.26	0.42	0.21	0.45	0.09
9 and more points	2.47		0.78		0.97		0.56	

**Table 5.** Comparison of age groups with groups divided by the Charlson index

Surgery	Age groups	Charlson index			Total		
		1st	2d	3rd			
No	Age groups	1st	25 18.8%	97 72.9%	11 8.3%	133 100.0%	
		2d	0 0.0%	69 60.5%	45 39.5%	114 100.0%	
		3rd	0 0.0%	43 50.6%	42 49.4%	85 100.0%	
	Total		25 7.5%	209 63.0%	98 29.5%	332 100.0%	
		Age groups	1st	36 41.4%	49 56.3%	2 2.3%	87 100.0%
			2d	0 0.0%	16 76.2%	5 23.8%	21 100.0%
3rd	0 0.0%		3 100.0%	0 0.0%	3 100.0%		
Yes	Total		36 32.4%	68 61.3%	7 6.3%	111 100.0%	

the highest-risk group because half of the patients in the nonoperated group did not survive 1 year (median survival, 257 days, 95% CI 36.6–478.3), whereas in the group aged 78–84 years, 50% of the patients survived for 2.5 years; and in the group aged  $\leq 77$  years, the median survival rate was not reached in both the operated and nonoperated groups, even by the end of the follow-up period. The average number of deaths per day among patients aged  $\geq 85$  years was also significantly higher at all follow-up intervals than among other age groups. According to some data, the risk of mortality increases sharply at the age of 83.4 years [13]; according to our sample, this belonged to the age of  $\geq 85$  years. However, according to some authors, the role of age as a mortality predictor is limited. Thus, N.H. Varady et al. [14] demonstrated that in the case of PFF, CCI surpasses the role of not only individual concomitant diseases but also age in assessing the mortality risk. CCI has been used as an indicator of mortality since 1987 [15]. Although the CCI assessment was not initially intended for patients with PFF, its high prognostic significance has now been revealed in this pathology [14, 16].

The CCI assessment performed in this study primarily revealed that patients with PFF had a low level of health status because all patients with CCI of 2–3 points belonged to the age group  $\leq 77$  years. Moreover, most patients in this age group in both the nonoperated (72.3%) and operated (56.3%) groups, had a CCI of 4–8 points or even  $\geq 9$  points (8.3% and 2.3%, respectively).

According to some data, an increase in CCI from 1–2 to 3–4 points increases the 1-year mortality rate in patients with PFF from 26% to 52% [17]; with a CCI of  $\geq 4$  points, the risk of death compared with a CCI of 2–3 points increases from 3.1 to 8.5 times [16]. Other researchers also noted a decrease in survival with CCI of  $\geq 4$  points [18]. With a CCI score of  $\geq 4$  points, the 65-year survival rate is two times lower than the survival rate of individuals with a CCI score of  $\leq 3$  points [17]. This also applies to the 10-year survival rate [2]. In our sample, the survival rate of patients with CCI up to 3 points was significantly higher than those of the groups with CCI of 4–8 and CCI of  $\geq 9$  points in both the nonoperated and operated groups ( $p=0.041$ ,  $p=0.001$ , respectively), which was manifested by the median survival of the compared groups and the average number of deaths per day per 1000 people. This indicator increased from group 1 to groups 2 and 3 by  $\geq 3$  times, depending on the follow-up interval.

Other criteria, such as the American Society of Anesthesiologists (ASA) physical status classification, are also used to assess mortality risk. However, according to available data [19], the predictive value of CCI is the highest among all predictors of mortality, and its assessment can, among other things, influence unpopular decisions such as the decision not to perform surgery on a patient [20]. Regarding the use of an indicator such as ASA [21] to assess the mortality risk in PFF, evidence [14] shows that

CCI in assessing 90-day and 1-year mortality shows more accurate results than ASA (accuracy is higher by 42% for 90-day mortality and by 112% a 1-year mortality).

In our population-based sample, a statistically significant correlation was found between age and CCI. However, each of them can only be one of the mortality risk criteria because, in the same age group, there may be patients with different CCI, which affects survivability regardless of age.

## Study limitations

The study limitations are associated with its retrospective nature because the researchers were forced to rely on medical records taken by other doctors, and there could be more comorbidities than recorded. In addition, potential interfering factors that could affect the results, such as intake of medications, smoking, and postoperative care, were not controlled.

## CONCLUSION

Patients aged  $\geq 85$  years with CCI  $\geq 9$  points had the highest risk of PFF-related mortality. The median survival of these patients was 185 days (95% CI 91–280). The simultaneous use of age and CCI as a mortality predictor, as a more accurate indicator of health status, will help in planning the use of additional medical and social resources in the preoperative and early postoperative periods and thereby improve 1-year and medium-term survivability in patients with PFF.

## 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.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ИСМЖЕ (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.

## REFERENCES

- Xu BY, Yan S, Low LL, et al. Predictors of poor functional outcomes and mortality in patients with hip fracture: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):568. doi: 10.1186/s12891-019-2950-0
- Miettinen SSA, Savolainen S, Kröger H. Charlson comorbidity index predicts the 10-year survivorship of the operatively treated hip fracture patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2023;33(4):1141–1148. doi: 10.1007/s00590-022-03259-2
- Fangke H, Chengying J, Jing S, Peifu T, Yan W. Preoperative predictors for mortality following hip fracture surgery: A systematic review and meta-analysis. *Injury.* 2012;43(6):676–685. doi: 10.1016/j.injury.2011.05.017
- Pereira S, Puts MT, Portela MC, Sayeg MA. The impact of pre fracture and hip fracture characteristics on mortality in older persons in Brazil. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 2010;468(7):1869–1883. doi: 10.1007/s11999-009-1147-5
- Sterling RS. Gender and race/ethnicity differences in hip fracture incidence, morbidity, mortality, and function. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(7):1913–8. doi: 10.1007/s11999-010-1736-3
- Ishidou Y, Koriyama C, Kakoi H, et al. Predictive factors of mortality and deterioration in performance of activities of daily living after hip fracture surgery in Kagoshima, Japan. *Geriatr Gerontol Int.* 2017;17(3):391–401. doi: 10.1111/ggi.12718
- Kimura A, Matsumoto Y, Wakata Y, et al. Predictive factors of mortality of patients with fragility hip fractures at 1 year after discharge: A multicenter, retrospective study in the northern Kyushu district of Japan. *Journal of Orthopaedic Surgery.* 2019;27(3):2309499019866965. doi: 10.1177/2309499019866965
- Ondeck NT, Bohl DD, Bovonratwet P, et al. Discriminative ability of commonly used indices to predict adverse outcomes after poster lumbar fusion: a comparison of demographics, ASA, the modified Charlson Comorbidity Index, and the modified Frailty Index. *Spine J.* 2018;18(1):44–52. doi: 10.1016/j.spinee.2017.05.028
- Ondeck NT, Bohl DD, Bovonratwet P, et al. Predicting adverse outcomes after total hip arthroplasty: a comparison of demographics, the American Society of Anesthesiologists class, the modified Charlson comorbidity index, and the modified frailty index. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(20):735–743. doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00009
- Schousboe JT. Mortality after osteoporotic fractures: What proportion is caused by fracture and is preventable? *J Bone Miner Res.* 2017;32(9):1783–1788. doi: 10.1002/jbmr.3216
- Paksima N, Koval KJ, Aharanoff G, et al. Predictors of mortality after hip fracture: a 10-year prospective study. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2008;66(2):111–117.
- Galler M, Zellner M, Roll C, et al. A prospective study with ten years follow-up of two-hundred patients with proximal femoral fracture. *Injury.* 2018;49(4):841–845. doi: 10.1016/j.injury.2018.02.026
- Li X, Zhang P, Zhu S, et al. All-cause mortality risk in aged femoral intertrochanteric fracture patients. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):727. doi: 10.1186/s13018-021-02874-9
- Varady NH, Gillinov SM, Yeung CM, et al. The Charlson and Elixhauser Scores Outperform the American Society of Anesthesiologists Score in Assessing 1-year Mortality Risk After Hip Fracture Surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 2021;479(9):1970–1979. doi: 10.1097/CORR.0000000000001772
- Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *Journal of Chronic Diseases.* 1987;40(5):373–383. doi: 10.1016/0021-9681(87)90171-8
- Raichandani K, Agarwal S, Jain H, Bharwani N. Mortality profile after 2 years of hip fractures in elderly patients treated with early surgery. *J Clin Orthop Trauma.* 2021;18:1–5. doi: 10.1016/j.jcot.2021.04.00B
- Jiang L, Chou ACC, Nadkarni N, et al. Charlson Comorbidity Index Predicts 5-Year Survivorship of Surgically Treated Hip Fracture Patients. *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation.* 2018;9:2151459318806442. doi: 10.1177/2151459318806442
- Cher EWL, Allen JC, Howe TS, Koh JSB. Comorbidity as the dominant predictor of mortality after hip fracture surgeries. *Osteoporos Int.* 2019;30(12):2477–2483. doi: 10.1007/s00198-019-05139-8
- Xing F, Luo R, Chen W, Zhou X. The risk-adjusted Charlson comorbidity index as a new predictor of one-year mortality rate in elderly Chinese patients who underwent hip fracture surgery. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107(3):102860. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102860
- Frenkel RT, Assaly A, Vitenberg M, Shemesh S, Burg A, Haviv B, Velkes S. Outcome of non-surgical treatment of proximal femur fractures in the fragile elderly population. *Injury.* 2019;50(7):1347–1352. doi: 10.1016/j.injury.2019.05.022
- Dubrov VE, Shelupaev AA, Arutyunov GP, et al. Fractures of the proximal femur. Clinical features, diagnosis and treatment (Clinical guidelines, abridged version). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2021;28(4):49–89. doi: 10.17816/vto100763

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Xu B.Y., Yan S., Low L.L., et al. Predictors of poor functional outcomes and mortality in patients with hip fracture: a systematic review // *BMC Musculoskelet Disord.* 2019. Vol. 20, № 1. P. 568. doi: 10.1186/s12891-019-2950-0
- Miettinen S.S.A., Savolainen S., Kröger H. Charlson comorbidity index predicts the 10-year survivorship of the operatively treated hip fracture patients // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2023. Vol. 33, № 4. P. 1141–1148. doi: 10.1007/s00590-022-03259-2
- Fangke H., Chengying J., Jing S., Peifu T., Yan W. Preoperative predictors for mortality following hip fracture surgery: A systematic review and meta-analysis // *Injury.* 2012. Vol. 43, № 6. P. 676–685. doi: 10.1016/j.injury.2011.05.017
- Pereira S.R., Puts M.T., Portela M.C., Sayeg M.A. The impact of pre fracture and hip fracture characteristics on mortality in older persons in Brazil // *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 2010. Vol. 468, № 7. P. 1869–1883. doi: 10.1007/s11999-009-1147-5
- Sterling R.S. Gender and race/ethnicity differences in hip fracture incidence, morbidity, mortality, and function // *Clin Orthop Relat Res.* 2011. Vol. 469, № 7. P. 1913–8. doi: 10.1007/s11999-010-1736-3

6. Ishidou Y., Koriyama C., Kakoi H., et al. Predictive factors of mortality and deterioration in performance of activities of daily living after hip fracture surgery in Kagoshima, Japan // *Geriatr Gerontol Int*. 2017. Vol. 17, № 3. P. 391–401. doi: 10.1111/ggi.12718
7. Kimura A., Matsumoto Y., Wakata Y., et al. Predictive factors of mortality of patients with fragility hip fractures at 1 year after discharge: A multicenter, retrospective study in the northern Kyushu district of Japan // *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2019. Vol. 27, № 3. P. 2309499019866965. doi: 10.1177/2309499019866965
8. Ondeck N.T., Bohl D.D., Bovonratwet P., et al. Discriminative ability of commonly used indices to predict adverse outcomes after poster lumbar fusion: a comparison of demographics, ASA, the modified Charlson Comorbidity Index, and the modified Frailty Index // *Spine J*. 2018. Vol. 18, № 1. P. 44–52. doi: 10.1016/j.spinee.2017.05.028
9. Ondeck N.T., Bohl D.D., Bovonratwet P., et al. Predicting adverse outcomes after total hip arthroplasty: a comparison of demographics, the American Society of Anesthesiologists class, the modified Charlson comorbidity index, and the modified frailty index // *J Am Acad Orthop Surg*. 2018. Vol. 26, № 20. P. 735–743. doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00009
10. Schousboe J.T. Mortality after osteoporotic fractures: What proportion is caused by fracture and is preventable? // *J Bone Miner Res*. 2017. Vol. 32, № 9. P. 1783–1788. doi: 10.1002/jbmr.3216
11. Paksima N., Koval K.J., Aharanoff G., et al. Predictors of mortality after hip fracture: a 10-year prospective study // *Bull NYU Hosp Jt Dis*. 2008. Vol. 66, № 2. P. 111–117.
12. Galler M., Zellner M., Roll C., et al. A prospective study with ten years follow-up of two-hundred patients with proximal femoral fracture // *Injury*. 2018. Vol. 49, № 4. P. 841–845. doi: 10.1016/j.injury.2018.02.026
13. Li X., Zhang P., Zhu S., et al. All-cause mortality risk in aged femoral intertrochanteric fracture patients // *J Orthop Surg Res*. 2021. Vol. 16, № 1. P. 727. doi: 10.1186/s13018-021-02874-9
14. Varady N.H., Gillinov S.M., Yeung C.M., et al. The Charlson and Elixhauser Scores Outperform the American Society of Anesthesiologists Score in Assessing 1-year Mortality Risk After Hip Fracture Surgery // *Clin Orthop Relat Res*. 2021. Vol. 479, № 9. P. 1970–1979. doi: 10.1097/CORR.0000000000001772
15. Charlson M.E., Pompei P., Ales K.L., MacKenzie C.R. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation // *Journal of Chronic Diseases*. 1987. Vol. 40, № 5. P. 373–383. doi: 10.1016/0021-9681(87)90171-8
16. Raichandani K., Agarwal S., Jain H., Bharwani N. Mortality profile after 2 years of hip fractures in elderly patients treated with early surgery // *J Clin Orthop Trauma*. 2021. Vol. 18. P. 1–5. doi: 10.1016/j.jcot.2021.04.00B
17. Jiang L., Chou A.C.C., Nadkarni N., et al. Charlson Comorbidity Index Predicts 5-Year Survivorship of Surgically Treated Hip Fracture Patients // *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation*. 2018. Vol. 9. P. 2151459318806442. doi: 10.1177/2151459318806442
18. Cher E.W.L., Allen J.C., Howe T.S., Koh J.S.B. Comorbidity as the dominant predictor of mortality after hip fracture surgeries // *Osteoporos Int*. 2019. Vol. 30, № 12. P. 2477–2483. doi: 10.1007/s00198-019-05139-8
19. Xing F., Luo R., Chen W., Zhou X. The risk-adjusted Charlson comorbidity index as a new predictor of one-year mortality rate in elderly Chinese patients who underwent hip fracture surgery // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021. Vol. 107, № 3. P. 102860. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102860
20. Frenkel R.T., Assaly A., Vitenberg M., Shemesh S., Burg A., Haviv B., Velkes S. Outcome of non-surgical treatment of proximal femur fractures in the fragile elderly population // *Injury*. 2019. Vol. 50, № 7. P. 1347–1352. doi: 10.1016/j.injury.2019.05.022
21. Дубров В.Э., Шелупаев А.А., Арутюнов Г.П., и др. Переломы проксимального отдела бедренной кости. Клиника, диагностика и лечение (Клинические рекомендации, в сокращении) // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2021. Т. 28, № 4. С. 49–89. doi: 10.17816/vto100763

## AUTHORS' INFO

\* **Svetlana S. Rodionova**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
address: 10 Priorova str., 127299 Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0002-2726-8758;  
eLibrary SPIN: 3529-8052;  
e-mail: rod06@inbox.ru

\* **Habiballah Zaid A. Asi**;  
ORCID: 0000-0002-9194-743X;  
e-mail: habeb.asi395@mail.ru

**Alla V. Krivova**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: 0000-0002-9722-1285;  
eLibrary SPIN: 9755-0627;  
e-mail: krivova267@gmail.com

**Elmira M. Murtazina**;  
ORCID: 0009-0000-6903-4012;  
e-mail: nes\_murtazina@mail.ru

## ОБ АВТОРАХ

\* **Родионова Светлана Семёновна**, д-р мед. наук, профессор;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10;  
ORCID: 0000-0002-2726-8758;  
eLibrary SPIN: 3529-8052;  
e-mail: rod06@inbox.ru

**Аси Хабибаллах Зайд Ахмед**;  
ORCID: 0000-0002-9194-743X;  
e-mail: habeb.asi395@mail.ru

**Кривова Алла Владимировна**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-9722-1285;  
eLibrary SPIN: 9755-0627;  
e-mail: krivova267@gmail.com

**Муртазина Эльмира Мидхатовна**;  
ORCID: 0009-0000-6903-4012;  
e-mail: nes\_murtazina@mail.ru

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto608174>

# Оценка качества жизни у пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода с помощью разработанного опросника в условиях нейрохирургической клиники

В.Н. Шиманский<sup>1</sup>, Р.А. Султанов<sup>1</sup>, Д.Г. Юсупова<sup>2</sup>, В.К. Пошатаев<sup>1</sup>, А.А. Зимин<sup>2</sup>,  
С.В. Таняшин<sup>1</sup>, А.Б. Зайцев<sup>3</sup>, В.В. Карнаухов<sup>1,4</sup>, Н.А. Супонева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, Москва, Россия;

<sup>2</sup> Научный центр неврологии, Москва, Россия;

<sup>3</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Россия;

<sup>4</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Валидированного инструмента для оценки качества жизни, специфичного для конкретного заболевания, на данный момент не разработано. Опубликованные работы зарубежных коллег только частично отражают качество жизни пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода и не охватывают весь спектр функциональных нарушений при данном заболевании.

**Цель.** Разработать и валидировать опросник для изучения качества жизни пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода.

**Материалы и методы.** Проведено ретро- и проспективное исследование 119 пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода до и после хирургического и комбинированного (хирургическое удаление опухоли с последующим проведением лучевой терапии) лечения с использованием разработанного валидированного опросника.

**Результаты.** Разработан и валидирован опросник качества жизни для пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода. Расчёт внутренней согласованности шкалы показал, что значение коэффициента альфы Кронбаха составляет 0,78 ( $p < 0,001$ ) и подтверждает, таким образом, её достаточный уровень. При анализе чувствительности опросника показано, что оценки до и после операции значимо не различались ( $p=0,62$ ,  $t$ -критерий).

**Заключение.** В результате проведённого исследования был создан первый в мировой и отечественной литературе опросник качества жизни для пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода. В краткосрочном периоде отразить динамику качества жизни данный опросник не способен.

**Ключевые слова:** менингиома; краниовертебральный переход; качество жизни; валидация; опухоли основания черепа; задняя черепная ямка.

## Как цитировать:

Шиманский В.Н., Султанов Р.А., Юсупова Д.Г., Пошатаев В.К., Зимин А.А., Таняшин С.В., Зайцев А.Б., Карнаухов В.В., Супонева Н.А. Оценка качества жизни у пациентов с менингиомами области краниовертебрального перехода с помощью разработанного опросника в условиях нейрохирургической клиники // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 21–30. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto608174>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto608174>

# Evaluation of the quality of life in patients with meningiomas of the craniovertebral junction using a developed questionnaire in a neurosurgical clinic

Vadim N. Shimanskiy<sup>1</sup>, Ruslan A. Sultanov<sup>1</sup>, Dzhamilya G. Yusupova<sup>2</sup>, Vladimir K. Poshataev<sup>1</sup>, Aleksey A. Zimin<sup>2</sup>, Sergey V. Tanyashin<sup>1</sup>, Aleksandr B. Zaitsev<sup>3</sup>, Vasily V. Karnaukhov<sup>1,4</sup>, Natalya A. Suponeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Burdenko Neurosurgical Center, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Neurology Research Center, Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;

<sup>4</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** A validated tool for assessing the quality of life specific to a particular disease has not yet been developed. Previous studies only partially investigated the quality of life of patients with craniovertebral junction meningiomas and did not include the entire spectrum of functional disorders in this disease.

**AIM:** To develop and validate a questionnaire to assess the quality of life of patients with craniovertebral junction meningiomas.

**MATERIALS AND METHODS:** A retrospective and prospective study of 119 patients with craniovertebral junction meningiomas was conducted before and after surgical and combined (surgical removal of the tumor followed by radiation therapy) treatment using a validated questionnaire developed.

**RESULTS:** A quality of life questionnaire for patients with craniovertebral junction meningiomas was developed and validated. Determining the internal consistency of the scale showed that the Cronbach alpha coefficient was  $\alpha=0.78$  ( $p < 0.001$ ), confirming its sufficient level. In analyzing the sensitivity of the questionnaire, the estimates before and after surgery did not differ significantly ( $p=0.62$ ,  $t$ -criterion).

**CONCLUSIONS:** This study developed the first quality of life questionnaire worldwide for patients with craniovertebral junction meningiomas. In summary, this questionnaire is not able to reflect the dynamics of the quality of life.

**Keywords:** meningioma; craniovertebral junction; quality of life; validation; skull base tumor; posterior fossa.

## To cite this article:

Shimanskiy VN, Sultanov RA, Yusupova DG, Poshataev VK, Zimin AA, Tanyashin SV, Zaitsev AB, Karnaukhov VV, Suponeva NA. Evaluation of the quality of life in patients with meningiomas of the craniovertebral junction using a developed questionnaire in a neurosurgical clinic. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):21–30. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto608174>

Received: 12.10.2023

Accepted: 24.10.2023

Published online: 04.03.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Менингиомы области краниовертебрального перехода (МОКВП) — это доброкачественные медленно растущие опухоли, происходящие из клеток паутинной оболочки головного мозга. Они составляют 1,5–3,2% среди всех интракраниальных менингиом (4–23 человека на 1 млн населения) и 6–8% среди менингиом задней черепной ямки. МОКВП диагностируют преимущественно у взрослых пациентов (средний возраст — 50,1 года) [1]. Женщины болеют чаще мужчин, соотношение варьирует от 2:1 до 3,6:1 [2].

Точная оценка качества жизни у пациентов с МОКВП в последние годы становится всё более важной. Несмотря на то, что показатели летальности при данной патологии близки к нулю, инвалидизация при МОКВП может достигать 30% после лечения [2–4]. В настоящее время пациентам с МОКВП доступны разные методы терапии. Они включают в себя хирургическое, лучевое и комбинированное (хирургическое с последующим проведением лучевой терапии) лечение. Также в некоторых случаях применяется тактика наблюдения с выполнением регулярных магнитно-резонансных томограмм [2, 4]. По данным отечественной и мировой литературы, клинические проявления при МОКВП чрезвычайно разнообразны. Наиболее частыми симптомами являются головная боль, боль в шее и шаткость при ходьбе. Также у пациентов выявляются мышечная слабость и снижение чувствительности в конечностях, чаще с ипсилатеральной стороны, и нарушение глотания и осиплость голоса в до- и послеоперационном периоде [2, 3, 5].

Учитывая, что МОКВП являются доброкачественными опухолями, вопрос качества жизни пациентов до и после лечения представляется особенно актуальным. Благодаря усовершенствованиям технологии нейровизуализации эти опухоли диагностируются раньше и при меньших размерах, что требует от врачей тщательной оценки рисков и преимуществ перед принятием решения о методе лечения. Неврологический и функциональный дефицит, выявляемый врачом у пациента, не всегда может совпадать с личным мнением исследуемого о своей проблеме. При сборе анамнеза и оценке состояния должны учитываться два не зависящих друг от друга мнения: врача и пациента. Показатели, описываемые в литературе, такие как сохранение функции глотания после операции, атаксия и мышечная слабость, прямым образом могут влиять на качество жизни пациентов после лечения. Известно, что 42% пациентов с интракраниальными менингиомами испытывают чувство тревожности в послеоперационном периоде, а число работающих пациентов после лечения сокращается на 20% [6–8].

Существуют многочисленные исследования по данному заболеванию, которые связаны с тактикой лечения, течением послеоперационного периода и оценкой функционального и неврологического статуса, однако валидированного инструмента для оценки качества жизни,

специфичного для конкретного заболевания, на данный момент не разработано. Опубликованные работы зарубежных коллег только частично отражают качество жизни пациентов с МОКВП и не охватывают весь спектр функциональных нарушений при данном заболевании. Наиболее близким по содержащимся критериям оценки качества жизни у пациентов с опухолями задней черепной ямки является опросник PANQOL (Penn Acoustic Neuroma Quality-of-Life Scale), однако он разрабатывался для лиц с невриномами слухового нерва, в связи с чем в него не включены подпункты, касающиеся нарушения глотания, атаксии, дисфонии и прочих характерных для пациентов с МОКВП неврологических выпадений [9]. Также стоит отметить универсальный опросник SF-36, который применяется при многочисленных заболеваниях для оценки качества жизни [10]. Однако в нём также отсутствуют разделы, отражающие специфику МОКВП. В 2018 году в работе A. Raso и соавт. было проведено исследование качества жизни у пациентов с МОКВП после хирургического лечения. Авторы предлагают оценивать качество жизни по шкале Карновского и выявляют предикторы исходов на основании полученных результатов [11]. Шкала Карновского отражает в целом степень независимости и инвалидизации пациента (по аналогии с модифицированной шкалой Рэнкина), но в отличие от шкалы Рэнкина нарушения выражаются не в стадиях/степенях, а в процентах от нормы. То есть шкала Карновского оценивает состояние пациента в целом, не отражая отдельные аспекты качества жизни, связанные с очаговой неврологической симптоматикой [12].

Таким образом, для точной оценки качества жизни пациентов с МОКВП с учётом характерного для данного заболевания симптомокомплекса необходим специфический валидированный инструмент. Система оценки результатов лечения, используемая Всемирной организацией здравоохранения, базируется на трёх составляющих: нарушении функции органов и систем, ограничении активности и социальной роли в жизни общества [13]. Идеальный инструмент должен отражать нарушения качества жизни на каждом из этих трёх уровней.

Учитывая эти принципы, целью описанного исследования были разработка и валидация первого специфического опросника качества жизни для пациентов с МОКВП на русском языке.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено ретро- и проспективное исследование качества жизни с участием пациентов с первичными менингиомами области краниовертебрального перехода.

### Критерии соответствия

*Критерии включения:*

- возраст старше 18 лет;

- лечение только в центре нейрохирургии;
- носители русского языка.

#### *Критерии исключения:*

- возраст младше 18 лет;
- пациенты с множественными первичными менигиомами;
- лица, которые не являются носителями русского языка.

### Условия проведения

Исследование проведено на базе Национального медицинского исследовательского центра (НМИЦ) нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко в период с 2005 по 2022 год.

### Описание медицинского вмешательства

С целью подготовки будущего инструмента был проведён тщательный обзор литературы, в котором особое внимание уделялось исследованиям из открытых источников [5, 9, 10, 14–16]. На основании проведённого поиска литературы был создан предварительный опросник, содержащий 20 утверждений биполярной шкалы Лайкерта с градацией от 1 («абсолютно не согласен») до 5 («абсолютно согласен»), отражавших степень согласия с представленным утверждением [16]. В данном опроснике больным предлагалось оценить своё состояние исходя из предложенных суждений, основанных на жалобах пациентов. К типовым и наиболее часто встречающимся жалобам относятся: боль в шее с иррадиацией в голову, шаткость походки, онемение и слабость в руках и ногах, а также в плечевом поясе, затруднение при глотании и осиплость голоса. Изначально опросник отражал нарушения в области тревожности, расстройства функции равновесия, функции каудальной группы черепных нервов, функции верхних и нижних конечностей, а также общего состояния. Выбор данных категорий основывался на тщательном анализе клинической картины, характерной для МОКВП.

Первичная апробация первой версии опросника проводилась в формате индивидуального собеседования. Целью данного этапа было проверить и максимально приблизить содержание опросника к культурным и языковым особенностям русскоязычного населения. Сбор данных проводился на базе НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко у пациентов с МОКВП после подписания добровольного информированного согласия. Ключевыми моментами данного этапа являлись:

- понимание сформулированных суждений в опроснике;
- наличие или отсутствие психологического дискомфорта при выборе ответа;
- логичность в интерпретации полученных данных.

В рамках второго этапа проверялась внешняя валидность опросника на основании мнения пациентов, а также содержательная валидность на основании мнения специалистов-экспертов.

Далее было проведено обсуждение с высококвалифицированными специалистами — нейрохирургами, неврологами, лингвистами, которые имеют учёную степень. Отбор суждений для шкалы производился в процессе пилотного тестирования, после которого был скорректирован текст опросника, осуществлён окончательный выбор наиболее оптимального количества и вариантов вопросов. В результате повторного обсуждения с экспертами была получена окончательная версия опросника качества жизни для пациентов с МОКВП, состоящего из 18 пунктов.

### *Характеристика пациентов, участвовавших в исследовании*

В данном исследовании приняли участие 119 пациентов (из которых 99 были женщинами) с менигиомами области краниовертебрального перехода, получивших хирургическое ( $n=90$ ) и комбинированное (сочетание хирургического и лучевого,  $n=29$ ) лечение. Медиана возраста пациентов составила 59 (51–66) лет. Здесь и далее данные приведены в виде медианы и межквартильного интервала  $Me$  (IQR).

Медиана объёма опухоли составила 7,0 (3,1–13,0) см<sup>3</sup>. По топографо-анатомической характеристике опухоли имели переднебоковое (65,5%), боковое (16,8%), заднебоковое (10,1%), переднее (4,2%) и заднее (3,4%) расположение.

Нарушение функции каудальной группы черепных нервов до операции отмечалось в 36% случаев, а после операции — в половине случаев. Частота болевого синдрома после операции по сравнению с исходным состоянием увеличилась с 77 до 89%. В то же время частота снижения мышечной силы уменьшилась с 48 до 39%. У пациентов отмечались сопутствующие заболевания: гипертоническая болезнь — у 29%, сахарный диабет — у 22%, ишемическая болезнь сердца — у 14%. В результате проведённых операций большинство пациентов не отметили существенных изменений (61,3%), ухудшение зафиксировано в 22,3% случаев, а улучшение отметили 17,4% больных.

Компрессия ствола головного мозга I степени отмечалась в 23,8%, II степени — в 37,2%, III — в 39,0% случаев. В 43% случаев наблюдалось окутывание позвоночной артерии опухолью.

Характеристика пациентов представлена в табл. 1.

### *Процедура валидации*

В данной работе в исследовании психометрических показателей участвовала группа врачей-специалистов, которые проводили оценку до и после операции.

### *Психометрические показатели*

Надёжность шкалы отражает её устойчивость к различным ошибкам измерения и включает ряд параметров, среди которых в данном исследовании оценивалась внутренняя согласованность [17].

Таблица 1. Характеристика пациентов, включённых в исследование

Table 1. Characteristics of patients included in the study

Группа (вид лечения)	Кол-во пациентов, <i>n</i>	Пол		Возраст, лет
		муж.	жен.	
Хирургическое	90	15	75	59 (51–66)
Комбинированное	29	5	24	59 (51–67)
Вся выборка	119	20	99	59 (51–66)

Примечание. Данные представлены в виде *Me* (IQR) — медиана и межквартильный размах.

Note. Data are presented as *Me* (IQR) — median and interquartile range.

Внутренняя согласованность шкалы показывает степень взаимосвязи оценок между всеми пунктами шкалы. Для оценки данной характеристики шкалы применяли общепринятый критерий — коэффициент альфа Кронбаха, при интерпретации которого учитывали, что приемлемое значение критерия составляет от 0,7 и более.

Валидность — это способность шкалы оценивать именно те характеристики, для изучения которых шкала была создана. Исследование шкалы включало оценку содержательной валидности. Этот аспект валидности отражает, насколько пункты шкалы соответствуют заложенному в неё смысловому компоненту, и оценивается путём экспертной оценки.

Другим важнейшим психометрическим свойством опросника является чувствительность, то есть способность выявлять динамику в состоянии пациента в результате лечения. Для оценки чувствительности разработанного опросника сопоставляли результаты по шкале до операции и на 7-е сутки после неё.

### Статистический анализ данных

Размер репрезентативной выборки определяли в соответствии с общепринятыми рекомендациями [2]. Объём группы в 119 человек был достаточным для проведения всех требуемых расчётов с достаточным уровнем статистической значимости. Размер выборки связан с низкой распространённостью заболевания.

Результаты, полученные на полной выборке больных ( $n=119$ ) как до лечения, так и после него, соответствовали нормальному распределению, что определило использование параметрических методов статистического анализа. При исследовании психометрических параметров шкалы применяли следующие методы статистического анализа данных: внутреннюю согласованность, как указывалось выше, оценивали посредством коэффициента альфа Кронбаха, чувствительность — с помощью *t*-критерия для связанных выборок. Во всех случаях проверки гипотез пороговым уровнем значимости считался  $p < 0,05$ . Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы IBM SPSS Statistics 23.

### Этическая экспертиза

Все манипуляции, выполненные в исследовании с участием людей, соответствовали стандартам локального этического комитета, а также Хельсинкской декларации 1964 г. и более поздним поправкам к ней или сопоставимым этическим стандартам. Для исследования этого типа формального согласия локального этического комитета не требуется.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании оценок специалистов-экспертов получены высокие показатели содержательной валидности — понятность, лёгкость и удобство оценки и информативность опросника в целом. В процессе анкетирования все пациенты отметили понятность и доступность информации в опроснике, а также лёгкость его заполнения. В среднем заполнение опросника пациентом составило 5 мин. Комментарии по некоторым суждениям, выявленные в ходе тестирования, были незначительны.

Предложенная нами окончательная версия опросника качества жизни для пациентов с МОКВП (приложение 1) состоит из 6 блоков. Блок 1 содержит вопросы, которые отражают тревожность пациентов по поводу своего заболевания. В блок 2 включены вопросы, направленные на определение степени нарушения равновесия. В блоке 3 содержатся вопросы о нарушении каудальной группы черепных нервов (нарушение глотания, нарушение движения языка). Вопросы блока 4 позволяют выявить имеющиеся нарушения функции верхних и нижних конечностей. Блок 5 отражает общее состояние пациентов в бытовой деятельности. Вопросы блока 6 содержат вопросы о влиянии имеющихся нарушений на социальную жизнь человека. Каждый блок состоит из трёх вопросов, которые в полной мере отражают клинические проявления и проблемы, связанные с ними, у пациентов с МОКВП. Каждый вопрос оценивался от 1 («абсолютно не согласен») до 5 баллов («абсолютно согласен») и отражал степень согласия с представленным утверждением, суммарный результат по каждому блоку мог составлять от 3 до 15 баллов, или от 18 до 90 баллов за весь опросник. Чем больше количество баллов, тем более выражены

нарушения и тем ниже качество жизни. Результаты оценки качества жизни с помощью разработанного опросника были проанализированы статистическими методами. Максимальное количество баллов за каждый блок — 15, минимальное — 3. Максимальное количество баллов за весь опросник — 80, минимальное — 18. Высокому уровню нарушений соответствуют 12–15 (80–65) баллов. Умеренному уровню — 9–11 (64–49) баллов. Низкому уровню — 6–8 (48–33) баллов. Нарушения отсутствуют — 3–5 (18–32) баллов.

### Психометрические свойства опросника

Расчёт внутренней согласованности шкалы показал, что значение коэффициента альфа Кронбаха составляет 0,78 ( $p < 0,001$ ) и подтверждает, таким образом, её достаточный уровень.

Оценка содержательной валидности продемонстрировала, что пункты опросника соответствуют заложенному в него смысловому компоненту (что было показано при проведении экспертных комиссий).

При анализе чувствительности опросника было показано, что оценки до операции (средний балл =  $54,8 \pm 9,8$ ) и после операции (средний балл =  $55,7 \pm 10,1$ ) значительно не различались ( $p = 0,62$ ,  $t$ -критерий) (рис. 1). Отсутствие динамики до и после операции может быть связано с адаптацией пациентов к имеющимся нарушениям.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты целого ряда литературных данных свидетельствуют о том, что спланированная тактика лечения пациентов с МОКВП влияет на их функциональные исходы и качество жизни [2–4, 18]. Использование

стандартизированного опросника для оценки качества жизни пациентов с МОКВП позволит составить полную картину заболевания с учётом мнения врача и пациента о данной проблеме.

В результате исследования проведены апробация и валидация опросника для оценки симптомов/проблем, влияющих на качество жизни пациентов с МОКВП, и выполнено тестирование его психометрических свойств. В ходе апробации инструмента пациенты отмечали ясность и лаконичность при выборе ответов на вопросы.

Методы, выбранные для валидации опросника, основаны на классических подходах к оценке качества жизни и направлены на определение содержательности инструмента и его применимости в клинической практике. Ключевой психометрической характеристикой, которую проверяли в ходе апробации опросника для оценки пригодности его применения в клинической практике, являлась надёжность, то есть способность его устойчивости к различным ошибкам измерения. Среди прочего в данном исследовании оценивалась внутренняя согласованность. Внутренняя согласованность шкалы показывает степень взаимосвязи оценок между всеми пунктами шкалы. Для оценки данной характеристики шкалы применяли общепринятый критерий — коэффициент альфа Кронбаха  $\alpha$ , в нашем исследовании он составляет 0,78, что означает высокую точность получаемых результатов.

В ходе исследования изучена возможность определять различия показателей симптомов/проблем между пациентами в зависимости от клинических признаков, а также зависимость суммарного балла по опроснику от количества испытываемых пациентами симптомов/проблем, связанных с заболеванием, что является очень важным свойством опросника и свидетельствует о достоверности

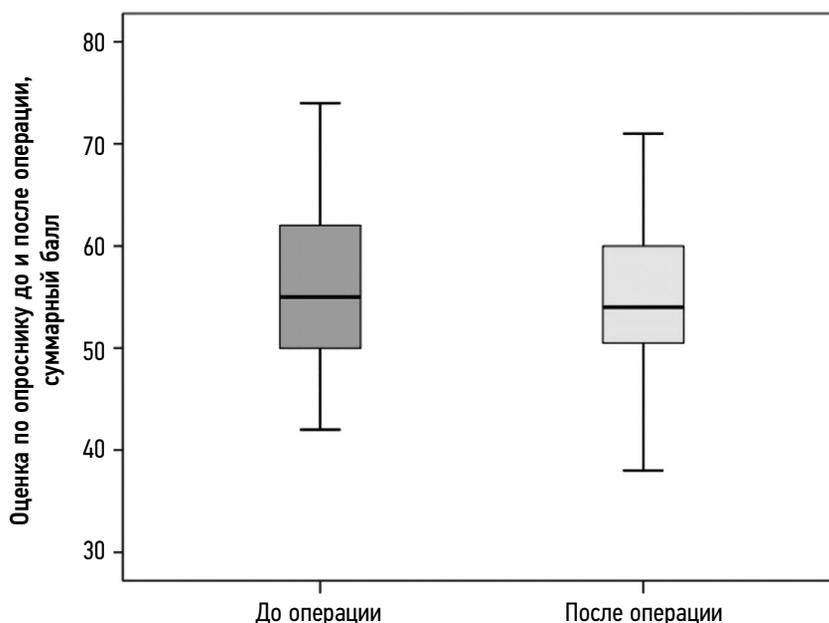


Рис. 1. Оценка по опроснику до операции и через 7 дней после неё.

Fig. 1. Evaluation according to the questionnaire before and 7 days after surgery.

и информативности данных, которые можно получить при его использовании у пациентов с разными формами заболевания и при разной выраженности его проявлений. В доступной литературе нами была найдена одна работа, посвящённая качеству жизни пациентов с МОКВП. В исследовании А. Расо и соавт. (2018) главным выводом является то, что на исход влияют радикальность и топографо-анатомическое расположение опухоли.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате исследования был создан первый в мировой и отечественной литературе опросник оценки качества жизни пациентов с менигиомами области краниовертебрального перехода. Он оказался надёжным и простым в использовании скрининговым инструментом оценки качества жизни. В краткосрочном периоде (через 7 дней после операции) отразить динамику качества жизни данный опросник оказался не способен — мы полагаем, что его можно будет использовать в динамике через более продолжительный период времени. Учитывая хорошие психометрические свойства, разработанный нами инструмент может быть рекомендован к использованию у пациентов с менигиомами области краниовертебрального перехода в клинической неврологической и нейрохирургической практике.

## 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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arnautovic K.I., Al-Mefty O., Husain M. Ventral foramen magnum meningiomas // *Neurosurgery*. 2000. Vol. 92 Suppl 1. P. 71–80. doi: 10.3171/spi.2000.92.1.0071
2. Fernandes M.W., De Aguiar P.H., Galafassi G.Z., et al. Foramen magnum meningioma: Series of 20 cases. Complications, risk factors for relapse, and follow-up // *Journal of Craniovertebral Junction and Spine*. 2021. Vol. 12, № 4. P. 406–11. doi: 10.4103/jcvjs.jcvjs\_58\_21
3. Paun L., Gondar R., Borrelli P., Meling T.R. Foramen magnum meningiomas: a systematic review and meta-analysis // *Neurosurgical Review*. 2021. Vol. 44, № 5. P. 2583–2596. doi: 10.1007/s10143-021-01478-5
4. Pirotte B.J., Brotchi J., DeWitte O. Management of anterolateral foramen magnum meningiomas: surgical vs conservative decision making // *Neurosurgery*. 2010. Vol. 67 Suppl 3. P. 58–70. doi: 10.1227/01.NEU.0000382971.63877.DD
5. Samii M., Klekamp J., Carvalho G. Surgical Results for Meningiomas of the Craniocervical Junction // *Neurosurgery*. 1996. Vol. 39, № 6. P. 1086–1095. doi: 10.1097/00006123-199612000-00003
6. Nassiri F., Price B., Shehab A., et al.; International Consortium on Meningiomas. Life after surgical resection of a meningioma:

версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: В.Н. Шиманский — хирургическое лечение пациентов, редактирование статьи; Р.А. Султанов — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Д.Г. Юсупова, В.К. Пошатаев, А.Б. Зайцев — курация, подготовка и написание текста статьи; А.А. Зимин — статистический анализ данных, подготовка и написание текста статьи; С.В. Танышин — хирургическое лечение пациентов, редактирование статьи; В.В. Карнаухова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников; Н.А. Супонева — курация, редактирование 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. V.N. Shimanskiy, S.V. Tanyashin — surgical treatment; V.N. Shimanskiy, S.V. Tanyashin, N.A. Suponeva — editing an article; R.A. Sultanov, V.V. Karnaukhov — literature review; R.A. Sultanov, D.G. Yusupova, V.K. Poshataev, A.A. Zimin, A.B. Zaitsev — wrote the manuscript with input from all authors; A.A. Zimin — analyzed data.

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

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

a prospective cross-sectional study evaluating health-related quality of life // *Neuro-Oncology*. 2019. Vol. 21 Suppl 1. P. 32–43. doi: 10.1093/neuonc/ny152

7. Timmer M., Seibl-Leven M., Wittenstein K., et al. Long-Term Outcome and Health-Related Quality of Life of Elderly Patients After Meningioma Surgery // *World Neurosurgery*. 2019. Vol. 125. P. 697–710. doi: 10.1016/j.wneu.2019.01.158

8. Wirsching H.G., Morel C., Roth P., Weller M. Socioeconomic burden and quality of life in meningioma patients // *Quality Life Research*. 2020. Vol. 29, № 7. P. 1801–1808. doi: 10.1007/s11136-020-02461-1

9. Shaffer B.T., Cohen M.S., Bigelow D.C., Ruckenstein M.J. Validation of a disease-specific quality-of-life instrument for acoustic neuroma: the Penn Acoustic Neuroma Quality-of-Life Scale // *Laryngoscope*. 2010. Vol. 120, № 8. P. 1646–54. doi: 10.1002/lary.20988

10. Ware J.E. Jr, Sherbourne C.D. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection // *Medical Care*. 1992. Vol. 30, № 6. P. 473–83.

11. Raco A., Pesce A., Toccaceli G., et al. Quality of Life After Craniocervical Junction Meningioma Resection: Shaping the Real Neurologic and Functional Expectancies About These Surgeries in a

Contemporary Large Multicenter Experience // *World Neurosurgery*. 2018. Vol. 110. P. 583–591. doi: 10.1016/j.wneu.2017.05.177

12. Karnofsky D.A., Burchenal J.H. The evaluation of chemotherapeutic agents against neoplastic disease // *Cancer research*. 1948. Vol. 8. P. 388–389.

13. Escorpizo R., Stucki G., Cieza A., Davis K., Stumbo T., Riddle D.L. Creating an interface between the International Classification of Functioning, Disability and Health and physical therapist practice // *Physical Therapy*. 2010. Vol. 90, № 7. P. 1053–63. doi: 10.2522/ptj.20090326

14. In J., Kang H., Kim J.H., et al. Tips for troublesome sample-size calculation // *Korean Journal Anesthesiology*. 2020. Vol. 73, № 2. P. 114–120. doi: 10.4097/kja.19497

## REFERENCES

1. Arnautovic KI, Al-Mefty O, Husain M. Ventral foramen magnum meningiomas. *Neurosurgery*. 2000;92 Suppl 1:71–80. doi: 10.3171/spi.2000.92.1.0071

2. Fernandes MW, De Aguiar PH, Galafassi GZ, et al. Foramen magnum meningioma: Series of 20 cases. Complications, risk factors for relapse, and follow-up. *Journal of Craniovertebral Junction and Spine*. 2021;12(4):406–11. doi: 10.4103/jcvjs.jcvjs\_58\_21

3. Paun L, Gondar R, Borrelli P, Meling TR. Foramen magnum meningiomas: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*. 2021;44(5):2583–2596. doi: 10.1007/s10143-021-01478-5

4. Pirotte BJ, Brotchi J, DeWitte O. Management of anterolateral foramen magnum meningiomas: surgical vs conservative decision making. *Neurosurgery*. 2010;67 Suppl 3:58–70. doi: 10.1227/01.NEU.0000382971.63877.DD

5. Samii M, Klekamp J, Carvalho G. Surgical Results for Meningiomas of the Craniocervical Junction. *Neurosurgery*. 1996;39(6):1086–1095. doi: 10.1097/00006123-199612000-00003

6. Nassiri F, Price B, Shehab A, et al.; International Consortium on Meningiomas. Life after surgical resection of a meningioma: a prospective cross-sectional study evaluating health-related quality of life. *Neuro-Oncology*. 2019;21 Suppl 1:32–43. doi: 10.1093/neuonc/noy152

7. Timmer M, Seibl-Leven M, Wittenstein K, et al. Long-Term Outcome and Health-Related Quality of Life of Elderly Patients After Meningioma Surgery. *World Neurosurgery*. 2019;125:697–710. doi: 10.1016/j.wneu.2019.01.158

8. Wirsching HG, Morel C, Roth P, Weller M. Socioeconomic burden and quality of life in meningioma patients. *Quality Life Research*. 2020;29(7):1801–1808. doi: 10.1007/s11136-020-02461-1

9. Shaffer BT, Cohen MS, Bigelow DC, Ruckenstein MJ. Validation of a disease-specific quality-of-life instrument for acoustic neuroma:

15. Keshwara S.M., Gillespie C.S., Mustafa M.A., et al. Quality of life outcomes in incidental and operated meningiomas (QUALMS): a cross-sectional cohort study // *Journal of Neuro-oncology*. 2023. Vol. 161, № 2. P. 317–327. doi: 10.1007/s11060-022-04198-y

16. Likert R. A technique for the measurement of attitudes // *Archives of Psychology*. 1932. Vol. 22, № 140. P. 5–55.

17. Белова А.Н. Шкалы, тесты и опросники в неврологии и нейрохирургии. Москва: Практическая медицина, 2018. 696 с. EDN: LSYFLZ

18. Mehta G.U., Zenonos G., Patibandla M.R., et al. Outcomes of stereotactic radiosurgery for foramen magnum meningiomas: an international multicenter study // *Journal Neurosurgery*. 2018. Vol. 129, № 2. P. 383–389. doi: 10.3171/2017.3.JNS163008

the Penn Acoustic Neuroma Quality-of-Life Scale. *Laryngoscope*. 2010;120(8):1646–54. doi: 10.1002/lary.20988

10. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Medical Care*. 1992;30(6):473–83.

11. Raco A, Pesce A, Toccaceli G, et al. Quality of Life After Craniovertebral Junction Meningioma Resection: Shaping the Real Neurologic and Functional Expectancies About These Surgeries in a Contemporary Large Multicenter Experience. *World Neurosurgery*. 2018;110:583–591. doi: 10.1016/j.wneu.2017.05.177

12. Karnofsky DA, Burchenal JH. The evaluation of chemotherapeutic agents against neoplastic disease. *Cancer research*. 1948;8:388–389.

13. Escorpizo R, Stucki G, Cieza A, Davis K, Stumbo T, Riddle DL. Creating an interface between the International Classification of Functioning, Disability and Health and physical therapist practice. *Physical Therapy*. 2010;90(7):1053–63. doi: 10.2522/ptj.20090326

14. In J, Kang H, Kim JH, et al. Tips for troublesome sample-size calculation. *Korean Journal Anesthesiology*. 2020;73(2):114–120. doi: 10.4097/kja.19497

15. Keshwara SM, Gillespie CS, Mustafa MA, et al. Quality of life outcomes in incidental and operated meningiomas (QUALMS): a cross-sectional cohort study. *Journal of Neuro-oncology*. 2023;161(2):317–327. doi: 10.1007/s11060-022-04198-y

16. Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*. 1932;22(140):5–55.

17. Belova AN. *Scales, tests and questionnaires in neurology and neurosurgery*. Moscow: Practical Medicine; 2018. 696 p. (In Russ). EDN: LSYFLZ

18. Mehta GU, Zenonos G, Patibandla MR, et al. Outcomes of stereotactic radiosurgery for foramen magnum meningiomas: an international multicenter study. *Journal Neurosurgery*. 2018;129(2):383–389. doi: 10.3171/2017.3.JNS163008

## ОБ АВТОРАХ

**Шиманский Вадим Николаевич**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-3816-847X;  
eLibrary SPIN: 6970-6906;  
e-mail: vadim@shimansky.ru

## AUTHORS' INFO

**Vadim N. Shimanskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: 0000-0002-3816-847X;  
eLibrary SPIN: 6970-6906;  
e-mail: vadim@shimansky.ru

\* **Султанов Руслан Айратович**, канд. мед. наук;  
адрес: Россия, 125047, Москва,  
4-я Тверская-Ямская ул., д. 16;  
ORCID: 0000-0003-1363-7564;  
eLibrary SPIN: 6865-6586;  
e-mail: rus4455@yandex.ru

**Юсупова Джамия Гереевна**; канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-5826-9112;  
eLibrary SPIN: 7532-8030;  
e-mail: dzhamilya-d@mail.ru

**Пашатаев Владимир Кириллович**, д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-3279-3733;  
eLibrary SPIN: 5349-2639;  
e-mail: glaser@list.ru

**Зимин Алексей Алексеевич**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-9226-2870;  
eLibrary SPIN: 9525-1805;  
e-mail: zimin.alexey82@gmail.com

**Тянин Сергей Владимирович**, д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-8351-5074;  
eLibrary SPIN: 5490-1820;  
e-mail: STanyashin@nsi.ru

**Зайцев Александр Борисович**, канд. фил. наук;  
ORCID: 0000-0003-3774-3070;  
eLibrary SPIN: 6791-7630;  
e-mail: zaytsev\_a\_b@staff.sechenov.ru

**Карнаухов Василий Витальевич**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-2581-8648;  
eLibrary SPIN: 6112-2714;  
e-mail: VKarnayhov@nsi.ru

**Супонева Наталья Александровна**, д-р мед. наук, профессор,  
член-корреспондент РАН;  
ORCID: 0000-0003-3956-6362;  
eLibrary SPIN: 3223-6006;  
e-mail: suponeva@neurology.ru

\* **Ruslan A. Sultanov**; MD, Cand. Sci. (Med.);  
address: 16 4<sup>th</sup> Tverskaya-Yamskaya str.,  
125047 Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0003-1363-7564;  
eLibrary SPIN: 6865-6586;  
e-mail: rus4455@yandex.ru

**Dzhamilya G. Yusupova**; MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-5826-9112;  
eLibrary SPIN: 7532-8030;  
e-mail: dzhamilya-d@mail.ru

**Vladimir K. Poshataev**, MD, Dr. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-3279-3733;  
eLibrary SPIN: 5349-2639;  
e-mail: glaser@list.ru

**Alexey A. Zimin**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-9226-2870;  
eLibrary SPIN: 9525-1805;  
e-mail: zimin.alexey82@gmail.com

**Sergey V. Tanyashin**, MD, Dr. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0001-8351-5074;  
eLibrary SPIN: 5490-1820;  
e-mail: STanyashin@nsi.ru

**Alexandr B. Zaytsev**, Cand. Sci. (Phil.);  
ORCID: 0000-0003-3774-3070;  
eLibrary SPIN: 6791-7630;  
e-mail: zaytsev\_a\_b@staff.sechenov.ru

**Karnaukhov V. Vasiliy**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-2581-8648;  
eLibrary SPIN: 6112-2714;  
e-mail: VKarnayhov@nsi.ru

**Natalia A. Suponeva**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor,  
corresponding member of the Russian Academy of Sciences;  
ORCID: 0000-0003-3956-6362;  
eLibrary SPIN: 3223-6006;  
e-mail: suponeva@neurology.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

**Приложение 1. Опросник оценки качества жизни для пациентов с менигиомами области краниовертебрального перехода**  
**Suppl. 1. Quality of life assessment questionnaire for patients with meningiomas of the craniocervical junction**

**В эту анкету включены вопросы о ваших симптомах, а также способности выполнять определённые действия. Пожалуйста, ответьте на вопросы, исходя из своего состояния за последние 3 месяца. Оцените, насколько вы согласны или не согласны с каждым суждением, и обведите только ОДНУ цифру**

	Абсолютно не согласен	Скорее не согласен	Затрудняюсь ответить	Скорее согласен	Абсолютно согласен
<b>Блок 1</b>					
1. Мне кажется, что с моим диагнозом мне никто не может помочь	1	2	3	4	5
2. Я испытываю тревогу за своё состояние здоровья	1	2	3	4	5
3. Из-за болезни меня часто охватывает чувство страха	1	2	3	4	5

**Блок 2**

1. Меня беспокоят шаткость и неустойчивость при ходьбе	1	2	3	4	5
2. Из-за головокружения у меня возникают трудности во время ходьбы	1	2	3	4	5
3. Мне трудно передвигаться при плохом освещении	1	2	3	4	5

**Блок 3**

1. Во время приёма пищи я испытываю затруднения при глотании	1	2	3	4	5
2. Я поперхиваюсь при употреблении жидкости	1	2	3	4	5
3. Из-за ограниченной подвижности языка моя речь стала невнятной	1	2	3	4	5

**Блок 4**

1. Мне не хватает сил, чтобы выполнять бытовую работу по дому	1	2	3	4	5
2. У меня снижена чувствительность в руках и ногах	1	2	3	4	5
3. Меня ограничивает, что левая и правая половины моего тела работают по-разному	1	2	3	4	5

**Блок 5**

1. Меня беспокоит сильная боль в шейно-затылочной области	1	2	3	4	5
2. Повышение артериального давления негативно сказывается на моей активности	1	2	3	4	5
3. Мне трудно сосредоточиться на чтении или просмотре телевизора	1	2	3	4	5

**Блок 6**

1. Из-за проблем с равновесием, боюсь, меня могут принять за пьяного	1	2	3	4	5
2. Осиплость голоса ограничивает моё общение с людьми	1	2	3	4	5
3. Заболевание негативно влияет на мою повседневную деятельность	1	2	3	4	5

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto606713>

# Опыт применения 3D-моделирования в лечении переломов пилона (дистального метаэпифиза большеберцовой кости)

М.В. Паршиков<sup>1</sup>, А.Б. Кошкин<sup>1,2</sup>, Н.В. Ярыгин<sup>1</sup>, С.В. Новиков<sup>2</sup>, А.А. Прохоров<sup>1</sup>, М.В. Говоров<sup>1</sup>, Р.Н. Алиев<sup>4</sup>, В.В. Гурьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский университет медицины, Москва, Россия;

<sup>2</sup> Городская клиническая больница № 17, Москва, Россия;

<sup>3</sup> Городская клиническая больница им. С.П. Боткина, Москва, Россия;

<sup>4</sup> Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Проблема хирургического лечения переломов дистального отдела большеберцовой кости остаётся актуальной, несмотря на большое количество исследований на эту тему, развитие медицинских технологий диагностики и медицинских имплантов. Одним из ключевых моментов лечения таких переломов является предоперационное планирование. Эта процедура за 100 лет претерпела большие изменения — от рисунков на плоскостных рентгенограммах до создания 3D-моделей и симуляции открытой репозиции и внутренней фиксации *in vitro*.

**Цель.** Оценка возможностей использования 3D-прототипов реальных диагностических изображений пациентов с переломами дистального отдела большеберцовой кости.

**Материалы и методы.** В исследовании использовались методы открытого, проспективного, рандомизированного, сравнительного анализа. В рабочую группу вошли 30 пациентов с переломами пилона, остеосинтез планировался с применением 3D-моделей, в контрольную — столько же человек с использованием традиционных методов планирования. Были изучены параметры операции (время, кровопотеря, лучевая нагрузка), а также качество репозиции и отдалённые результаты. Также оценивали удобство использования 3D-моделей хирургами и удобство общения с пациентами методом анкетирования.

**Результаты.** Согласно полученным результатам, применение предоперационного планирования с использованием 3D-моделей имело преимущество по сравнению с традиционным планированием.

**Заключение.** Изготовление 3D-прототипа перелома пилона позволяет улучшить качество планирования оперативного лечения переломов этой локализации.

**Ключевые слова:** переломы пилона; 3D-моделирование; предоперационное планирование.

## Как цитировать:

Паршиков М.В., Кошкин А.Б., Ярыгин Н.В., Новиков С.В., Прохоров А.А., Говоров М.В., Алиев Р.Н., Гурьев В.В. Опыт применения 3D-моделирования в лечении переломов пилона (дистального метаэпифиза большеберцовой кости) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 31–43. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto606713>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto606713>

## Our experience in 3D-modelling in pilon (distal tibial plafond) fractures

Mikhail V. Parshikov<sup>1</sup>, Arsenty B. Koshkin<sup>1,2</sup>, Nikolay V. Yargin<sup>1</sup>, Sergey V. Novikov<sup>2</sup>, Andrey A. Prokhorov<sup>3</sup>, Mikhail V. Govorov<sup>2</sup>, Rasul N. Aliev<sup>4</sup>, Vladimir V. Guriev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> City Clinical Hospital № 17, Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia;

<sup>4</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Internal fixation of pilon fractures remains challenging despite the development of new technologies in medical imaging and implant design and various scientific investigations on this problem. A key point in therapeutic strategy is preoperative planning. Since the beginning of the twenty-first century, the procedure has changed dramatically from plain radiograph drawing to 3D models and internal fixation simulation *in vitro*.

**AIM:** This study aimed to evaluate 3D modeling in pilon fracture osteosynthesis preoperative planning.

**MATERIALS AND METHODS:** The study used open, prospective, randomized, and comparative analysis. We analyzed the data of 60 patients with pilon fractures who had undergone surgical treatment for pilon fractures between July 1, 2020, and December 12, 2021, in Moscow City Hospital No. 17. In 30 patients, 3D models were used in preoperative planning, and in another 30 patients, the traditional planning method was performed. The operation time, intraoperation, X-ray dosage, blood loss, fracture reduction quality, and long-term results were analyzed. Additionally, the surgeon's comfort in applying the 3D model and ease of doctor-patient communication were assessed using questionnaires.

**RESULTS:** Results showed that 3D modeling in pilon fracture osteosynthesis preoperative planning has advantages over traditional preoperative planning.

**CONCLUSION:** Therefore, 3D planning is a promising novel method for distal tibial fracture internal fixation preoperative planning, which provides significant higher degree of fracture anatomy comprehension and facilitates reduction maneuvers and implant positioning.

**Keywords:** pilon fractures; 3D modeling; preoperative planning.

### To cite this article:

Parshikov MV, Koshkin AB, Yargin NV, Novikov SV, Prokhorov AA, Govorov MV, Aliev RN, Gur'ev VV. Our experience in 3D-modelling in pilon (distal tibial plafond) fractures. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):31-43. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto606713>

Received: 17.10.2023

Accepted: 14.11.2023

Published online: 04.03.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости, часто называемые переломами пилона, составляют приблизительно 5–10% от всех её переломов. Их причиной, как правило, являются травмы высокой энергии, при которых компрессионные силы большой интенсивности приводят к многооскольчатым повреждениям суставной поверхности [1]. Открытая репозиция и внутренняя фиксация являются признанным мировым стандартом в их лечении [2, 3]. Несмотря на достижения научно-технического прогресса, использование в диагностике и лечении переломов пилона компьютерной томографии (КТ) с трёхмерной (3D) реконструкцией и современных пластин с угловой стабильностью, риск развития неудовлетворительных результатов у пациентов остаётся высоким [4]. Остеоартроз голеностопного сустава чаще всего развивается вследствие его травм, и именно такие переломы являются одной из частых его причин [5].

Самым важным фактором в снижении риска развития артроза голеностопного сустава и неблагоприятных исходов лечения переломов пилона в целом является анатомичная репозиция суставной поверхности [6, 7]. Это обуславливает перед хирургом задачу правильного выбора хирургического доступа, метода фиксации, при этом необходимо учитывать состояние мягких тканей и собственный опыт. Н. Kleinertz и соавт. [8], изучая возможности основных доступов к суставной поверхности пилона, отметили, что ни один из них не обеспечивает 100% визуализацию, в то время как сочетание одного из передних с одним из задних доступов в комбинации с интраоперационной дистракцией способно обеспечить полную визуализацию суставной поверхности.

В настоящее время большинство хирургов, добиваясь точной реконструкции трёхмерной структуры, каковой является голеностопный сустав, продолжают использовать при планировании двухмерные диагностические изображения, что может являться причиной проблем с анатомичной репозицией и некоторых послеоперационных осложнений. В связи с этим получение максимально полной информации об особенностях конкретного перелома представляется нам очень важной задачей.

Большой интерес представляет использование 3D-моделирования в лечении переломов пилона.

Трёхмерная печать — быстро развивающаяся технология, позволяющая создать реальный физический объект, обладающий всеми характеристиками его цифрового прототипа. В процессе печати 3D-принтер слой за слоем создаёт объект без каких-либо искажений. 3D-печать была изобретена и запатентована американским инженером Charles Hull [9] и предназначалась для использования в промышленности и архитектуре. Однако достаточно быстро технология нашла своё применение в медицине.

Напечатанная на 3D-принтере на основе обработанных изображений КТ пациента модель перелома обеспечивает отличную визуализацию дистального сегмента большеберцовой кости во всех плоскостях, позволяет оперирующей бригаде оценить все специфические характеристики перелома, подтвердить его тип, расположение, количество и характер смещения отломков, наличие костного дефекта. Вместе с этим 3D-модель создаёт условия для индивидуального, точного и рационального планирования. Хирургу доступна простая визуализация всех особенностей перелома перед операцией, что является очевидным преимуществом и основанием для выработки оптимального плана операции.

**Цель исследования** — оценить возможности 3D-печати в лечении переломов пилона и разработать алгоритм её использования в предоперационном планировании.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

В исследовании использовались методы открытого, проспективного, рандомизированного и сравнительного анализа. Дизайн исследования представлен на рис. 1.

### Условия проведения

В исследовании приняли участие 60 пациентов с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости, проходившие лечение в ГБУЗ «Городская клиническая больница № 17 Департамента здравоохранения г. Москвы» в период с 1 июля 2020 по 31 декабря 2021 г.

### Критерии соответствия

*Критериями включения были:*

- возраст старше 18 лет;

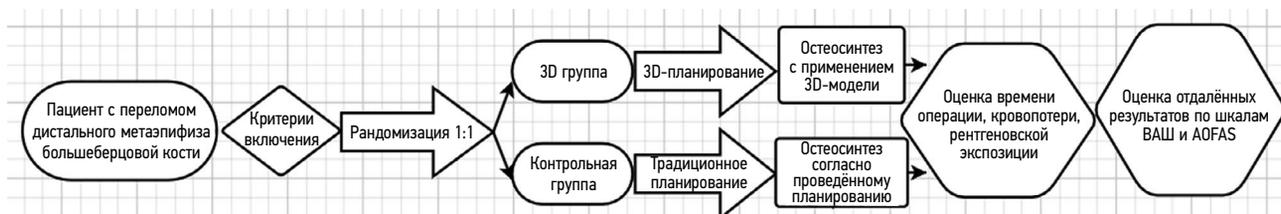


Рис. 1. Дизайн исследования.

Fig. 1. Trial design.

- закрытые переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости сроком не более 2 недель с момента травмы;
- отсутствие, в том числе в анамнезе, травм или операций, а также врождённых деформаций контралатеральной большеберцовой кости;
- подписанное информированное согласие.

*Критерии не включения:*

- застарелые или патологические переломы;
- открытые переломы;
- тяжёлые повреждения мягких тканей, соответствующие типам IC4 и IC5 классификации АО;
- пациенты с множественной и/или сочетанной травмой;
- пациенты с тяжёлыми сопутствующими заболеваниями;
- пациенты с онкологическими заболеваниями в анамнезе;
- пациенты с анемией любого генеза;
- беременные женщины;
- открытые переломы пилона большеберцовой кости.

## Описание медицинского вмешательства

Пациентам предоставлена информация о целях и методах исследования. В каждом случае подписано добровольное информированное согласие. Все 60 пациентов при помощи таблицы случайных чисел были распределены в рабочую (3D) и контрольную группы (по 30 пациентов). Из включённых пациентов всего у восьмерых в силу различных причин не отслежены отдалённые результаты (3 пациента в контрольной и 5 пациентов в 3D-группе), вследствие чего они исключены из исследования. Таким образом, в финальной его части в контрольной группе оставалось 27, а в рабочей — 25 человек. Превалирующим механизмом травмы в обеих группах было падение с высоты (21/27 в контрольной и 22/25 в 3D-группе). У всех

пациентов помимо перелома дистального отдела большеберцовой кости также имелся перелом малоберцовой кости. При поступлении им осуществлялось наложение аппарата наружной фиксации. Возрастно-половой состав, характеристика повреждений по классификации переломов и повреждений мягких тканей АО, а также среднее время от получения травмы до операции и срок окончательного остеосинтеза представлены в табл. 1.

### Печать 3D-модели

Данные КТ-сканирования пациентов с переломами пилона (в аппарате наружной фиксации) получали с аппарата GE Evolution EVO (США). В формате DICOM их переводили в 3D-формат в программе AW Server v3.2 (GE Software, США). Получали модель, очищенную от «шумов» и со сглаженной шероховатостью на поверхности большеберцовой кости. Далее данные были обработаны в программе для 3D-печати (Prusa-Slicer 2.4.1) и отправлены в печать на соответствующий принтер (Creality Ender 6, Creality, Китай). Таким образом, получали полноразмерные модели переломов пилона.

### Медицинский персонал, принявший участие в исследовании

Исследование проведено на базе отделения травматологии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 17» Департамента здравоохранения г. Москвы. В нём (этап 3D-планирования, хирургическая операция, анкетирование) приняли участие 5 врачей травматологического отделения, каждый из которых имел высшую квалификационную категорию, прошёл базовый и продвинутое курсы внутренней фиксации переломов АО. Им был предоставлен полный доступ к литературным источникам о возможностях 3D-планирования в травматологии и ортопедии, объяснены этапы изготовления модели, обеспечен доступ к 3D-принтеру.

Таблица 1. Характеристика пациентов

Table 1. Patients' characteristics

Показатель	Группа	
	3D	Контрольная
Общее количество, чел.	30	30
Отслежены результаты, чел.	25	27
Половой состав, муж./жен.	13/12	14/13
Средний возраст, лет	42,3±9,3	42,5±9
Сторона, справа/слева	11/14	11/16
Классификация АО	43C1-7, 43C2-9, 43C3-9	43C1-8, 43C2-10, 43C3-9
Классификация повреждений мягких тканей АО	IC1-13, IC2-9, IC-3	IC1-15, IC2-8, IC-4
Время от момента травмы до наложения аппарата наружной фиксации, ч	9±5	11±4
Время от наложения аппарата наружной фиксации до погружного синтеза, дней	7±4	6±3

### Планирование операции

Для осуществления хирургического лечения больным рабочей группы операционной бригаде была дана возможность выполнить остеосинтез перелома пилона *in vitro* при помощи 3D-модели перелома, полностью воспроизводящей его морфологию. С её помощью определялась локализация основных фрагментов для фиксации, наличие вальгусной или вирусной деформации. Учитывая полученные данные, выбирали хирургический доступ. В ходе симуляции остеосинтеза производили манёвры репозиции отломков и их фиксацию, подбор соответствующих пластин и винтов для полноразмерной модели. При необходимости выполняли моделирование пластины для идеального позиционирования на 3D-прототипе. В финале симуляции импланты подходящей длины устанавливали в оптимальной позиции. Выполняли фотофиксацию симуляции операции, импланты стерилизовали и готовили для операции. Каждому из пациентов были продемонстрированы 3D-модели их повреждений, импланты для остеосинтеза, объяснены основные этапы операции.

В контрольной группе оценка характера перелома и репозиции осуществлялась на основании данных КТ-исследования до операции и интраоперационного осмотра на электронно-оптическом преобразователе. Подбор фиксатора, размера винтов и моделирование пластины (при необходимости) осуществлялись интраоперационно.

### Остеосинтез дистального метаэпифиза большеберцовой кости

Хирургические вмешательства больным из обеих групп выполняла та же бригада, что и осуществляла симуляцию. Во время операций применяли доступы и приёмы репозиции согласно принципам АО. Хирургические вмешательства проводили под спинномозговой анестезией на стандартном ортопедическом операционном столе в положении на спине (в случае передних доступов) и на животе (при задних). При комбинации доступов и их смене пациента переворачивали. До выполнения погружного остеосинтеза аппарат наружной фиксации демонтировали. Выбор доступа осуществляли в зависимости от локализации ключевых фрагментов и согласно таблицам визуализации суставной поверхности дистального отдела большеберцовой кости по Kleinertz [17].

В ходе операции контроль для оценки характера перелома и качества репозиции в обеих группах осуществляли с помощью электронно-оптического преобразователя GE Evolution (США). Хирургической бригаде (рабочая группа) во время операции были доступны 3D-модель, заранее отобранная пре моделированная (при необходимости) пластина и винты соответствующего размера. При оперировании пациентов из контрольной группы подбор фиксаторов и их моделирование осуществляли во время вмешательства (до операции типоразмерный ряд пластин и винтов подобран на основании данных КТ).

### Послеоперационное ведение

Всем больным послеоперационные мероприятия проводили по единому стандарту, без различий по продолжительности антибактериальной, антикоагулянтной, обезболивающей терапии, контроля отёка, режима нагрузки на оперированную конечность. Внешняя иммобилизация не проводилась.

### Параметры оценки

Интраоперационно оценивались время операции, объём кровопотери (гравиметрическим методом), рентгеновская экспозиция. Успешность репозиции перелома оценивали визуально и по плоскостным рентгенограммам, параметрам Burwell–Charnley [11]. Функциональные результаты включали в себя объём движений в голеностопном суставе, оценивались по шкале American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) и визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Последняя использовалась для оценки боли, ощущаемой пациентом. Она представляет собой непрерывную шкалу в виде горизонтальной или вертикальной линии длиной 10 см (100 мм) с расположенными на ней двумя крайними точками: «отсутствие боли» и «сильнейшая боль, какую только можно представить». 100-балльная шкала AOFAS интерпретирует  $\geq 90$  баллов как отличный результат, 80–89 — как хороший, 70–79 — как удовлетворительный и  $\leq 69$  — как плохой [10]. Также оценивали количество осложнений в обеих группах. Заживление перелома фиксировали на плоскостных рентгенограммах при регистрации костной мозоли. Консолидацию перелома в течение 6 месяцев считали удовлетворительным результатом, консолидацию от 6 до 9 месяцев — замедленной. Перелом, не заживший за 9 месяцев, считали несросшимся. Неправильно сросшимся считался перелом с угловой или ротационной деформацией. Посттравматический артроз голеностопного сустава фиксировали при болезненных движениях в суставе с рентгенологическими признаками сужения суставной щели, остеосклероза и наличием деформации.

Для анализа результатов также применяли анкетирование хирургов и пациентов согласно оценке использования 3D-модели перелома. Опросники представлены в табл. 2 и 3.

### Статистическая обработка данных

Анализ данных проводился с использованием *t*-критерия и дисперсионного анализа (ANOVA/MANOVA). Определялись соотношения межгрупповой дисперсии и внутригрупповой дисперсии в измеряемых данных. Показателем изменчивости служила сумма квадратов отклонения полученных значений от среднего.

### Этическая экспертиза

Получено одобрение локального этического комитета ГБУЗ «Городская клиническая больница № 17» Департамента здравоохранения г. Москвы» на проведение

**Таблица 2.** Опросник для врачей «Оценка использования 3D-модели перелома»**Table 2.** Physician questionnaire "Fracture 3D-modelling application"

№	Вопрос
1.	Соответствует ли 3D-модель перелома реальной его анатомии? (1 — абсолютно не соответствует; 10 — полностью соответствует)
2.	Была ли польза от применения 3D-модели при предоперационном планировании? (1 — абсолютно не согласен; 10 — полностью согласен)
3.	Была ли польза от применения 3D-модели при общении с коллегами, операционными сёстрами, пациентами? (1 — абсолютно не согласен; 10 — полностью согласен)
4.	Вы удовлетворены использованием 3D-модели перелома? (1 — абсолютно не удовлетворён; 10 — полностью удовлетворён)
5.	Планируете ли Вы применение 3D-модели при следующих планированиях? (1 — точно нет; 10 — непременно да)

**Таблица 3.** Опросник для пациентов об удовлетворённости лечением с применением 3D-моделей**Table 3.** Questionnaire for the patients "3D modelling-assisted treatment satisfaction"

№	Вопрос
1.	Насколько 3D-модель перелома помогла улучшить общение с хирургом? (1 — никак не улучшила; 10 — существенно улучшила)
2.	Помогла ли 3D-модель понять характер полученного перелома? (1 — никак не помогла; 10 — существенно помогла)
3.	Помогла ли 3D-модель понять план операции? (1 — никак не помогла; 10 — существенно помогла)
4.	Удовлетворены ли Вы использованием 3D-модели перелома? (1 — абсолютно не удовлетворён; 10 — полностью удовлетворён)

исследования 3D-моделирования при предоперационном планировании в лечении переломов пилона (протокол № 1 от 27.01.2020 г.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования представлены в табл. 4 и 5.

Проведённый дисперсионный анализ количественных показателей подтвердил преимущество 3D-группы по сравнению с контрольной в виде статистически значимого сокращения лучевой нагрузки, времени операции и, как следствие, уменьшения объёма кровопотери. Также у пациентов 3D-группы статистически значимо снизился болевой синдром при оценке по ВАШ по сравнению с результатами лиц контрольной группы.

## Осложнения

У 3 пациентов из 3D-группы и 5 из контрольной группы наблюдалась поверхностная инфекция, купированная антибиотикотерапией и ежедневными перевязками с антисептиками. У одного больного в 3D-группе и 3 пациентов в контрольной группе сформировался посттравматический артроз голеностопного сустава. После назначения консервативного лечения (физиотерапия, использование индивидуальных стелек, местное применение димексида и курс нестероидных противовоспалительных средств)

была достигнута ремиссия. Повторных хирургических вмешательств не потребовалось.

## Анкетирование

Результаты опроса врачей показали большую пользу применения 3D-моделей и высокий уровень удовлетворённости им. По мнению хирургов, 3D-модель является высококачественным понятным визуальным изделием, существенно облегчающим предоперационное планирование (рис. 2).

Пациенты также отметили высокую удовлетворённость общением с врачом, использующим 3D-модель, и пониманием плана лечения.

## Клинический пример

Пациент Н., мужчина, 39 лет. Травма в результате падения с высоты около 3 м. По данным КТ диагностированы внутрисуставные переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости слева со смещением отломков и нижней трети малоберцовой кости со смещением отломков (АО 43–2) (рис. 3). Кожные покровы IС-2. Сопутствующих повреждений нет. Через 5 часов после поступления в приёмное отделение осуществлена фиксация левой большеберцовой кости в аппарате наружной фиксации, выполнено восстановление длины и оси левой голени. Проведена компьютерная томография, на основе

**Таблица 4.** Дисперсионный (ANOVA Краскела–Уоллиса) и парный сравнительный анализ исходных значений количественных показателей**Table 4.** Dispersion Kruskal–Wallis (ANOVA) and paired comparative analysis of initial quantitative parameters

Показатель	Группа		
	3D (n=30)	Контрольная (n=30)	
Время операции, мин H (4, N=60) =26,41, p=0,0001	73±8*	92±9*	
Интраоперационная кровопотеря, мл H (4, N=60) =21,31, p=0,0001	118±20,1*	162±24,2*	
Лучевая нагрузка, мЗвт H (4, N=59) =5,79, p=0,22	19±7*	32±6*	
Время заживления перелома, мес H (4, N=59) =14,83, p=0,005	5	5,1	
Минимальный период наблюдения, мес H (4, N=59) =11,56, p=0,02	20,2±2,1	19,9±2,3	
Объём движений в голеностопном суставе, 0	Тыльное сгибание H (4, N=59) =13,61, p=0,009	15,1±3	16,3±4
	Подошвенное сгибание H (4, N=59) =6,58, p=0,16	35,9*	23,8*
Боли в голеностопном суставе (по ВАШ) H (4, N=80) =26,41, p=0,0001	3,7 (2–7)*	3,1*	

Примечание. \* — различия статистически значимы между соответствующими группами.

Note. \* significant difference between corresponding groups.

**Таблица 5.** Результаты лечения пациентов**Table 5.** The treatment results

Показатель	Результат, n		Доля в процентах		
	3D-группа	Контрольная группа	3D-группа	Контрольная группа	
Качество репозиции по Burwell–Charnley	Хорошее	21	14	84	51
	Удовлетворительное	4	10	16	38
	Неудовлетворительное	0	3	0	11
Показатели AOFAS	Отличные и хорошие (77–96)	20/25	14/27	80	52
	Удовлетворительные (52–74)	5/25	12/27	20	44
	Неудовлетворительные (47)		1/27	0	6
Количество осложнений	5/25	8/27	20	29	
Поверхностная инфекция	3	5	12	18	
Артроз голеностопного сустава	1	3	4	11	

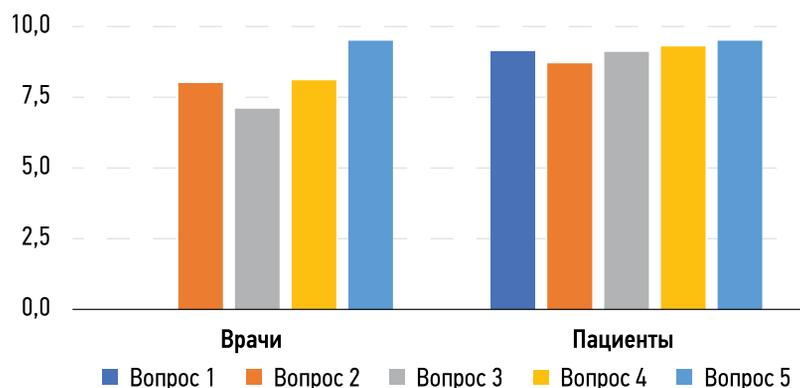


Рис. 2. Оценка врачами и пациентами применения 3D-моделей при лечении переломов пилона (результаты анкетирования).

Fig. 2. Patients and doctors evaluation of 3D-modelling in pilon fractures treatment.



Рис. 3. Пациент Н., 39 лет, состояние костных фрагментов до внутренней фиксации (компьютерная томография).

Fig. 3. Patient N., 39 years old, the pilon fracture fragments position before internal fixation (CT findings).

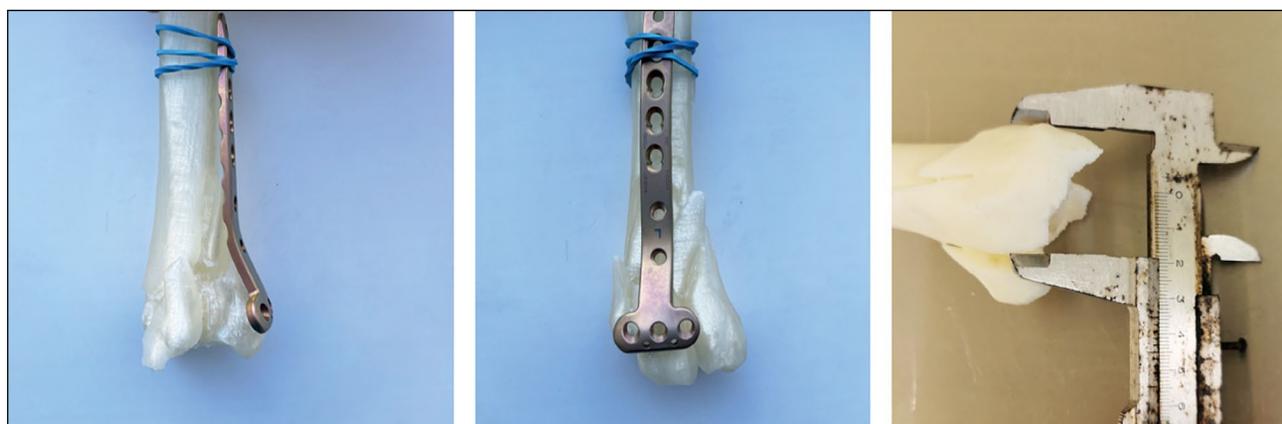


Рис. 4. 3D-прототип модели перелома в аппарате наружной фиксации, предоперационное планирование.

Fig. 4. 3D fracture model after external fixation; preoperative planning.

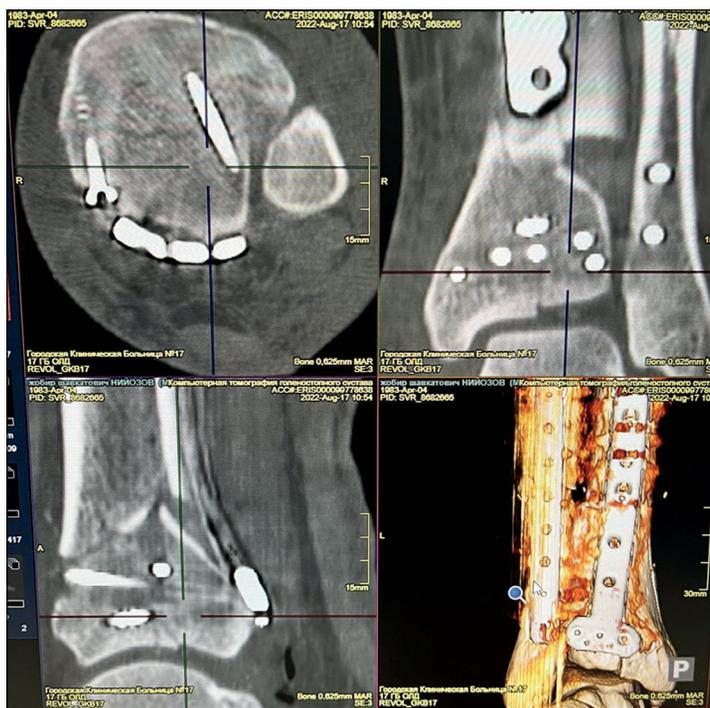


Рис. 5. Данные контроля методом компьютерной томографии после операции.

Fig. 5. Post-op CT findings.

которой сформирован файл STL, на 3D-принтере распечатан прототип перелома.

Проведено предоперационное планирование. Учитывая расположение ключевых фрагментов преимущественно в задней полусфере, а также наличие фликтен по передней поверхности голени в нижней трети, принято решение произвести остеосинтез из заднего доступа. Для большеберцовой кости подобрана пластина типа LCP Medial Proximal Tibial Plate, выполнено её премоделирование и определена оптимальная длина винтов, для малоберцовой кости — 1/3 трубчатая пластина для установки из заднелатерального доступа (рис. 4).

Через 7 дней осуществлён демонтаж аппарата, после чего пациент перевёрнут на живот и выполнена внутренняя фиксация метаэпифизов костей голени из заднелатерального доступа согласно разработанному предоперационному плану. Время операции составило 57 минут. Интраоперационная кровопотеря — 75 мл, количество снимков на электронно-оптическом преобразователе — 19. По критериям Burghwell–Charnley качество репозиции хорошее (рис. 5).

Течение послеоперационного периода гладкое. На следующий день больной приступил к разработке движений в голеностопном суставе.

На контрольном осмотре через 6 месяцев жалоб не предъявляет. Оценка по шкале AOFAS — 77 баллов.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Основной задачей хирургического лечения переломов пилона являются анатомичная репозиция отломков

и восстановление оси/длины/ротации дистального отдела большеберцовой кости, что позволяет начать раннюю разработку движений в голеностопном суставе и нагрузку на повреждённую конечность [13]. Следовательно, улучшение понимания морфологии перелома — залог успеха его лечения. Технологии рентгенографии и даже компьютерной томографии не обеспечивают 100% её понимания. Уникальность механизма перелома и отсутствие всеобъемлющей единообразной классификации существенно затрудняют общение врачей и принятие решений при планировании лечения этих переломов.

Применение 3D-печати в травматологии и ортопедии за последние годы всё чаще входит в рутинную практику [14–21]. В данном исследовании выполнена 3D-реконструкция данных КТ пациента в файл STL, позволяющая распечатать полноразмерный трёхмерный прототип перелома, обеспечив тем самым отличную визуализацию перелома во всех плоскостях. Вместе с этим 3D-модель создаёт условия для индивидуального, точного и рационального планирования. Хирургу доступна простая визуализация всех деталей перелома перед операцией, что является очевидным преимуществом и основанием для выработки оптимального плана операции. Возможность симуляции остеосинтеза на 3D-модели способна повысить точность репозиции и стабильность фиксации [22]. Использование 3D-моделей при лечении переломов в области голеностопного сустава демонстрирует уникальные преимущества, такие как уменьшение времени операции, интраоперационной кровопотери и правильного подбора имплантов, а в долгосрочном плане — улучшение результатов лечения (согласно

критериям анатомичной репозиции) и уменьшение количества осложнений [23].

В настоящем исследовании произведено сравнение хирургического лечения переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости по современным стандартам с традиционным предоперационным планированием, с дополнением 3D-модель-ассистированием. В рабочей группе возможность предоперационной симуляции остеосинтеза позволила существенно снизить затраты времени на подбор нужных размеров, формы импланта и разработать чёткий план репозиции перелома. Полученное в результате симуляции остеосинтеза представление о положении пластины/пластин и длины винтов дополнительно снижает количество выполненных рентгеновских снимков, время операции, кровопотерю. Данные функционального исхода, AOFAS и BASH позволяют прогнозировать улучшение результатов хирургического лечения в целом при использовании 3D-моделирования. Количество осложнений в 3D-группе также ниже по сравнению с контрольной, однако, учитывая относительно малую выборку и небольшой срок наблюдения, этот показатель требует дальнейшего анализа.

Важной частью лечебного процесса является коммуникация врача и пациента [24]. Имеются публикации об использовании 3D-моделей различных переломов для улучшения понимания ситуации пациентами, повышения её комплаентности [25]. Лучшее понимание характера перелома может помочь пациенту и его родственникам во время реабилитационного периода после операции. Стандартные медицинские изображения слишком сложны и иногда страшны для пациентов, их родственников и даже медицинского персонала другой специализации, что сильно затрудняет коммуникацию. Согласно данным проведённого исследования, оценка уровня понимания и доверия между врачом и пациентом в 3D-группе оценивалась на 9–10 баллов. Больные и их родственники были удовлетворены общением с врачом, что повышало понимание характера травмы, принципов реабилитации и повышало приверженность рекомендациям врача. Схожие результаты описаны при использовании 3D-моделей в общении с пациентами после эндопротезирования тазобедренного сустава [26].

В плане перспектив применения 3D-моделей в травматологии и ортопедии нельзя не отметить их пользу при обучении молодых хирургов [27].

Тем не менее использование 3D-моделей имеет некоторые ограничения. Во-первых, при изготовлении 3D-модели в настоящем исследовании использовались КТ-данные в костном режиме без данных о состоянии мягких тканей и их кровоснабжения. Также отсутствие мягких тканей на 3D-модели может дезориентировать хирурга в плане места укладки пластины и направления проведения винтов, как это описано в статье о 3D-моделировании остеосинтеза вертлужной впадины и лучезапястного сустава [28]. Во-вторых, непосредственно печать одной 3D-модели занимает в среднем

10–12 часов, что затрудняет её использование в неотложных случаях, а с учётом времени программной обработки более длительный процесс предоперационной подготовки несколько деэкономит экономию времени в ходе операции [29]. Более того, технология 3D-печати подразумевает использование специфического программного обеспечения, квалифицированный персонал, наличие специальных принтеров и расходных материалов, что может удорожать стоимость лечения, хотя со временем стоимость применения этой технологии постепенно снижается. Тем не менее существует мнение, что 3D-печать, безусловно полезная при планировании остеосинтеза сложных переломов, не должна использоваться рутинно, в 100% случаев [30]. Разумеется, при внедрении применения 3D-моделей необходимо учитывать кривую обучения персонала, что может влиять на время изготовления моделей и их качество.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение 3D-моделей в планировании хирургического лечения переломов дистального отдела большеберцовой кости представляет собой новый перспективный и высокотехнологичный способ, позволяющий сократить время операции, оптимизировать репозицию, уменьшить кровопотерю и упростить выбор и адаптацию соответствующих имплантов для остеосинтеза.

## 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: М.В. Паршиков, А.Б. Кошкин, Н.В. Ярыгин — концепция и дизайн исследования; А.Б. Кошкин, С.В. Новиков, А.А. Прохоров — сбор и обработка материала; М.В. Говоров, А.Б. Кошкин — статистическая обработка; А.Б. Кошкин, М.В. Паршиков — написание текста; Р.Н. Алиев, В.В. Гурьев, М.В. Паршиков — редактирование текста.

**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. M.V. Parshikov, A.B. Koshkin, N.V. Yargin — concept and design of the study; A.B. Koshkin, S.V. Novikov, A.A. Prokhorov — data collection and processing; M.V. Govorov, A.B. Koshkin — statistical processing of the data; A.B. Koshkin, M.V. Parshikov — text writing; R.N. Aliev, V.V. Guriev, M.V. Parshikov — editing.

**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. Mauffrey C., Vasario G., Battiston B., et al. Tibial pilon fractures: a review of incidence, diagnosis, treatment, and complications // *Acta Orthop Belg.* 2011. Vol. 77, № 4. P. 432–440.
2. Bear J., Rollick N., Helfet D. Evolution in Management of Tibial Pilon Fractures // *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018. Vol. 11, № 4. P. 537–545. doi: 10.1007/s12178-018-9519-7
3. Liporace F.A., Yoon R.S. Decisions and staging leading to definitive open management of pilon fractures: where have we come from and where are we now? // *J Orthop Trauma.* 2012. Vol. 26, № 8. P. 488–498. doi: 10.1097/BOT.0b013e31822fbdbe
4. Harris A.M., Patterson B.M., Sontich J.K., Vallier H.A. Results and outcomes after operative treatment of high-energy tibial plafond fractures // *Foot Ankle Int.* 2006. Vol. 27, № 4. P. 256–265. doi: 10.1177/107110070602700406
5. Valderrabano V., Horisberger M., Russell I., Dougall H., Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis // *Clin Orthop Relat Res.* 2009. Vol. 467, № 7. P. 1800–6. doi: 10.1007/s11999-008-0543-6
6. De-las-Heras-Romero J., Lledo-Alvarez A.M., Lizaur-Utrilla A., Lopez-Prats F.A. Quality of life and prognostic factors after intra-articular tibial pilon fracture // *Injury.* 2017. Vol. 48, № 6. P. 1258–1263. doi: 10.1016/j.injury.2017.03.023
7. Tochigi Y., Rudert M.J., McKinley T.O., Pedersen D.R., Brown T.D. Correlation of dynamic cartilage contact stress aberrations with severity of instability in ankle incongruity // *J Orthop Res.* 2008. Vol. 26, № 9. P. 1186–1193. doi: 10.1002/jor.20589
8. Kleinertz H., Tessarzyk M., Schoof B., et al. Visualization of the distal tibial plafond articular surface using four established approaches and the efficacy of instrumented distraction: a cadaveric study // *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022. Vol. 48, № 5. P. 4031–4041. doi: 10.1007/s00068-022-01927-w
9. Hull C.W., inventor; Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. United States patent US 4575330. 1986 March 11.
10. Ibrahim T., Beiri A., Azzabi M., et al. Reliability and validity of the subjective component of the American orthopaedic foot and ankle society clinical rating scales // *J Foot and Ankle Surg.* 2007. Vol. 46, № 2. P. 65–74. doi: 10.1053/j.jfas.2006.12.002
11. Burwell H.N., Charnley A.D. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement // *The Journal of Bone & Joint Surgery (British Volume).* 1965. Vol. 47, № 4. P. 634–660.
12. Muller M.E., Nazarian S., Koch P., Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of long bones. New York: Springer, 1990.
13. D'Heurle A., Kazemi N., Connelly C., et al. Prospective randomized comparison of locked plates versus nonlocked plates for the treatment of high-energy pilon fractures // *Journal of Orthopaedic Trauma.* 2015. Vol. 29, № 9. P. 420–423. doi: 10.1097/BOT.0000000000000386
14. Bai J., Wang Y., Zhang P., et al. Efficacy and safety of 3D print-assisted surgery for the treatment of pilon fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials // *J Orthop Surg Res.* 2018. Vol. 13, № 1. P. 283. doi: 10.1186/s13018-018-0976-x
15. Meng M., Wang J., Sun T., et al. Clinical applications and prospects of 3D printing guide templates in orthopaedics // *J Orthop Translat.* 2022. Vol. 34. P. 22–41. doi: 10.1016/j.jot.2022.03.001
16. Chepelev L., Wake N., Ryan J., et al.; RSNA Special Interest Group for 3D Printing. Radiological Society of North America (RSNA) 3D printing Special Interest Group (SIG): guidelines for medical 3D printing and appropriateness for clinical scenarios // *3D Print Med.* 2018. Vol. 4, № 1. P. 11. doi: 10.1186/s41205-018-0030-y
17. Auricchio F., Marconi S. 3D printing: clinical applications in orthopaedics and traumatology // *EFORT Open Rev.* 2017. Vol. 1, № 5. P. 121–127. doi: 10.1302/2058-5241.1.000012
18. Skelley N.W., Smith M.J., Ma R., Cook J.L. Three-dimensional Printing Technology in Orthopaedics // *J Am Acad Orthop Surg.* 2019. Vol. 27, № 24. P. 918–925. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00746
19. Alemayehu D.G., Zhang Z., Tahir E., et al. Preoperative Planning Using 3D Printing Technology in Orthopaedic Surgery // *Biomed Res Int.* 2021. Vol. 2021. P. 7940242. doi: 10.1155/2021/7940242
20. Pal A.K., Bhanakar U., Ray B. Three-dimensional (3D) printing: A potentially versatile tool in the field of medicine // *Indian J Clin Anat Physiol.* 2022. Vol. 9, № 2. P. 78–84. doi: 10.18231/j.ijcap.2022.020
21. Morgan C., Khatri C., Hanna S.A., Ashrafian H., Sarraf K.M. Use of three-dimensional printing in preoperative planning in orthopaedic trauma surgery: a systematic review and meta-analysis // *World J Orthop.* 2019. Vol. 11, № 1. P. 57–67. doi: 10.5312/wjo.v11.i1.57
22. Zhuang Y., Cao S., Lin Y., et al. Minimally invasive plate osteosynthesis of acetabular anterior column fractures using the two-incision minimally invasive approach and a preshaped three dimension plate // *International Orthopaedics.* 2016. Vol. 40, № 10. P. 2157–2162. doi: 10.1007/s00264-015-3111-1
23. Yang L., Shang X.-W., Fan J.-N., et al. Application of 3D Printing in the Surgical Planning of Trimalleolar Fracture and Doctor-Patient Communication // *BioMed Research International.* 2016. Vol. 2016. P. 2482086. doi: 10.1155/2016/2482086
24. Portalatín E.L., Carrazana L.F., Colon R., et al. Orthopaedic Surgeon Communication Skills: Perception of Empathy and Patient Satisfaction Through the Use of Anatomic Models // *JAAOS: Global Research and Reviews.* 2018. Vol. 2, № 11. P. e07. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00071
25. Lou Y., Cai L., Wang C., et al. Comparison of traditional surgery and surgery assisted by three dimensional printing technology in the treatment of tibial plateau fractures // *International Orthopaedics.* 2017. Vol. 41, № 9. P. 1875–1880. doi: 10.1007/s00264-017-3445-y

26. Won S.-H., Lee Y.-K., Ha Y.-C., Suh Y.-S., Koo K.-H. Improving pre-operative planning for complex total hip replacement with a Rapid Prototype model enabling surgical simulation // *The Bone & Joint Journal*. 2013. Vol. 95-B, № 11. P. 1458–1463. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.31878
27. Rong X., Wang B., Chen H., et al. Use of rapid prototyping drill template for the expansive open door laminoplasty: A cadaveric study // *Clin Neurol Neurosurg*. 2016. Vol. 150. P. 13–7. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.08.013
28. Merema B.J., Kraeima J., Ten Duis K., et al. The design, production and clinical application of 3D patient-specific implants

- with drilling guides for acetabular surgery // *Injury*. 2017. Vol. 48, № 11. P. 2540–7. doi: 10.1016/j.injury.2017.08.059
29. Cho W., Job A.V., Chen J., Baek J.H. A review of current clinical applications of three-dimensional printing in spine surgery // *Asian Spine J*. 2018. Vol. 12, № 1. P. 171–7. doi: 10.4184/asj.2018.12.1.171
30. Buijze G.A., Leong N.L., Stockmans F., et al. Three-dimensional compared with two-dimensional preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radial malunion: A multicenter randomized controlled trial // *J Bone Joint Surg Am*. 2018. Vol. 100, № 14. P. 1191–202. doi: 10.2106/JBJS.17.00544

## REFERENCES

1. Mauffrey C, Vasario G, Battiston B, et al. Tibial pilon fractures: a review of incidence, diagnosis, treatment, and complications. *Acta Orthop Belg*. 2011;77(4):432–440.
2. Bear J, Rollick N, Helfet D. Evolution in Management of Tibial Pilon Fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2018;11(4):537–545. doi: 10.1007/s12178-018-9519-7
3. Liporace FA, Yoon RS. Decisions and staging leading to definitive open management of pilon fractures: where have we come from and where are we now? *J Orthop Trauma*. 2012;26(8):488–498. doi: 10.1097/BOT.0b013e31822fbdbe
4. Harris AM, Patterson BM, Sontich JK, Vallier HA. Results and outcomes after operative treatment of high-energy tibial plafond fractures. *Foot Ankle Int*. 2006;27(4):256–265. doi: 10.1177/107110070602700406
5. Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, Dougall H, Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(7):1800–6. doi: 10.1007/s11999-008-0543-6
6. De-las-Heras-Romero J, Lledo-Alvarez AM, Lizaur-Utrilla A, Lopez-Prats FA. Quality of life and prognostic factors after intra-articular tibial pilon fracture. *Injury*. 2017;48(6):1258–1263. doi: 10.1016/j.injury.2017.03.023
7. Tochigi Y, Rudert MJ, McKinley TO, Pedersen DR, Brown TD. Correlation of dynamic cartilage contact stress aberrations with severity of instability in ankle incongruity. *J Orthop Res*. 2008;26(9):1186–1193. doi: 10.1002/jor.20589
8. Kleinertz H, Tessarzyk M, Schoof B, et al. Visualization of the distal tibial plafond articular surface using four established approaches and the efficacy of instrumented distraction: a cadaveric study. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022;48(5):4031–4041. doi: 10.1007/s00068-022-01927-w
9. Hull CW, inventor; *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*. United States patent US 4575330. 1986 March 11.
10. Ibrahim T, Beiri A, Azzabi M, et al. Reliability and validity of the subjective component of the american orthopaedic foot and ankle society clinical rating scales. *J Foot and Ankle Surg*. 2007;46(2):65–74. doi: 10.1053/j.jfas.2006.12.002
11. Burwell HN, Charnley AD. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. *The Journal of Bone & Joint Surgery (British Volume)*. 1965;47(4):634–660.
12. Muller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. *The comprehensive classification of fractures of long bones*. New York: Springer; 1990.
13. D'Heurle A, Kazemi N, Connelly C, et al. Prospective randomized comparison of locked plates versus nonlocked plates for the treatment of high-energy pilon fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2015;29(9):420–423. doi: 10.1097/BOT.0000000000000386
14. Bai J, Wang Y, Zhang P, et al. Efficacy and safety of 3D print-assisted surgery for the treatment of pilon fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):283. doi: 10.1186/s13018-018-0976-x
15. Meng M, Wang J, Sun T, et al. Clinical applications and prospects of 3D printing guide templates in orthopaedics. *J Orthop Translat*. 2022;34:22–41. doi: 10.1016/j.jot.2022.03.001
16. Chepelev L, Wake N, Ryan J, et al.; RSNA Special Interest Group for 3D Printing. Radiological Society of North America (RSNA) 3D printing Special Interest Group (SIG): guidelines for medical 3D printing and appropriateness for clinical scenarios. *3D Print Med*. 2018;4(1):11. doi: 10.1186/s41205-018-0030-y
17. Auricchio F, Marconi S. 3D printing: clinical applications in orthopaedics and traumatology. *EFORT Open Rev*. 2017;1(5):121–127. doi: 10.1302/2058-5241.1.000012
18. Skelley NW, Smith MJ, Ma R, Cook JL. Three-dimensional Printing Technology in Orthopaedics. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;27(24):918–925. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00746
19. Alemayehu DG, Zhang Z, Tahir E, et al. Preoperative Planning Using 3D Printing Technology in Orthopedic Surgery. *Biomed Res Int*. 2021;2021:7940242. doi: 10.1155/2021/7940242
20. Pal AK, Bhanakar U, Ray B. Three-dimensional (3D) printing: A potentially versatile tool in the field of medicine. *Indian J Clin Anat Physiol*. 2022;9(2):78–84. doi: 10.18231/j.ijcap.2022.020
21. Morgan C, Khatri C, Hanna SA, Ashrafian H, Sarraf KM. Use of three-dimensional printing in preoperative planning in orthopaedic trauma surgery: a systematic review and meta-analysis. *World J Orthop*. 2019;11(1):57–67. doi: 10.5312/wjo.v11.i1.57
22. Zhuang Y, Cao S, Lin Y, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis of acetabular anterior column fractures using the two-incision minimally invasive approach and a preshaped three dimension plate. *International Orthopaedics*. 2016;40(10):2157–2162. doi: 10.1007/s00264-015-3111-1
23. Yang L, Shang X-W, Fan J-N, et al. Application of 3D Printing in the Surgical Planning of Trimalleolar Fracture and Doctor-Patient Communication. *BioMed Research International*. 2016;2016:2482086. doi: 10.1155/2016/2482086
24. Portalatin EL, Carrazana LF, Colon R, et al. Orthopaedic Surgeon Communication Skills: Perception of Empathy and Patient Satisfaction Through the Use of Anatomic Models. *JAAOS: Global Research and Reviews*. 2018;2(11):e07. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00071
25. Lou Y, Cai L, Wang C, et al. Comparison of traditional surgery and surgery assisted by three dimensional printing technology in

the treatment of tibial plateau fractures. *International Orthopaedics*. 2017;41(9):1875–1880. doi: 10.1007/s00264-017-3445-y

26. Won S-H, Lee Y-K, Ha Y-C, Suh Y-S, Koo K-H. Improving pre-operative planning for complex total hip replacement with a Rapid Prototype model enabling surgical simulation. *The Bone & Joint Journal*. 2013;95-B(11):1458–1463. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.31878

27. Rong X, Wang B, Chen H, et al. Use of rapid prototyping drill template for the expansive open door laminoplasty: A cadaveric study. *Clin Neurol Neurosurg*. 2016;150:13–7. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.08.013

28. Merema BJ, Kraeima J, Ten Duis K, et al. The design, production and clinical application of 3D patient-specific implants with

drilling guides for acetabular surgery. *Injury*. 2017;48(11):2540–7. doi: 10.1016/j.injury.2017.08.059

29. Cho W, Job AV, Chen J, Baek JH. A review of current clinical applications of three-dimensional printing in spine surgery. *Asian Spine J*. 2018;12(1):171–7. doi: 10.4184/asj.2018.12.1.171

30. Buijze GA, Leong NL, Stockmans F, et al. Three-dimensional compared with two-dimensional preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radial malunion: A multicenter randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(14):1191–202. doi: 10.2106/JBJS.17.00544

## ОБ АВТОРАХ

**Паршиков Михаил Викторович**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0003-4201-4577;  
eLibrary SPIN: 5838-4366;  
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

\* **Кошкин Арсентий Борисович**;  
адрес: Россия, 127006, г. Москва, ул. Долгоруковская, д. 4;  
ORCID: 0000-0002-7616-2255;  
eLibrary SPIN: 4561-6000;  
e-mail: febris@mail.ru

**Ярыгин Николай Владимирович**, д-р мед. наук, профессор,  
член-корреспондент РАН;  
ORCID: 0000-0003-4322-6985;  
eLibrary SPIN: 3258-4436;  
e-mail: dom1971@yandex.ru

**Новиков Сергей Викторович**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-5667-5184;  
e-mail: nadin-79@bk.ru

**Прохоров Андрей Алексеевич**;  
ORCID: 0000-0002-4130-1307;  
e-mail: dr.prokhorov.aa@yandex.ru

**Говоров Михаил Владимирович**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0003-4873-3230;  
eLibrary SPIN: 5444-1777;  
e-mail: svgovorova2011@yandex.ru

**Алиев Расул Николаевич**, канд. мед. наук, доцент;  
ORCID: 0000-0002-0876-1301;  
eLibrary SPIN: 1263-7372;  
e-mail: rasulmed@yandex.ru

**Гурьев Владимир Васильевич**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0009-0008-0842-5739;  
eLibrary SPIN: 8987-2622;  
e-mail: drguriev@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**Mikhail V. Parshikov**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: 0000-0003-4201-4577;  
eLibrary SPIN: 5838-4366;  
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

\* **Arsenty B. Koshkin**;  
address: 4 Dolgorukovskaya str., 127006 Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0002-7616-2255;  
eLibrary SPIN: 4561-6000;  
e-mail: febris@mail.ru

**Nikolay V. Yargin**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor, corresponding  
member of the Russian Academy of Sciences;  
ORCID: 0000-0003-4322-6985;  
eLibrary SPIN: 3258-4436;  
e-mail: dom1971@yandex.ru

**Sergey V. Novikov**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-5667-5184;  
e-mail: nadin-79@bk.ru

**Andrey A. Prokhorov**;  
ORCID: 0000-0002-4130-1307;  
e-mail: dr.prokhorov.aa@yandex.ru

**Mikhail V. Govorov**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0003-4873-3230;  
eLibrary SPIN: 5444-1777;  
e-mail: svgovorova2011@yandex.ru

**Rasul N. Aliev**, MD, Cand. Sci. (Med.), assistant professor;  
ORCID: 0000-0002-0876-1301;  
eLibrary SPIN: 1263-7372;  
e-mail: rasulmed@yandex.ru

**Vladimir V. Guriev**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: 0009-0008-0842-5739;  
eLibrary SPIN: 8987-2622;  
e-mail: drguriev@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

# Эффективность управляемого роста в коррекции неравенства длины нижних конечностей в рамках многоуровневых одномоментных ортопедических вмешательств у детей с гемипаретическими формами церебрального паралича

У.Ф. Мамедов<sup>1</sup>, А.Д. Томов<sup>2</sup>, О.И. Гатамов<sup>1</sup>, Д.А. Попков<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Г.А. Илизарова, Курган, Россия;<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Многоуровневые одномоментные ортопедические вмешательства при гемипаретических формах детского церебрального паралича подразумевают не только коррекцию ортопедических осложнений на вовлечённой конечности, но и уравнивание или уменьшение неравенства длины конечностей. Остаётся неизвестной оценка эффективности коррекции неравенства длины конечностей методикой управляемого роста при одновременном улучшении функции вовлечённой конечности выполнением многоуровневого ортопедического вмешательства.

**Цель.** Анализ параметров коррекции неравенства длины сегментов нижних конечностей методом управляемого роста у детей со спастической гемиплегией в рамках многоуровневых ортопедических вмешательств.

**Материалы и методы.** Результаты коррекции неравенства длины нижних конечностей методом управляемого роста (экстрафизарного эпифизиодеза), выполненной в рамках многоуровневых одномоментных вмешательств, были изучены у 24 детей со спастической гемиплегией.

**Результаты.** Длительность коррекции составила в среднем 18 месяцев при выполнении операции на бедре и 18,5 месяца при торможении роста на голени. В целом, учитывая длину сегментов и бедра, и голени, достигнутая коррекция была вполне удовлетворительной. До операции разница в суммарной длине бедра и голени составляла 18 (11÷23) мм, а после периода коррекции — 4 (–4,5÷5,75) мм. Интересно отметить, что при выполнении эпифизиодеза до возраста 11 лет присутствует тенденция гиперкоррекции укорочения вовлечённой конечности при учёте разницы в длине сегмента «бедро–голень». По мере увеличения возраста в момент вмешательства (особенно во второй половине пубертатного периода) эффективность методики управляемого роста снижается. Во всех случаях, когда величина коррекции составила в итоге менее 1 см, возраст пациентов превышал 144 месяца (12 лет).

**Заключение.** Учитывая преимущества многоуровневых вмешательств при детском церебральном параличе, выполнение управляемого роста в рамках единой операции с реконструктивными элементами на вовлечённой конечности является предпочтительным. Контролируемый и обратимый характер экстрафизарного временного эпифизиодеза позволяет достичь требуемой коррекции без высоких рисков избыточного торможения роста. Выполнение операции управляемого роста предпочтительнее не позднее возраста 12–13 лет, учитывая остаточный потенциал роста.

**Ключевые слова:** спастическая гемиплегия; управляемый рост; многоуровневые одномоментные вмешательства.

## Как цитировать:

Мамедов У.Ф., Томов А.Д., Гатамов О.И., Попков Д.А. Эффективность управляемого роста в коррекции неравенства длины нижних конечностей в рамках многоуровневых одномоментных ортопедических вмешательств у детей с гемипаретическими формами церебрального паралича // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

# The effectiveness of controlled growth in correcting the inequality of the length of the lower extremities in the framework of multi-level simultaneous orthopedic interventions in children with hemiparetic forms of cerebral palsy

Ulvi F. Mamedov<sup>1</sup>, Ahmed D. Tomov<sup>2</sup>, Orkhan I. Gatamov<sup>1</sup>, Dmitry A. Popkov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia;

<sup>2</sup> Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Multilevel simultaneous orthopedic interventions in hemiparetic cerebral palsy imply correction of orthopedic complications on the involved limb and equalization or reduction of the inequality of the limb length. The effectiveness of correcting the inequality of limb length by controlled growth while improving the function of the involved limb by performing a multilevel orthopedic intervention remains unknown.

**AIM:** To analyze the parameters of correction of the inequality of the length of the segments of the lower extremities using controlled growth in children with spastic hemiplegia in the framework of multilevel orthopedic interventions.

**MATERIALS AND METHODS:** In 24 children with spastic hemiplegia, the results of correction of the inequality of the length of the lower extremities by controlled growth (extraphyseal epiphysiodesis) performed within the framework of multilevel simultaneous interventions were studied.

**RESULTS:** The duration of correction was, on average, 18 months during hip surgery and 18.5 months with growth inhibition in the lower leg. Generally, considering the length of the segments of both the thigh and lower leg, the correction achieved was relatively satisfactory. Preoperatively, the difference in the total length of the thigh and lower leg was 18 mm (11–23), and after the correction period, it was 4 mm (–4.5–5.75). In performing epiphysiodesis before age 11 years, hypercorrection of the shortening of the involved limb may occur, considering the difference in the length of the thigh–shin segment. As age increases at the time of intervention (especially in the second half of puberty), the effectiveness of the controlled growth technique decreases. In all cases, when the correction value was <1 cm, patients' age exceeded 144 months (12 years).

**CONCLUSION:** Given the advantages of multilevel interventions in cerebral palsy, performing controlled growth within a single operation with reconstructive elements on the involved limb is preferable. The controlled and reversible nature of extraphyseal temporary epiphysiodesis is beneficial in achieving the required correction without high risks of excessive growth inhibition. Performing a controlled growth operation is preferable when the patient is ≤12–13 years old, considering the residual growth potential.

**Keywords:** spastic hemiplegia; guided growth; single-event multilevel surgery.

## To cite this article:

Mamedov UF, Tomov AD, Gatamov OI, Popkov DA. The effectiveness of controlled growth in correcting the inequality of the length of the lower extremities in the framework of multi-level simultaneous orthopedic interventions in children with hemiparetic forms of cerebral palsy. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):45–54. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

Received: 15.10.2023

Accepted: 14.11.2023

Published online: 04.03.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Частота встречаемости гемипаретических форм церебрального паралича у детей доходит до 15,3% [1, 2]. Возникающие глобальные двигательные нарушения, как правило, относятся к уровням I–II по классификации Gross Motor Function Classification System (GMFCS) [3]: 87,8% — уровень I, 7,1% — уровень II по GMFCS [2].

Многоуровневые одномоментные ортопедические вмешательства при гемипаретических формах детского церебрального паралича (ДЦП) подразумевают не только коррекцию ортопедических осложнений на вовлечённой конечности, но и уравнивание или уменьшение неравенства длины конечностей [4–6].

Необходимость коррекции неравенства длины нижних конечностей при спастических гемипарезах у детей обусловлена зависимыми нарушениями походки: при величине укорочения 1 см и более при ходьбе босиком обнаружили снижение скорости ходьбы и длины шага [7], разница в длине 1 см и более предрасполагает к рецидиву эквинусной контрактуры после первичного её устранения [8]. Кроме того, до настоящего времени неизвестен эффект одновременной многоуровневой коррекции ортопедических осложнений ДЦП (контрактур, деформаций) и, соответственно, улучшения функции вовлечённой конечности на параметры уравнивания длины конечностей при одновременном использовании методики управляемого роста.

**Цель исследования** — анализ параметров коррекции неравенства длины сегментов нижних конечностей методом управляемого роста у детей со спастической гемиплегией в рамках многоуровневых ортопедических вмешательств.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Работа построена на основании анализа лечения 24 пациентов, которым выполнялось оперативное лечение в период с 2017 по 2022 г.

### Критерии соответствия

**Критерием включения** в данное исследование являлся диагноз церебрального паралича (G80.2) по Международной классификации болезней [9] у детей в возрасте менее 15 лет, когда рентгенологически определялись открытые зоны роста области коленного сустава контралатеральной (здоровой) конечности.

Обязательным условием являлась возможность стандартной рентгеновской оценки длины сегментов нижних конечностей перед операцией, а также после завершения применения пластин управляемого роста (их удаления), когда рентген-телеметрия выполнялась с расстояния не менее 250 см у детей в вертикальной позе и при возможности полного разгибания коленных суставов [10].

Соответственно, из исследования исключены дети с иными диагнозами, случаи, когда не производились вмешательства на вовлечённой конечности, дети старше 15 лет либо случаи, когда было невозможно выполнение рентгеновского исследования по вышеуказанным критериям.

### Условия проведения

Все оперативные вмешательства проводились в НИИЦ ТО им. Г.А. Илизарова. Для выполнения данного исследования и лечения необходимо наличие в стационаре возможности осуществления обзорной рентгенографии конечностей для оценки разницы их длины и наличие в операционной электронного оптического преобразователя.

### Описание медицинского вмешательства

Выполненные оперативные вмешательства подразумевали коррекцию контрактур и деформаций на вовлечённой конечности за счёт многоуровневых ортопедических вмешательств и одновременное выполнение методики временного торможения роста на здоровой конечности. Через два доступа с медиальной и латеральной сторон накладывалась 8-образная пластина и фиксировалась соответственно к эпифизу и метафизу кости под многоуровневой рентгеноскопией.

При анализе эффективности методики управляемого роста исследовали:

- изменения длины сегментов (здорового с торможением роста и контралатерального) в период наблюдения;
- скорость торможения роста оперированного сегмента здоровой конечности (мм/мес) [11];
- сопоставление скорости торможения роста в зависимости от возраста (выраженного в месяцах) выполнения операции;
- достижение планируемой коррекции неравенства длины конечностей.

Для оценки результатов лечения данная публикация учитывает критерии оценки по шкале Gillette [12]. Более детальный анализ параметров движений и объективной оценки походки, включая компьютерный анализ, требует широкого представления материала, что выходит за рамки данной работы и требований формата статьи.

Оперативное вмешательство выполнялось по методике экстрафизарного временного блокирования роста [13] с использованием отечественных титановых пластин (разработчик — ООО «Метис», г. Томск).

Отметим, что ввиду обратимости процедуры управляемого роста, а также целесообразности выполнения её совместно с ортопедическими элементами операции на вовлечённой конечности (под единственной анестезией) изучение костного возраста для определения оптимального момента эпифизиодеза не проводилось.

## Статистический анализ

Для статистической обработки данных применяли программу AtteStat 12.0.5. Количественные характеристики выборочных совокупностей представлены в таблицах в виде медианы с уровнем распределения процентилей 25÷75%.

## Этическая экспертиза

На проведение исследований было получено разрешение комитета по этике. Исследования проводились в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2000 года, «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 года. Пациенты или родители пациентов, уполномоченные сотрудники социальных учреждений подтверждали согласие на проведение исследования и публикацию результатов без идентификации личности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Из серии 54 пациентов детского возраста с ДЦП, прооперированных в период 2017–2022 гг. с применением метода управляемого роста, удалось выделить 24 пациента, соответствующих критериям включения. По уровню нарушения двигательных функций все пациенты были классифицированы как соответствующие уровню I по GMFCS.

В 8 случаях метод управляемого роста применялся на бедре (группа 1), в 15 — на большеберцовой кости (группа 2). В одном случае экстрафизарный эпифизиодез использовали как на бедре, так и на голени, и для анализа сегменты были отнесены к соответствующим группам.

В табл. 1 представлена общая характеристика групп. В табл. 2 приведены параметры эффективности управляемого роста в сравнении с вовлечённой бедренной костью.

В табл. 3 приведены параметры действия управляемого роста на голени.

Рис. 1 и 2 дают представление о зависимости от возраста выполнения операции как скорости торможения роста здорового сегмента (бедро или голени), так и достигнутой величины коррекции.

Очевидно, что по мере увеличения возраста в момент вмешательства (особенно во второй половине пубертатного периода) эффективность методики управляемого роста снижается. Отметим, что во всех случаях, когда величина коррекции составила в итоге менее 1 см, возраст пациентов превышал 144 месяца (12 лет).

В целом, учитывая длину сегментов и бедра, и голени, достигнутая коррекция была вполне удовлетворительной. До операции разница в суммарной длине бедра и голени составляла 18 (11÷23) мм, а после периода коррекции — 4 (–4,5÷5,75) мм. Интересно отметить, что при выполнении эпифизиодеза до достижения возраста 11 лет присутствует тенденция гиперкоррекции укорочения вовлечённой конечности при учёте разницы в длине сегмента «бедро-голень» (рис. 3).

## Клинический пример

Пациент, 11 лет и 8 месяцев, с диагнозом «ДЦП, левосторонний гемипарез» поступил в Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии с жалобами на укорочение левой нижней конечности, хромоту и ограничение движений в левом коленном и голеностопном суставах. На обзорной телерентгенограмме нижних конечностей стоя в прямой проекции

Таблица 1. Демографические характеристики групп, длительность применения пластин управляемого роста

Table 1. Demographic characteristics of groups, duration of use of controlled growth plates

Группа	Возраст момента операции, мес	Пол (ж/м)	Длительность эпифизиодеза, мес
1-я (бедро)	142 (109÷156)	2/7	18 (17÷23)
2-я (голень)	144 (107÷154,8)	5/11	18,5 (12,8÷25,5)

Таблица 2. Параметры действия управляемого роста на бедре

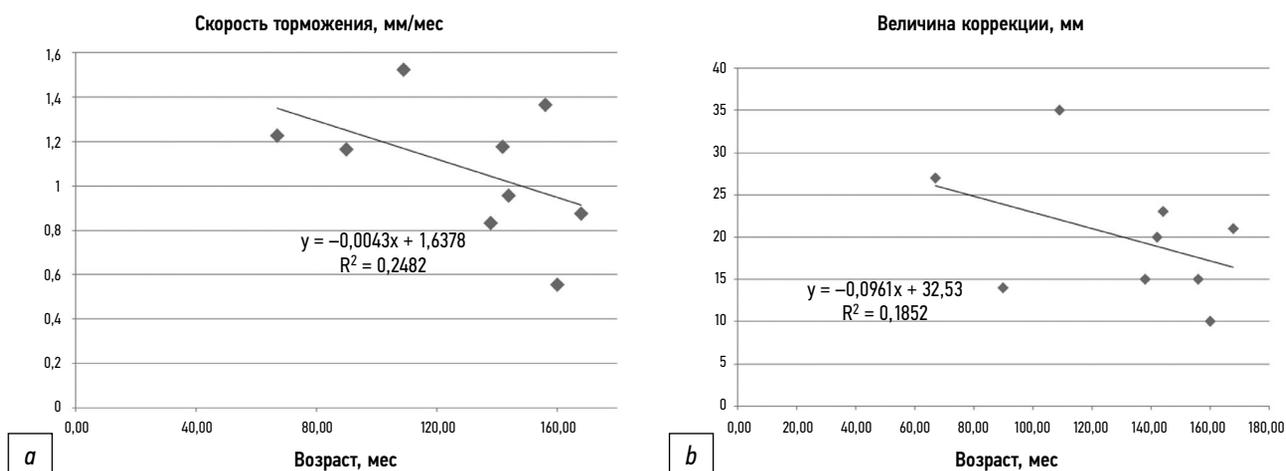
Table 2. Controlled growth action parameters on the hip

Разница в длине, мм		Величина коррекции, мм	Скорость коррекции, мм/мес
до операции	на момент удаления пластин		
10,0 (5÷14)	–5,0 (–15,0÷0,0)	20,0 (15÷23)	1,17 (0,88÷1,23)

Таблица 3. Параметры действия управляемого роста на голени

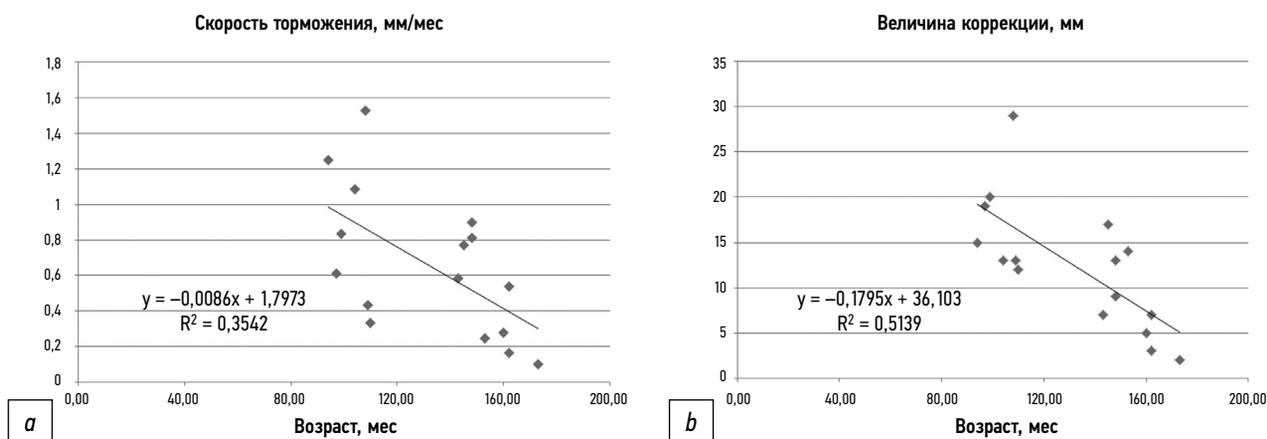
Table 3. Parameters of controlled growth action on the lower leg

Разница в длине, мм		Величина коррекции, мм	Скорость коррекции, мм/мес
до операции	на момент удаления пластин		
10,5 (6÷13,3)	–1,5 (–5,25÷1,25)	16,0 (8÷17,5)	0,67 (0,32÷0,85)



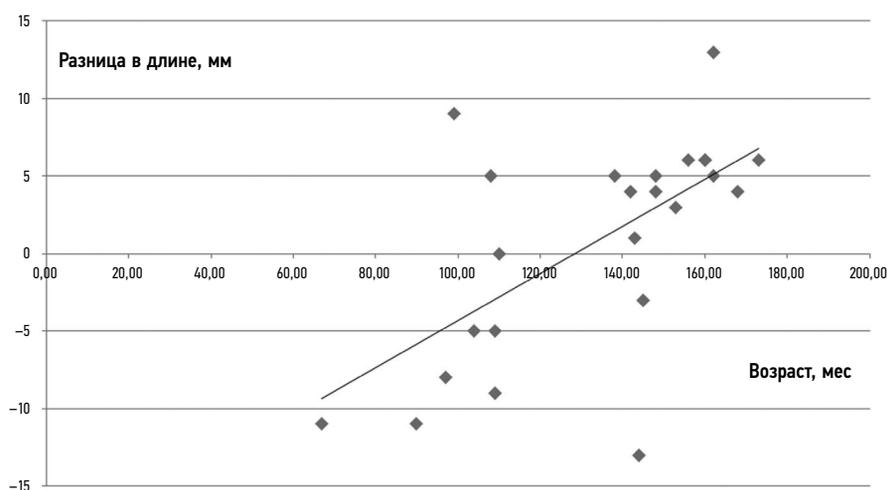
**Рис. 1.** Зависимость параметров эффективности управляемого роста на бедре: *a* — возраст–скорость торможения; *b* — возраст–величина коррекции.

**Fig. 1.** Dependence of parameters of the effectiveness of controlled growth on the hip: *a* — age–braking speed; *b* — age–correction value.



**Рис. 2.** Зависимость параметров эффективности управляемого роста для большеберцовой кости: *a* — возраст–скорость торможения; *b* — возраст–величина коррекции.

**Fig. 2.** Dependence of the parameters of the efficiency of controlled growth for the tibia: *a* — age–braking rate; *b* — age–correction value.



**Рис. 3.** Суммарная разница в длине сегментов «бедро–голень» здоровой и вовлечённой конечности к моменту удаления пластин управляемого роста.

**Fig. 3.** The total difference in the length of the thigh–tibia segments of the healthy and involved limb at the time of removal of the controlled growth plates.

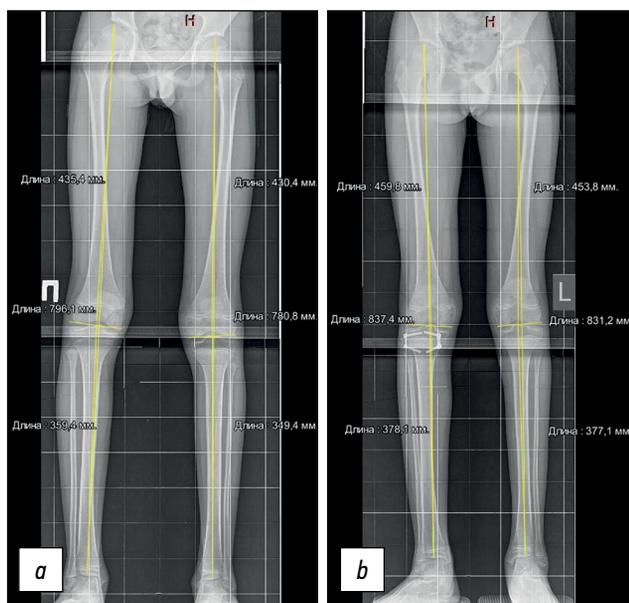


Рис. 4. Телерентгенограмма стоя в прямой проекции: *a* — до операции, *b* — перед удалением металлоконструкции, скорость коррекции составила 10 мес.

Fig. 4. Teleroentgenogram standing in a direct projection: *a* — before surgery, *b* — before removal of the metal structure, the correction rate was 10 months.

было установлено анатомическое укорочение левой нижней конечности на 15 мм (бедро — 5 мм, голень — 10 мм) (рис. 4*a*). За одну операционную сессию было проведено вмешательство на обеих нижних конечностях. Справа выполнен временный экстрафизарный эпифизиодез проксимального отдела правой большеберцовой кости 8-образными пластинами. Слева — тенотомия полусухожильной мышцы, апоневротомия полумембранозной, икроножных мышц по Strayer, укорочение сухожилия задней большеберцовой мышцы за счёт её дублирования. Гипсовая

иммобилизация левой нижней конечности составила 4 недели. Пациенту проводились контрольные измерения на телерентгенограмме нижних конечностей в сроки 6 и 10 месяцев после операции. На 10-й месяц установлена одинаковая длина конечностей, (рис. 4*b*), металлоконструкции с проксимального отдела правой большеберцовой кости были удалены.

В дополнение к аспектам роста сегментов табл. 4 даёт представление об объёме оперативного вмешательства на вовлечённом сегменте в совокупности в каждой группе.

Исходы ортопедических операций на вовлечённой конечности к моменту завершения коррекции неравенства длины соответствовали поставленным задачам у всех пациентов. Суммарно результат многоуровневых вмешательств отражён в улучшении параметров ходьбы. При анализе результатов лечения в данной работе были учтены исходы по шкале Gillette (табл. 5).

Отметим, что благодаря проведённому лечению улучшение функциональных возможностей отмечено у 22 из 24 пациентов (в 91,7% случаев).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Целью коррекции неравенства длины нижних конечностей при спастических гемипарезах являются профилактика рецидива эквинусной установки стопы [8], улучшение параметров ходьбы [7, 14], предотвращение вторичных деформаций позвоночника [15] и стопы здоровой конечности [6, 7, 16].

Способы устранения неравенства длины различны: управляемый рост или удлинение конечности, и в настоящее время нет однозначных рекомендаций по выбору метода коррекции [6, 7, 15–17]. Тем более, что круг работ по коррекции неравенства длины нижних конечностей у неврологических пациентов весьма ограничен,

Таблица 4. Элементы (количество) оперативного вмешательства на вовлечённой конечности

Table 4. Elements (quantity) of surgical intervention on the involved limb

Группа	Удлинение аддукторов бедра	Удлинение сгибателей голени	Удлинение m. triceps	Укорочение m. tibialis posterior	Таранно-ладьевидный артродез	Подтаранный артролиз	Деторсионная остеотомия	Реконструкция стопы по Evans
1-я	3	3	9	1	1	1	–	1
2-я	4	4	15	3	1	–	1	3

Таблица 5. Оценка двигательных возможностей по шкале Gillette (указано количество пациентов, двигательные возможности которых соответствовали определённому уровню)

Table 5. Assessment of motor abilities according to the Gillette scale (the number of patients whose motor abilities corresponded to a certain level is indicated)

Период	Уровень Gillette			
	V	VI	VII	VIII
До операции	5	14	4	1
Через 2 года	–	6	13	5

изучаемые серии невелики [6, 15, 18]. И невозможно считать научно обоснованным подходом экстраполяцию результатов применения метода управляемого роста у лиц с врождёнными или посттравматическими укорочениями с прогнозируемым ростом [19, 20] на группу пациентов, у которых разница в длине ног возникает на фоне неврологических заболеваний.

Тем не менее управляемый рост выглядит предпочтительнее с точки зрения меньшего объёма операции и исключения воздействия диафиксирующих элементов аппарата внешней фиксации на вовлечённую конечность. М. Corradin и соавт. [6], применяя управляемый рост, при исходной средней разнице в длине 3–4 см достигли финальной разницы 1–2 см, при этом не наблюдался рецидив увеличения неравенства нижних конечностей в среднем периоде наблюдения 6–7 лет. Коррекция неравенства длины сопровождалась исчезновением компенсаторных чрезмерных сгибательных установок в коленном и тазобедренном суставах и избыточной тыльной флексии стопы на здоровой конечности.

Величина остаточного неравенства при спастической гемиплегии остаётся нерешённым вопросом. Учитывая низкий селективный контроль и слабость тыльных флексоров стопы, М. Corradin и соавт. [6] рекомендуют остаточное неравенство 0,5–1,5 см. С другой стороны, даже неравенство длины 1 см негативно влияет на кинематику таза и позвоночника при ходьбе [15, 18] и по-прежнему имеет показания к компенсации [7, 15]. В нашей серии средняя суммарная разница сегментов бедра–голеней к моменту удаления пластин составляла 4 мм, что указывает на управляемость и возможность хорошего контроля за процессом моделирования роста. Тем не менее отметим, что темпы коррекции неравенства длины не линейны, и их значения выше для детей в период до предпубертатного толчка роста.

С этой точки зрения вычисленные среднестатистические темпы коррекции в нашей серии носят ориентировочный характер (для бедра — 1,17 мм/мес, для голени — 0,67 мм/мес) и не рекомендуются как единственный критерий планирования длительности процедуры управляемого роста. В литературе мы нашли немногочисленные источники, указывающие на среднестатистические темпы коррекции при использовании экстрафизарного эпифизиодеза [21] со значениями темпов коррекции длины 0,55 мм/мес для бедра и 0,54 мм/мес для голени [22].

Учитывая обратимый характер экстрафизарного эпифизиодеза [11, 12], вопрос об определении костного возраста в период до предпубертатного скачка роста для выбора оптимального момента расположения имплантатов не имеет решающего значения. Важно избежать позднего выполнения операции торможения роста, чтобы в процессе остаточного роста успеть компенсировать разницу в длине. Наши данные показывают, что риски недостаточной коррекции серьёзно возрастают

после возраста 12–13 лет. Это относится ко второй половине пубертатного ускорения роста на нижних конечностях, когда ускорение продольного роста сменяется его замедлением [23].

Сложностей добавляет и факт, что методология интерпретации костного возраста у детей с односторонними формами спастического паралича противоречива: Т. Erickson и соавт. [24] не определяют влияния стороны гемипареза на установление костного возраста по рентгенограммам кисти, а J.S. Lee и соавт. [25] указывают на отставание значений костного возраста на стороне гемипареза в сравнении с интактной рукой.

Как правило, показания к оперативной коррекции вторичных осложнений ДЦП возникают после возраста 8–10 лет [26, 27]. И именно этот возраст является оптимальным для коррекции неравенства длины за счёт торможения роста [11, 28]. Объединение этих двух элементов выглядит логичным и соответствующим принципам многоуровневого одновременного вмешательства при ДЦП. Наши результаты подтверждают обоснованность такого подхода, находя подтверждение в улучшении двигательных возможностей в период наблюдения не менее 2 лет.

Конечно, одно только устранение неравенства длины конечностей не носит решающего характера в улучшении кинематики движений у ребёнка со спастической гемиплегией, однако является важным элементом, улучшающим параметры движений при ходьбе со стороны как вовлечённой, так и здоровой конечности. Инструментальное исследование данной когорты детей позволит количественно оценить изменения кинематики и кинетики походки. Большое значение имеет и определение неравенства длины на момент закрытия зон роста бедра и голени, что также является задачей продолжения данного исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая преимущества многоуровневых вмешательств при ДЦП, выполнение управляемого роста в рамках единой операции с реконструктивными элементами на вовлечённой конечности является предпочтительным.

Контролируемый и обратимый характер экстрафизарного временного эпифизиодеза позволяет достичь требуемой коррекции без высоких рисков избыточного торможения роста.

Выполнение операции управляемого роста предпочтительнее в возрасте не позднее 12–13 лет, учитывая остаточный потенциал роста.

## 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.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Mushta S.M., King C., Goldsmith S., et al. Epidemiology of Cerebral Palsy among Children and Adolescents in Arabic-Speaking Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Brain Sci.* 2022. Vol. 12, № 7. P. 859. doi: 10.3390/brainsci12070859
- Gorter J.W., Rosenbaum P.L., Hanna S.E., et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy // *Dev Med Child Neurol.* 2004. Vol. 46, № 7. P. 461–7. doi: 10.1017/s0012162204000763
- Palisano R.J. Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy // *Phys Ther.* 2000. Vol. 80, № 10. P. 974–85. EDN: EPVAHZ
- Joo S., Miller F. Abnormalities in the uninvolved foot in children with spastic hemiplegia // *J Pediatr Orthop.* 2012. Vol. 32, № 6. P. 605–8. doi: 10.1097/BPO.0b013e318263a245
- Riad J., Finnbogason T., Broström E. Leg length discrepancy in spastic hemiplegic cerebral palsy: a magnetic resonance imaging study // *J Pediatr Orthop.* 2010. Vol. 30, № 8. P. 846–50. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181fc35dd
- Corradin M., Schiavon R., Borgo A., et al. The effects of uninvolved side epiphysiodesis for limb length equalization in children with unilateral cerebral palsy: clinical evaluation with the Edinburgh visual gait score // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018. Vol. 28, № 5. P. 977–984. doi: 10.1007/s00590-017-2097-3
- Eek M.N., Zügner R., Stefansdottir I., Tranberg R. Kinematic gait pattern in children with cerebral palsy and leg length discrepancy: Effects of an extra sole // *Gait Posture.* 2017. Vol. 55. P. 150–156. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.022
- Sala D.A., Grant A.D., Kummer F.J. Equinus deformity in cerebral palsy: recurrence after tendo Achillis lengthening // *Dev Med Child Neurol.* 1997. Vol. 39, № 1. P. 45–8. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb08203.x
- CMS.gov [Internet]. 2018 ICD-10 CM and GEMs. Режим доступа: <https://www.cms.gov/Medicare/Coding/ICD10/2018-ICD-10-CM-and-GEMs.html>
- Popkov D., Lascombes P., Berte N., et al. The normal radiological anteroposterior alignment of the lower limb in children // *Skeletal Radiol.* 2015. Vol. 44, № 2. P. 197–206. doi: 10.1007/s00256-014-1953-z
- Journeau P. Update on guided growth concepts around the knee in children // *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020. Vol. 106 Suppl 1. P. S171–S180. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.025

## 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.

**12.** Novacheck T.F., Stout J.L., Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities // *J Pediatr Orthop.* 2000. Vol. 20, № 1. P. 75–81.

**13.** Stevens P.M. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate // *J Pediatr Orthop.* 2007. Vol. 27, № 3. P. 253–9. doi: 10.1097/BPO.0b013e31803433a1

**14.** Sclavos N., Thomason P., Passmore E., Graham K., Rutz E. Foot drop after gastrocsoleus lengthening for equinus deformity in children with cerebral palsy // *Gait Posture.* 2023. Vol. 100. P. 254–260. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.01.007

**15.** Schmid S., Romkes J., Taylor W.R., Lorenzetti S., Brunner R. Orthotic correction of lower limb function during gait does not immediately influence spinal kinematics in spastic hemiplegic cerebral palsy // *Gait Posture.* 2016. Vol. 49. P. 457–462. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.08.013

**16.** Saraph V., Zwick E.B., Steinwender G., et al. Leg lengthening as part of gait improvement surgery in cerebral palsy: an evaluation using gait analysis // *Gait Posture.* 2006. Vol. 23, № 1. P. 83–90. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.12.003

**17.** Jahmani R., Lovisetti G., Alorjani M., Bashaireh K. Percutaneous femoral shortening over a nail using on-site smashing osteotomy technique // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020. Vol. 30, № 2. P. 351–358. doi: 10.1007/s00590-019-02556-7

**18.** Salazar-Torres J.J., McDowell B.C., Kerr C., Cosgrove A.P. Pelvic kinematics and their relationship to gait type in hemiplegic cerebral palsy // *Gait Posture.* 2011. Vol. 33, № 4. P. 620–4.

**19.** Меркулов В.Н., Дорохин А.И., Дамбинмаев А.В. Лечение пост-травматических неравенств длины нижних конечностей без нарушения целостности кости в сочетании с деформацией у детей и подростков // *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова.* 2012. Т. 19, № 1. С. 41–46. doi: 10.17816/vto201219141-46

**20.** Sanders J.O., Karbach L.E., Cai X., et al. Height and Extremity-Length Prediction for Healthy Children Using Age-Based Versus Peak Height Velocity Timing-Based Multipliers // *J Bone Joint Surg Am.* 2021. Vol. 103, № 4. P. 335–342. doi: 10.2106/JBJS.20.00040

**21.** Kelly P.M., Diméglio A. Lower-limb growth: how predictable are predictions? // *J Child Orthop.* 2008. Vol. 2, № 6. P. 407–15. doi: 10.1007/s11832-008-0119-8

**22.** Journeau P., Mayer J., Popkov D., De Gheldère A., Lascombes P. Epiphysiodèse par plaque vissée extra-physaire pour la correction

des déformations angulaires des membres inférieurs chez l'enfant et l'adolescent. In: Lascombes P., Journeau P., editors. *Déformations des membres inférieurs «De la consultation à l'acte opératoire»*. Sauramps médical; 2009. P. 49–55.

23. Demirel M., Sağlam Y., Yıldırım A.M., et al. Temporary Epiphysiodesis Using the Eight-Plate in the Management of Children with Leg Length Discrepancy: A Retrospective Case Series // *Indian J Orthop*. 2022. Vol. 56, № 5. P. 874–882. doi: 10.1007/s43465-021-00599-9

24. Erickson T., Loder R.T. Bone age in children with hemiplegic cerebral palsy // *J Pediatr Orthop*. 2003. Vol. 23, № 5. P. 669–71. doi: 10.1097/00004694-200309000-00019

25. Lee J.S., Choi I.J., Shin M.J., et al. Bone age in unilateral spastic cerebral palsy: is there a correlation with hand function and limb

length? // *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2017. Vol. 30, № 3. P. 337–341. doi: 10.1515/jpem-2016-0349

26. Graham H.K., Rosenbaum P., Paneth N., et al. Cerebral palsy // *Nat Rev Dis Primers*. 2016. Vol. 2. P. 15082. doi: 10.1038/nrdp.2015.82

27. Gatamov O.I., Chibirov G.M., Borzunov D.Yu., Popkov D.A. Surgical orthopaedic management of cerebral palsy in adults: literature review and preliminary analysis of our treatment experience // *Orthopaedic Genius*. 2018. Vol. 24, № 4. P. 538–547. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-4-538-547

28. Danino B., Rödl R., Herzenberg J.E., et al. Guided growth: preliminary results of a multinational study of 967 physes in 537 patients // *J Child Orthop*. 2018. Vol. 12, № 1. P. 91–96. doi: 10.1302/1863-2548.12.170050

## REFERENCES

1. Mushta SM, King C, Goldsmith S, et al. Epidemiology of Cerebral Palsy among Children and Adolescents in Arabic-Speaking Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sci*. 2022;12(7):859. doi: 10.3390/brainsci12070859

2. Gorter JW, Rosenbaum PL, Hanna SE, et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2004;46(7):461–7. doi: 10.1017/s0012162204000763

3. Palisano RJ. Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 2000;80(10):974–85. EDN: EPVAHZ

4. Joo S, Miller F. Abnormalities in the uninvolved foot in children with spastic hemiplegia. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(6):605–8. doi: 10.1097/BPO.0b013e318263a245

5. Riad J, Finnbogason T, Broström E. Leg length discrepancy in spastic hemiplegic cerebral palsy: a magnetic resonance imaging study. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):846–50. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181fc35dd

6. Corradin M, Schiavon R, Borgo A, et al. The effects of uninvolved side epiphysiodesis for limb length equalization in children with unilateral cerebral palsy: clinical evaluation with the Edinburgh visual gait score. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018;28(5):977–984. doi: 10.1007/s00590-017-2097-3

7. Eek MN, Zügner R, Stefansdottir I, Tranberg R. Kinematic gait pattern in children with cerebral palsy and leg length discrepancy: Effects of an extra sole. *Gait Posture*. 2017;55:150–156. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.022

8. Sala DA, Grant AD, Kummer FJ. Equinus deformity in cerebral palsy: recurrence after tendo Achillis lengthening. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(1):45–8. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb08203.x

9. CMS.gov [Internet]. 2018 ICD-10 CM and GEMs. Available from: <https://www.cms.gov/Medicare/Coding/ICD10/2018-ICD-10-CM-and-GEMs.html>

10. Popkov D, Lascombes P, Berte N, et al. The normal radiological anteroposterior alignment of the lower limb in children. *Skeletal Radiol*. 2015;44(2):197–206. doi: 10.1007/s00256-014-1953-z

11. Journeau P. Update on guided growth concepts around the knee in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106 Suppl 1:S171–S180. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.025

12. Novacheck TF, Stout JL, Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities. *J Pediatr Orthop*. 2000;20(1):75–81.

13. Stevens PM. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(3):253–9. doi: 10.1097/BPO.0b013e31803433a1

14. Sclavos N, Thomason P, Passmore E, Graham K, Rutz E. Foot drop after gastrocnemius lengthening for equinus deformity in children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2023;100:254–260. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.01.007

15. Schmid S, Romkes J, Taylor WR, Lorenzetti S, Brunner R. Orthotic correction of lower limb function during gait does not immediately influence spinal kinematics in spastic hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2016;49:457–462. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.08.013

16. Saraph V, Zwick EB, Steinwender G, et al. Leg lengthening as part of gait improvement surgery in cerebral palsy: an evaluation using gait analysis. *Gait Posture*. 2006;23(1):83–90. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.12.003

17. Jahmani R, Lovisetti G, Alorjani M, Bashaiah K. Percutaneous femoral shortening over a nail using on-site smashing osteotomy technique. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020;30(2):351–358. doi: 10.1007/s00590-019-02556-7

18. Salazar-Torres JJ, McDowell BC, Kerr C, Cosgrove AP. Pelvic kinematics and their relationship to gait type in hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2011;33(4):620–4.

19. Merkulov VN, Dorokhin AI, Dambinimaev AV. Treatment of posttraumatic lower limbs length discrepancy without breach of bone integrity in combination with deformity in children and adolescents. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2012;19(1):41–46. doi: 10.17816/vto201219141-46

20. Sanders JO, Karbach LE, Cai X, et al. Height and Extremity-Length Prediction for Healthy Children Using Age-Based Versus Peak Height Velocity Timing-Based Multipliers. *J Bone Joint Surg Am*. 2021;103(4):335–342. doi: 10.2106/JBJS.20.00040

21. Kelly PM, Diméglio A. Lower-limb growth: how predictable are predictions? *J Child Orthop*. 2008;2(6):407–15. doi: 10.1007/s11832-008-0119-8

22. Journeau P, Mayer J, Popkov D, De Gheldère A, Lascombes P. Epiphysiodesis par plaque vissée extra-physaire pour la correction des déformations angulaires des membres inférieurs chez l'enfant et l'adolescent. In: Lascombes P, Journeau P, editors. *Déformations des membres inférieurs «De la consultation à l'acte opératoire»*. Sauramps médical; 2009. P. 49–55.

23. Demirel M, Sağlam Y, Yıldırım AM, et al. Temporary Epiphysiodesis Using the Eight-Plate in the Management of Children

with Leg Length Discrepancy: A Retrospective Case Series. *Indian J Orthop.* 2022;56(5):874–882. doi: 10.1007/s43465-021-00599-9

24. Erickson T, Loder RT. Bone age in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2003;23(5):669–71. doi: 10.1097/00004694-200309000-00019

25. Lee JS, Choi IJ, Shin MJ, et al. Bone age in unilateral spastic cerebral palsy: is there a correlation with hand function and limb length? *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2017;30(3):337–341. doi: 10.1515/jpem-2016-0349

## ОБ АВТОРАХ

**\* Мамедов Улви Фаиг оглы;**

адрес: Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6;  
ORCID: 0009-0008-0266-6515;  
e-mail: ulvi.mamedof@gmail.com

**Томов Ахмед Даутович,** канд. мед. наук;

ORCID: 0009-0001-2981-7722;  
eLibrary SPIN: 2949-6153;  
e-mail: doc0645@mail.ru

**Гатамов Орхан Ильхам оглы,** канд. мед. наук;

ORCID: 0009-0005-4244-5774;  
eLibrary SPIN: 9647-8748;  
e-mail: or-gatamov@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

26. Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers.* 2016;2:15082. doi: 10.1038/nrdp.2015.82

27. Gatamov OI, Chibirov GM, Borzunov DYU, Popkov DA. Surgical orthopaedic management of cerebral palsy in adults: literature review and preliminary analysis of our treatment experience. *Orthopaedic Genius.* 2018;24(4):538–547. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-4-538-547

28. Danino B, Rödl R, Herzenberg JE, et al. Guided growth: preliminary results of a multinational study of 967 physes in 537 patients. *J Child Orthop.* 2018;12(1):91–96. doi: 10.1302/1863-2548.12.170050

## AUTHORS' INFO

**\* Ulvi F. Mamedov;**

address: 6 M. Ulianova str., Kurgan, 640014, Russia;  
ORCID: 0009-0008-0266-6515;  
e-mail: ulvi.mamedof@gmail.com

**Ahmed D. Tomov,** MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0009-0001-2981-7722;  
eLibrary SPIN: 2949-6153;  
e-mail: doc0645@mail.ru

**Orkhan I. Gatamov,** MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0009-0005-4244-5774;  
eLibrary SPIN: 9647-8748;  
e-mail: or-gatamov@mail.ru

**Dmitry A. Popkov,** MD, Dr. Sci. (Med.),

professor of the Russian Academy of Sciences;  
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/vto624245>

# Comparative characteristics of cervical sagittal balance parameters and atlantoaxial instability criteria in normal and Down syndrome children

Alexander A. Kuleshov<sup>1</sup>, Anton G. Nazarenko<sup>1</sup>, Vladislav A. Sharov<sup>1</sup>,  
Marchel S. Vetrile<sup>1</sup>, Anatoliy V. Ovsyankin<sup>2</sup>, Elena S. Kuzminova<sup>2</sup>, Igor N. Lisyansky<sup>1</sup>,  
Sergey N. Makarov<sup>1</sup>, Uliya V. Strunina<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Joint Replacement, Smolensk, Russia;

<sup>3</sup> Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Sagittal balance of the spine has received considerable development in recent years. However, most studies focused on the assessment of vertebral–pelvic parameters. The cervical spine has long received insufficient attention from researchers, but this trend has been changing. The study of cervical sagittal balance in children with Down syndrome is beneficial in approaching the preconditions of atlantoaxial instability.

**AIM:** To perform a comparative analysis of cervical sagittal balance parameters and atlantoaxial instability criteria in normal and Down syndrome children.

**MATERIALS AND METHODS:** Radiographs of the cervical spine in the neutral position in lateral projection and postural radiographs of 110 pediatric patients were analyzed retrospectively. The patients were divided into two groups: group 1 (normal), 60 children aged 4–17 years without spinal pathology, and group 2 (Down syndrome), 50 children aged 4–17 years with Down syndrome. The parameters of cervical sagittal balance (Oc-C2, Oc-C7, C1-C2, C2-C7, C2-C7H, C7S, Th1S, TIA, NT) and criteria for atlantoaxial instability (Nakamura angle, ADI, SAC-C1, SAC-C1/SAC-C4) were obtained, and data was statistically analyzed.

**RESULTS:** Significant differences in the parameters C7S, Th1S, and TIA increased in children with Down syndrome. These parameters are involved in cervical lordosis; however, no significant differences in cervical lordosis angles were found. Furthermore, significant differences were noted in the criteria of atlantoaxial instability ADI, SAC-C1, and SAC-C1/SAC-C4 toward their decreasing in children with Down syndrome.

**CONCLUSION:** In patients with Down syndrome, the indices of cervical lordosis are statistically greater than those in normal children. Moreover, the parameters of cervical lordosis in patients with Down syndrome do not differ from those in normal children. Therefore, during flexion, subcompensation of the cervical spine is observed in children with Down syndrome. Given the statistically smaller indicators ADI, SAC-C1, SAC-C1/SAC-C4, low neck muscle tone, and ligamentous hypermobility, these abnormalities can be considered as congenital predisposition factors for atlantoaxial instability in children with Down syndrome.

**Keywords:** cervical sagittal balance; Down syndrome; cervical spine; atlantoaxial instability; os odontoideum.

## To cite this article:

Kuleshov AA, Nazarenko AG, Sharov VA, Vetrile MS, Ovsyankin AV, Kuzminova ES, Lisyansky IN, Makarov SN, Strunina UV. Comparative characteristics of cervical sagittal balance parameters and atlantoaxial instability criteria in normal and Down syndrome children. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):55–66. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto624245>

Received: 05.12.2023

Accepted: 21.12.2023

Published online: 19.02.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto624245>

# Сравнительная характеристика параметров шейного сагиттального баланса и критериев атлантаксиальной нестабильности у детей в норме и с синдромом Дауна

А.А. Кулешов<sup>1</sup>, А.Г. Назаренко<sup>1</sup>, В.А. Шаров<sup>1</sup>, М.С. Ветрилэ<sup>1</sup>, А.В. Овсянкин<sup>2</sup>,  
Е.С. Кузьминова<sup>2</sup>, И.Н. Лисянский<sup>1</sup>, С.Н. Макаров<sup>1</sup>, Ю.В. Струнина<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Смоленск, Россия;

<sup>3</sup> Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Концепция сагиттального баланса позвоночника получила значительное развитие в последние годы, но абсолютное большинство работ посвящено оценке позвоночно-тазовых параметров. Шейному отделу позвоночника длительное время уделялось недостаточно внимания со стороны исследователей, однако сейчас эта тенденция изменяется. Изучение шейного сагиттального баланса у детей с синдромом Дауна может помочь приблизиться к предпосылкам развития атлантаксиальной нестабильности.

**Цель.** Провести сравнительный анализ параметров шейного сагиттального баланса и критериев атлантаксиальной нестабильности у детей в норме и с синдромом Дауна.

**Материалы и методы.** Проведён ретроспективный анализ рентгенограмм шейного отдела позвоночника в нейтральном положении в боковой проекции, а также постуральных рентгенограмм 110 пациентов детского возраста. Пациенты разделены на две группы. Группа 1 (норма) — 60 детей в возрасте от 4 до 17 лет без патологии позвоночника. Группа 2 (синдром Дауна) — 50 детей в возрасте от 4 до 17 лет с синдромом Дауна. Были рассчитаны параметры шейного сагиттального баланса (Ос-С2, Ос-С7, С1-С2, С2-С7, С2-С7Н, С7S, Th1S, T1A, NT) и критерии атлантаксиальной нестабильности (угол Nakamura, ADI, SAC-C1, SAC-C1/SAC-C4) и проведён статистический анализ данных.

**Результаты.** Были выявлены статистически значимые различия в параметрах С7S, Th1S, T1A в сторону их увеличения у детей с синдромом Дауна. Эти параметры участвуют в формировании шейного лордоза, однако статистически значимых различий в угловых показателях шейного лордоза выявлено не было. Также были обнаружены статистически значимые различия в критериях атлантаксиальной нестабильности ADI, SAC-C1, SAC-C1/SAC-C4 в сторону их уменьшения у детей с синдромом Дауна.

**Заключение.** У пациентов с синдромом Дауна показатели, формирующие шейный лордоз, статистически больше, чем у детей в норме. При этом угловые параметры шейного лордоза у них не отличаются от таковых у здоровых детей, следовательно, при флексии шейный отдел позвоночника у детей с синдромом Дауна находится в субкомпенсации. Учитывая статистически меньшие показатели ADI, SAC-C1, SAC-C1/SAC-C4, низкий тонус мышц шеи и гипермобильность связочного аппарата, можно считать полученные отклонения врождёнными факторами предрасположенности к атлантаксиальной нестабильности у детей с синдромом Дауна.

**Ключевые слова:** шейный сагиттальный баланс; синдром Дауна; шейный отдел позвоночника; атлантаксиальная нестабильность; зубовидная кость.

## Как цитировать:

Кулешов А.А., Назаренко А.Г., Шаров В.А., Ветрилэ М.С., Овсянкин А.В., Кузьминова Е.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н., Струнина Ю.В. Сравнительная характеристика параметров шейного сагиттального баланса и критериев атлантаксиальной нестабильности у детей в норме и с синдромом Дауна // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 55–66. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto624245>

## BACKGROUND

The concept of “spinal balance,” formulated by J. Dubousset [1], formed the basis of the sagittal balance of the spine, which, in turn, has been significantly developed in recent years [2]. This concept is confirmed by an ever-increasing number of scientific papers that describe the relationship of various spinopelvic parameters with patient complaints and treatment approaches. However, most of the authors of these studies focus on the thoracic and lumbar spine and, accordingly, their relationship with the pelvis [3].

For a long time, the cervical spine in the concept of sagittal balance of the spine received insufficient attention, primarily because of its distance from the pelvis and significant mobility [3]. Despite this, the number of publications related in one way or another to cervical sagittal balance has been steadily growing. Studies have described the main angular and numerical parameters of the cervical sagittal balance and conditional norm and search for a methodology for measuring and assessing these parameters. However, most studies are based on measurements performed in adults [4–6]. However, very few studies have described cervical sagittal balance in pediatric patients and do not follow a clear unified methodology.

D.A. Glukhov and A.Yu. Mushkin et al. (2022) contributed significantly to solving this problem. They performed a statistical analysis of data obtained when calculating the main parameters of the cervical sagittal balance in 73 children without spinal pathology based on the results of postural radiographs. As a result, they established age norms for the main indicators of cervical sagittal balance for children, their sex differences, and differences from the normal parameters of the adults [3].

Moreover, children with Down syndrome are predisposed to various disorders of the musculoskeletal system [7, 8], and its predisposing factors include hypermobility of the ligamentous apparatus, decreased bone mineral density, and congenital bone anomalies [9, 10]. Up to a third of such patients have one or another cervical spine pathology [11]. Our study confirmed this finding based on the results of a screening examination of patients with Down syndrome for the presence of cervical spine pathology [12].

These findings suggest that cervical sagittal balance parameters in children with Down syndrome may be statistically different from the normal values in children. Despite this, no studies have presented the parameters of cervical sagittal balance in children with Down syndrome, which motivated us to conduct this study.

This study aimed to conduct a comparative analysis of the parameters of cervical sagittal balance and criteria for atlantoaxial instability in healthy children and those with Down syndrome.

## MATERIALS AND METHODS

### Study design

A multicenter cohort retrospective comparative study was performed.

### Eligibility criteria

Radiographs of the cervical spine in a neutral position in a lateral view and postural radiographs of 110 pediatric patients were analyzed. Radiographs taken in an upright position, with the head in a neutral position, were selected. The selected radiographs capture the skull base, entire cervical spine, and upper thoracic spine with the manubrium of the sternum. The patients were distributed into two groups.

Group 1 (normal) included 60 patients aged 4–17 years. The average age was 11 (7.0–14.0) years. There were 26 boys and 34 girls. By age, there were 17 children aged 4–7, 19 aged 8–11, and 24 aged 12–17 years. This group included patients who applied for an outpatient appointment at the Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis of the Russian Ministry of Health (Smolensk) with complaints of pain in the back, cervical spine, or impaired posture. To rule out pathology of the musculoskeletal system, these patients underwent postural radiographs.

*The inclusion were as follows:*

- Age 4–17 years
- Able to maintain independently an upright posture
- Successful performance of postural radiographs of the spine
- Absence of musculoskeletal pathologies according to the results of postural radiographs of the spine in two views.

*The exclusion criteria were as follows:*

- Age <4 years or >17 years
- Musculoskeletal pathology
- Any genetic syndrome or congenital disease associated with connective tissue dysplasia.

Group 2 (Down syndrome) included 50 patients with Down syndrome aged 4–17 years. The average age was 9 (7.0–12.0) years. There were 24 boys and 26 girls. By age, there were 16 children aged 4–7, 18 aged 8–11, and 16 aged 12–17 years. This group included patients with Down syndrome who underwent a screening examination for the presence of cervical spine pathologies at the N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Ministry of Health of Russia (Moscow).

*The inclusion criteria were as follows:*

- Genetically confirmed Down syndrome (any of the forms)
- Age 4–17 years

- Ability to maintain independently an upright posture
- Successful performance of functional radiographs of the cervical spine in the lateral view
- Absence of cervical spine pathologies according to the functional radiographs of the cervical spine in the lateral view.

The exclusion criteria were as follows:

- Age <4 or >17 years
- Cervical spine pathologies or spinal deformities
- Presence of genetic syndromes other than Down syndrome, or nonsyndromic ones.

### Assessment of target indicators

Based on X-ray data, the angular parameters of the cervical sagittal balance, most frequently mentioned in the literature,

assessed by the Cobb method (Oc–C2, Oc–C7, C1–C2, C2–C7, C2–C7H, C7S, Th1S, TIA, and NT), were calculated [3, 5]. The method of calculating these parameters is presented in Fig. 1.

The parameters for atlantoaxial instability assessed in the sagittal plane (Nakamura angle, ADI, SAC–C1, and SAC–C1/SAC–C4) were also calculated [13, 14]. The methodology for calculating the criteria is presented in Fig. 2. Table 1 presents the description of the parameters and criteria.

To avoid errors introduced by the use of various software tools, all measurements were performed in the licensed version of the RadiAnt DICOM Viewer program version 2022.1 (64 bit.) (Copyright© 2009–2023, Medixant).

### Statistical data analysis

Statistical data analysis was performed using the statistical programming language and the R environment (version 4.3.1) in

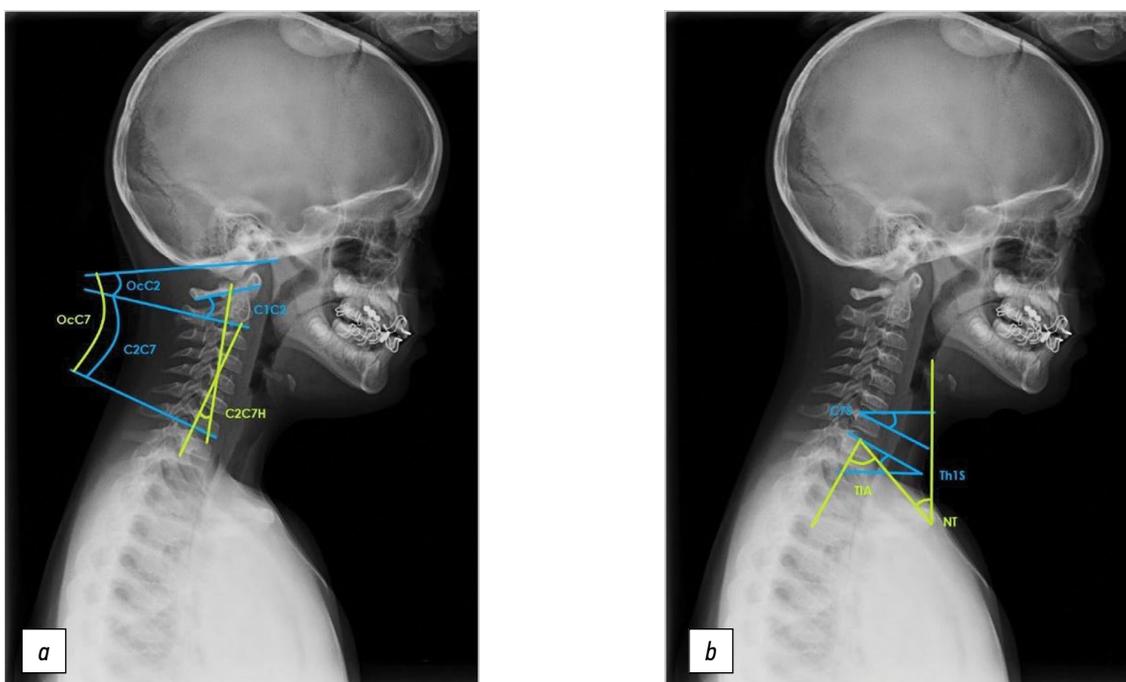


Fig. 1. *a, b* — technique for measuring cervical sagittal balance parameters.

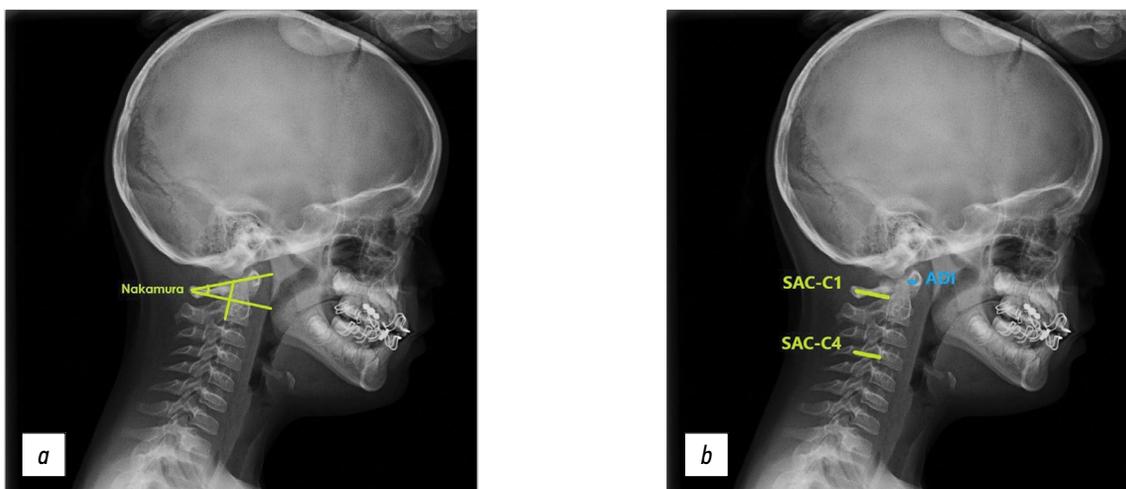


Fig. 2. Methodology for measuring atlantoaxial instability criteria: *a* — Nakamura angle, *b* — SAC–C1, SAC–C1/SAC–C4, ADI.

**Table 1.** Cervical sagittal balance parameters and criteria for atlantoaxial instability

Parameter	Designation	Method of assessment
High cervical angle	Oc–C2	Angle between the McRae line and the line tangent to the inferior endplate of C2
Common cervical angle	Oc–C7	Angle between the McRae line and the line tangent to the inferior endplate of C7
Atlantoaxial angle	C1–C2	Angle between a line parallel to the inferior surface of C1 and tangent to the inferior endplate of C2
Low cervical curvature	C2–C7	Angle formed by the intersection of the tangents to the lower endplates of C2 and C7
Harrison's angle	C2–C7H	Angle formed by a line parallel to the posterior surface of C2 and a line parallel to the posterior surface of C7
C7 slope	C7S	Angle between the horizontal line and superior endplate of C7
Th1 slope	Th1S	Angle between the horizontal and superior endplate of Th1
Thoracic inlet angle	TIA	Angle between the line perpendicular to the middle of the superior endplate of Th1 and the line connecting this point and the superior point of the sternum
Neck tilt	NT	Angle between the vertical line and the line between the apex of the sternum and the middle of the cranial endplate of Th1
Nakamura angle	Nakamura	Angle formed by a perpendicular line drawn with respect to the tangent line of the posterior surface of C2 and the line connecting the central sections of the anterior and posterior arches of C1
Anterior atlantodental interval	ADI	Distance, estimated in millimeters, from the posterior surface of the anterior arch of the C1 vertebra to the anterior surface of the tooth of the C2 vertebra
Space available for the spinal cord at the C1 level	SAC–C1	Distance, estimated in millimeters, from the anterior surface of the posterior arch of C1 to the posterior surface of the tooth of the C2 vertebra
Coefficient of the ratio of the space available for the spinal cord at the level of C1 and C4	SAC–C1/SAC–C4	Coefficient SAC–C1/SAC–C4: <0.9 indicates spinal cord compression

the IDE RStudio (version 2023.09.0). The Shapiro–Wilk test was used to assess the compliance of the sample with a normal distribution. Statistical hypotheses about the differences in the distribution of quantitative variables in the independent samples were tested using the Mann–Whitney method and Pearson's chi-squared test. Correlation between quantitative values was assessed using the Spearman correlation coefficient. The null hypothesis in statistical tests was rejected at a significance level of  $p < 0.05$ .

### Ethical considerations

All procedures performed in the study involving human participants followed the standards of the local ethics committee, meeting No. 7 of August 5, 2021, and the 1964 Declaration of Helsinki and its later amendments or comparable ethical standards. All patients (or their representatives) provided informed consent.

## RESULTS

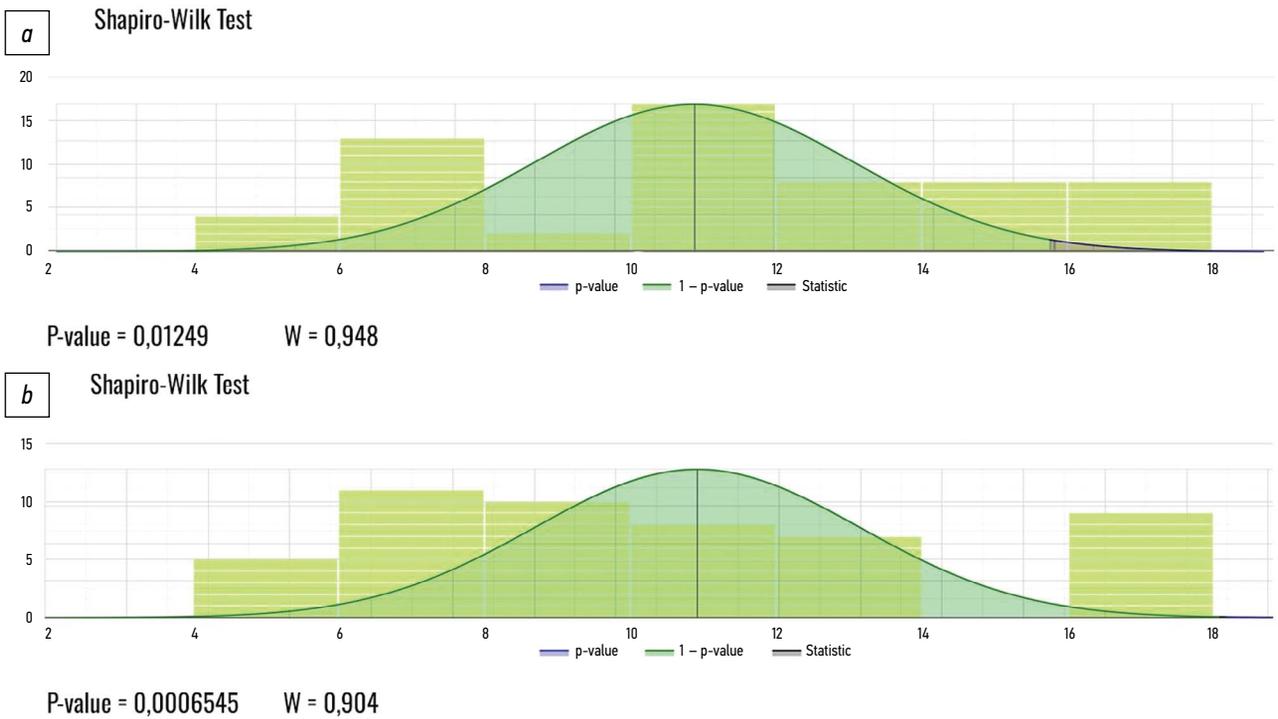
The age distribution, assessed using the Shapiro–Wilk test, did not correspond to normal (Fig. 3). No statistical

differences were found between groups by sex (Pearson test,  $p=0.766$ ) and age (Mann–Whitney test,  $p=0.333$ ).

In group 1 (normal,  $n=60$ ), values for the parameters of cervical sagittal balance and criteria for atlantoaxial instability were calculated. The obtained parameters were taken as the conditional norm for children.

For group 2 (Down syndrome,  $n=50$ ), the values of similar parameters and criteria were calculated.

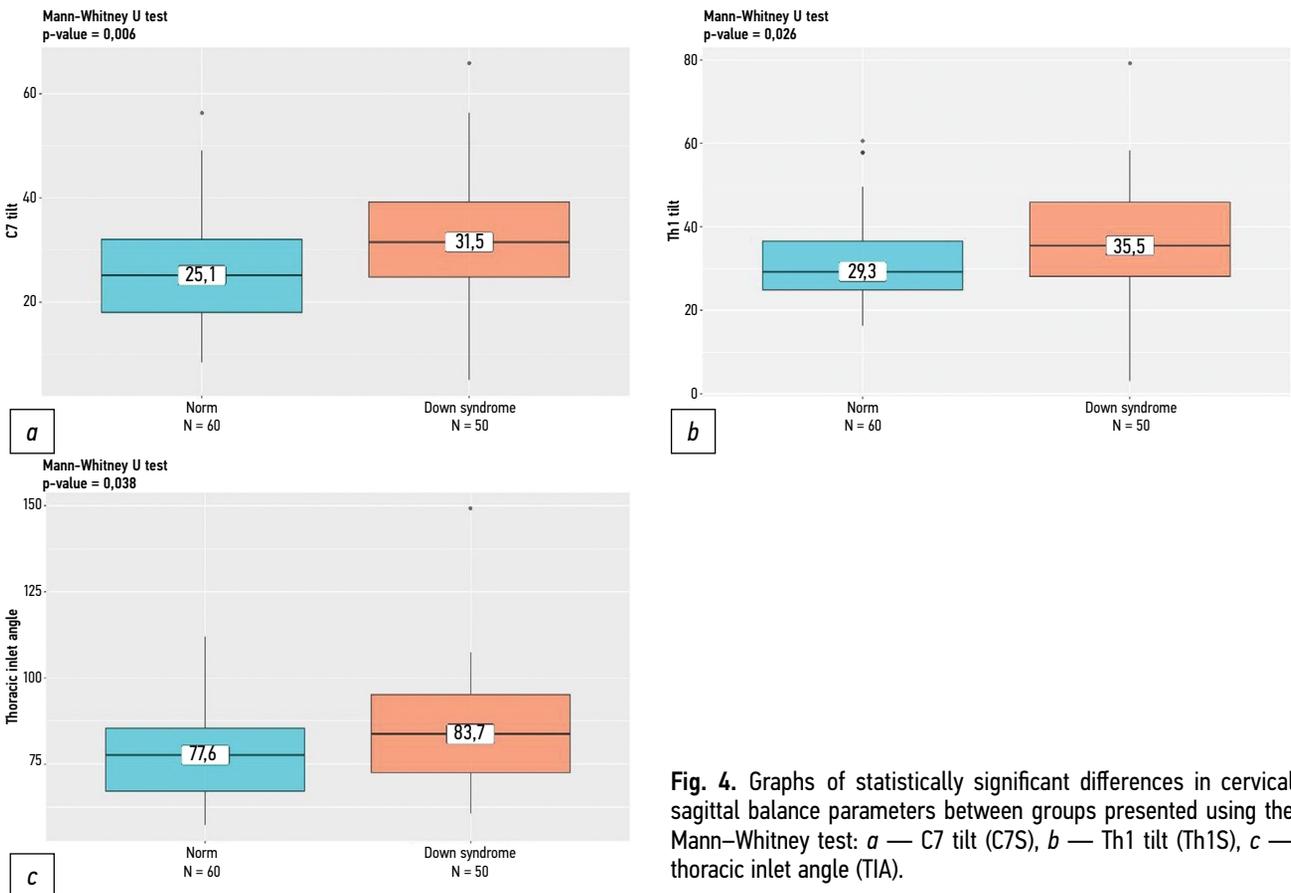
Statistical hypotheses about the differences in the distribution of quantitative variables in independent samples were tested using the nonparametric Mann–Whitney test. As a result, statistically significant differences were obtained in the parameters characterizing the relationship of the cervical spine and chest, namely, inclination of the C7 vertebra (C7S), inclination of the Th1 vertebra (Th1S), and thoracic inlet angle (TIA), toward their increase in patients with Down syndrome (Fig. 4). Statistically significant differences were also obtained in the criteria for atlantoaxial instability, namely, anterior atlantodental interval (ADI), value of the space available for the spinal cord at the level of the C1 vertebra (SAC–C1), ratio of SAC at the level of the C1 and C4 vertebrae (SAC–C1/SAC–C4), toward their decrease in patients with Down syndrome



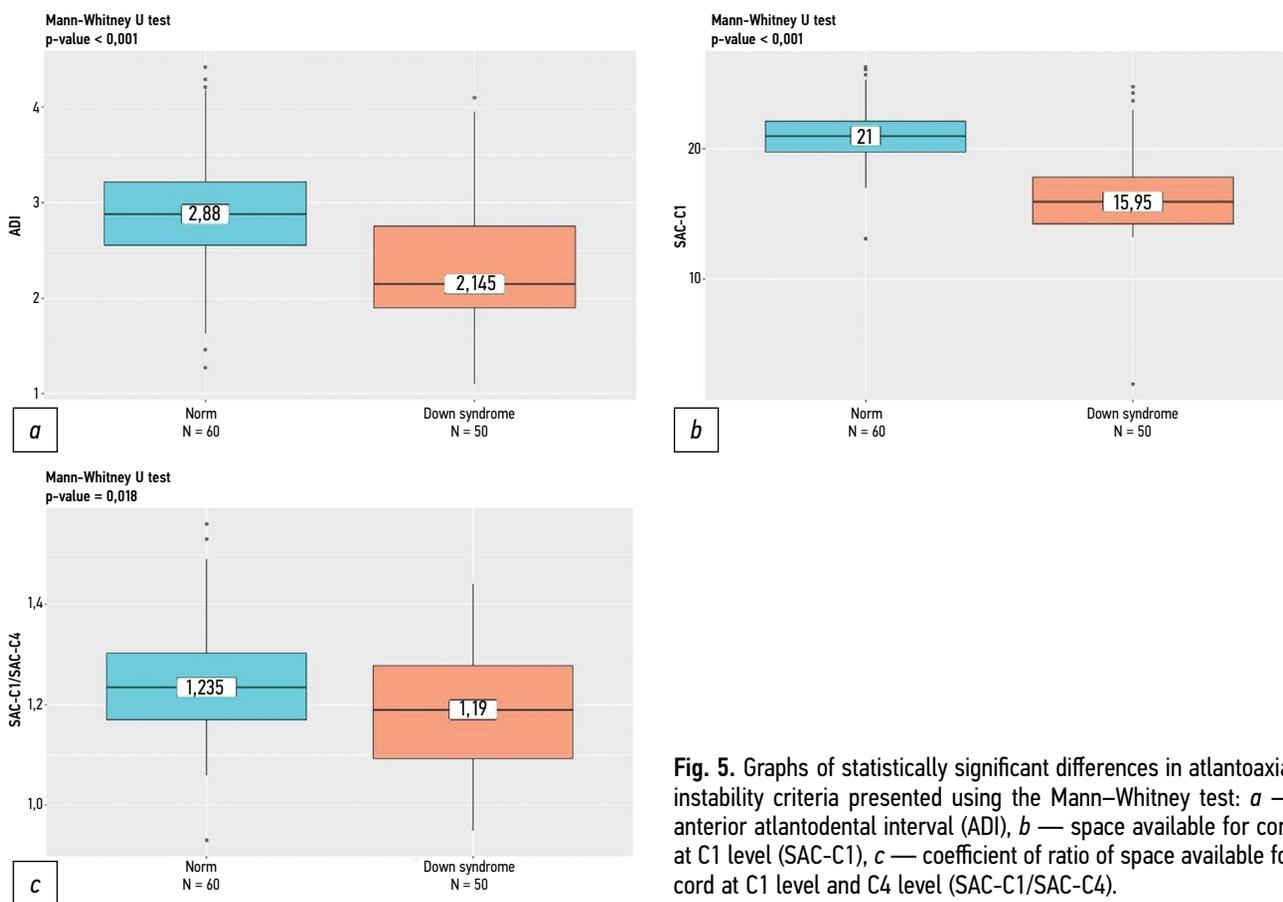
**Fig. 3.** Evaluation of normality of age distribution in the groups using with Shapiro–Wilk test: *a* — group 1 (normal), *b* — group 2 (Down syndrome).

(Fig. 5). No statistically significant differences were found between other parameters and criteria. Table 2 presents data obtained using median and quartiles.

The statistical relationship between all studied criteria in groups (normal) and 2 (Down syndrome) was assessed using Spearman's rank correlation coefficient (Fig. 6).



**Fig. 4.** Graphs of statistically significant differences in cervical sagittal balance parameters between groups presented using the Mann–Whitney test: *a* — C7 tilt (C7S), *b* — Th1 tilt (Th1S), *c* — thoracic inlet angle (TIA).



**Fig. 5.** Graphs of statistically significant differences in atlantoaxial instability criteria presented using the Mann–Whitney test: *a* — anterior atlantodental interval (ADI), *b* — space available for cord at C1 level (SAC-C1), *c* — coefficient of ratio of space available for cord at C1 level and C4 level (SAC-C1/SAC-C4).

Statistically significant correlations were found in both groups ( $p < 0.05$ ). A very high positive correlation was obtained between the parameters of the inclination of the C7 vertebra (C7S) and the Th1 vertebra (Th1S), which was due to the adjacent position of the vertebrae. A high positive correlation was noted between the parameters C2–C7H

and C2–C7 because both values describe cervical lordosis. A similar correlation was noted between TIA and C7S, and TIA and Th1S, and this trend indicates the high association between the relatively biomechanically stable structures that combine the spine and chest. In addition, a high positive relationship was noted between the Nakamura angle and the

**Table 2.** Comparison of cervical sagittal balance parameters and atlantoaxial instability criteria between groups (data are presented using medians and quartiles)

Parameter	Group 1 (Norm)	Group 2 (Down syndrome)	<i>p</i>
Oc-C2, °	22.80 [18.10, 29.33]	24.55 [19.45, 31.70]	0.305
Oc-C7, °	34.00 [27.75, 44.32]	34.40 [26.10, 50.05]	0.625
C1-C2, °	24.50 [20.55, 31.15]	22.40 [18.05, 30.68]	0.318
C2-C7, °	9.65 [5.58, 20.17]	10.70 [3.77, 20.42]	0.845
C2-C7H, °	17.70 [11.17, 32.48]	15.20 [5.90, 29.70]	0.221
C7S, °	25.10 [18.00, 32.05]	31.50 [24.82, 39.25]	0.006
Th1S, °	29.30 [24.98, 36.52]	35.50 [28.08, 45.88]	0.027
TIA, °	77.60 [67.18, 85.30]	83.70 [72.53, 95.20]	0.038
NT, °	47.20 [42.10, 51.93]	48.95 [41.65, 55.75]	0.492
Nakamura, °	14.05 [8.92, 16.97]	11.25 [7.53, 15.20]	0.079
ADI, mm	2.88 [2.55, 3.21]	2.14 [1.90, 2.75]	<0.001
SAC-C1, mm	21.00 [19.78, 22.13]	15.95 [14.25, 17.82]	<0.001
SAC-C1/SAC-C4	1.23 [1.17, 1.30]	1.19 [1.09, 1.28]	0.019

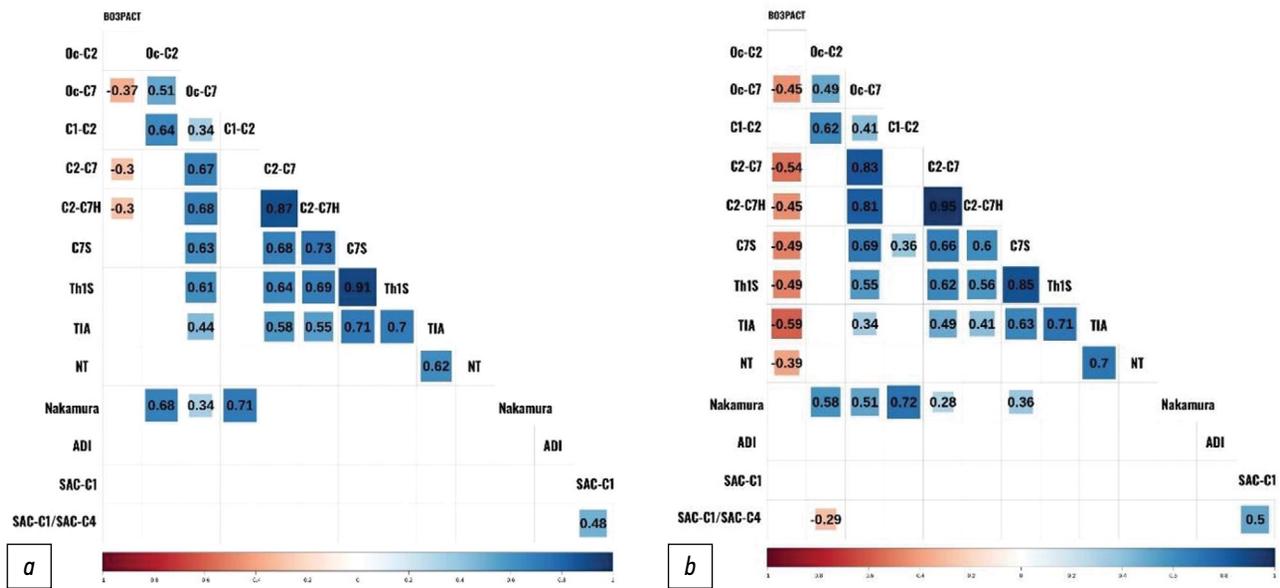


Fig. 6. Representation of statistical relationships between all investigated parameters in groups using Spearman's rank correlation coefficient: a — group 1 (normal), b — group 2 (Down syndrome).

C1–C2 angle because both parameters reflect the anatomical relationships between the C1 and C2 vertebrae. A statistically significant noticeable positive correlation was determined between the inclination angles of the C7 and Th1 vertebrae (C7S and Th1S) and parameters reflecting the magnitude of cervical lordosis (0c–C7, C2–C7, and C2–C7H). Based on the totality of the correlation dependencies identified, the parameters characterizing the relationship of the spine and chest (C7S, Th1S, and TIA) indicate the formation of cervical lordosis, which has also been confirmed by other related studies [15, 16].

Although the described correlations are typical for both normal children and those with Down syndrome, group 2 had lower correlation coefficients. This finding can be interpreted

as a smaller segmental relationship between the anatomical structures of the cervical spine and the chest in children with Down syndrome. This is probably due to the greater mobility of the ligamentous apparatus and the reduced tone of the neck muscles, which is a characteristic of these patients (Table 3).

## DISCUSSION

The constantly increasing number of studies assessing sagittal balance parameters in children indicated a significant increase in interest among researchers in the problem.

J.C. Le Huec et al. made the greatest contribution to the description of the methodology for calculating the

Table 3. Comparison of Spearman's rank correlation coefficient values between parameters with the strongest statistical relationship ( $p < 0.05$ )

Parameter	Spearman's rank correlation coefficient	
	Group 1 (Norm)	Group 2 (Down syndrome)
C7S and Th1S	0.91	0.85
C2–C7H and C2–C7	0.87	0.95
TIA and C7S	0.71	0.63
TIA and Th1S	0.70	0.71
Nakamura and C1–C2	0.71	0.72
C7S and 0c–C7	0.63	0.69
C7S and C2–C7	0.68	0.66
C7S and C2–C7H	0.73	0.60
Th1S and 0c–C7	0.61	0.55
Th1S and C2–C7	0.64	0.62
Th1S and C2–C7H	0.69	0.56

parameters of global sagittal balance. Over a long period of paying special attention to the parameters of spinopelvic relationships, this group of authors has accumulated vast experience in assessing and searching for normal values of sagittal parameters for various groups of patients. In 2015, they addressed the problem of finding a method for calculating and assessing the parameters of cervical sagittal balance. They described reference parameters for analyzing the sagittal balance of the cervical spine in asymptomatic volunteers [6]. This work became the basis for many subsequent studies on cervical sagittal balance.

In 2020, Iranian authors published a prospective study to search for the relationship between the magnitude of cervical lordosis and the parameters of segmental and global sagittal balance. A study of the radiographs of 420 adult patients revealed a relationship between cervical sagittal balance and spinopelvic parameters [5]. This study assessed the parameters of both healthy volunteers and patients with various spinal pathologies accompanied by sagittal imbalance.

S.H. Lee et al. examined the relationships between the parameters of the cervical sagittal balance and concluded that the TIA parameter is constant for each patient, representing a constant similar to the PI parameter in the lumbar spine. Subsequently, they proved that the parameters C7S, Th1S, and TIA varied slightly during flexion and extension. A study also confirmed the high significance of these parameters in the development of cervical lordosis [15]. In their study of the normal values of cervical sagittal balance parameters in children, D.A. Glukhov and A.Yu. Mushkin et al. (2022) concluded that these correlations were also valid for pediatric patients, although most parameters of cervical sagittal balance differed from those in adult patients [3].

In our opinion, children with Down syndrome must be included when evaluating cervical sagittal balance in children. This is a rather well-studied group of patients, both from the point of view of orthopedic pathology in general and atlantoaxial instability in particular. Patients with Down syndrome experience various musculoskeletal disorders. Pathological conditions associated with the cervical spine can have the greatest effect on the quality of life of these patients [7, 12]. Transligamentous and transdental dislocations caused by the presence of the odontoid bone of the C2 vertebra are most common in these children compared with nonsyndromic children and can lead to severe neurological deficits [11, 17, 18].

Generally, this type of dislocation is accompanied by a decrease in local lordosis at the C1–C2 level (high cervical angle and Nakamura angle) [13, 14]. Further displacement leads to a decrease in the reserve space for the spinal cord in the upper cervical spine with subsequent compression.

In this study, the parameters characterizing the relationship between the cervical spine and the chest (C7S, Th1S, and TIA) are statistically greater in children with Down syndrome. These same parameters, being a constant for

each child, determine the degree of cervical lordosis. Based on the formulas and ratios presented by various researchers, the magnitude of cervical lordosis in children with Down syndrome should also be significantly greater; however, this trend could not be confirmed in this study. This finding can be due to the greater mobility of the ligamentous apparatus in children with Down syndrome and weakness of the neck muscles as described previously [9, 10]. In our opinion, this can be interpreted as more pronounced intersegmental mobility.

Moreover, the identified statistical differences in the coefficients of SAC and anterior atlantodental interval (SAC-C1, SAC-C1/SAC-C4, and ADI) downward in children with Down syndrome were interpreted as an anatomically determined predisposition to a more pronounced neurological deficit with anteroposterior dislocations. Consequently, pediatric patients, being predisposed to hypermobility in the atlantoaxial and subaxial parts of the spine, are also at risk of earlier and more pronounced development of myelopathy, which can often be noted in practice, for example, in patients with the odontoid bone of the C2 vertebra.

## CONCLUSION

Compared with healthy children, patients with Down syndrome have statistically higher values of cervical lordosis parameters. These parameters, which are constant, can be described as one of the anatomical manifestations of this syndrome. Moreover, the angular characteristics of cervical lordosis do not differ from those in healthy children. During flexion, the cervical spine in children with Down syndrome is in subcompensation because smoothing of the cervical lordosis, up to its transition to kyphosis, is a compensatory mechanism for this type of movement. Considering the statistically smaller SAC in the cervical region, lower ADI, low tone of the neck muscles, and hypermobility of the ligamentous apparatus, the resulting deviations can be considered congenital factors predisposing children with Down syndrome to atlantoaxial instability. Determining the parameters of cervical sagittal balance in various patients requires further study to identify the applied significance of this concept both in surgical treatment and prevention of various pathological conditions.

## ADDITIONAL INFO

**Author contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. V.A. Sharov — writing the text of the article, collection and analysis of literary sources; A.A. Kuleshov, A.G. Nazarenko, M.S. Vetrile — writing and editing the text of the article; A.V. Ovsyankin, E.S. Kuzminova, I.N. Lisyansky, S.N. Makarov — editing the text of the article; U.V. Strunina — statistical analysis of the data.

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

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

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** Все авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи. Наибольший вклад распределён следующим образом: В.А. Шаров — написание текста статьи, сбор и анализ

литературных источников; А.А. Кулешов, А.Г. Назаренко, М.С. Ветрилэ — написание и редактирование текста статьи; А.В. Овсянкин, Е.С. Кузьминова, И.Н. Лисянский, С.Н. Макаров — редактирование текста статьи; Ю.В. Струнина — статистический анализ данных.

**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.

## REFERENCES

- Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein SL, editor. *The pediatric spine: principles and practice*. New York: Raven Press; 1994. P. 479–496.
- Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019;28(9):1889–1905. EDN: KDEURA doi: 10.1007/s00586-019-06083-1
- Glukhov DA, Zorin VI, Maltseva YaA, Mushkin AYU. Sagittal balance of the cervical spine in children older than 4 years: what is the norm? *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(4):19–29. EDN: OBZBIX doi: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2022.4.19-29>
- Abelin-Genevois K. Sagittal balance of the spine. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(1S):102769. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102769
- Alijani B, Rasouljan J. The Sagittal Balance of the Cervical Spine: Radiographic Analysis of Interdependence between the Occipitocervical and Spinopelvic Alignment. *Asian Spine J*. 2020;14(3):287–297. doi: 10.31616/asj.2019.0165
- Le Huec JC, Demezou H, Aunoble S. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers. *Eur Spine J*. 2015;24(1):63–71. EDN: ZSQYBK doi: 10.1007/s00586-014-3632-0
- Caird MS, Wills BP, Dormans JP. Down syndrome in children: the role of the orthopaedic surgeon. *J Am Acad Orthop Surg*. 2006;14(11):610–9. doi: 10.5435/00124635-200610000-00003
- Collacott RA. Atlantoaxial instability in Down's syndrome. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1987;294(6578):988–9. doi: 10.1136/bmj.294.6578.988
- Carfi A, Liperoti R, Fusco D, et al. Bone mineral density in adults with Down syndrome. *Osteoporos Int*. 2017;28(10):2929–2934. EDN: VCRVWA doi: 10.1007/s00198-017-4133-x
- McKelvey KD, Fowler TW, Akel NS, et al. Low bone turnover and low bone density in a cohort of adults with Down syndrome. *Osteoporos Int*. 2013;24(4):1333–8. EDN: UGFAMY doi: 10.1007/s00198-012-2109-4
- Sergeenko OM, Dyachkov KA, Ryabikh SO, Burtsev AV, Gubin AV. Atlantoaxial dislocation due to os odontoideum in patients with Down's syndrome: literature review and case reports. *Childs Nerv Syst*. 2020;36(1):19–26. doi: 10.1007/s00381-019-04401-y
- Kuleshov AA, Gubin AV, Sharov VA, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN. Screening examination of the cervical spine in patients with Down syndrome. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(3):325–334. EDN: APTTNT doi: 10.17816/vto568156
- Nakamura N, Inaba Y, Oba M, et al. Novel 2 Radiographical Measurements for Atlantoaxial Instability in Children with Down Syndrome. *Spine*. 2014;39(26):E1566–E1574. doi: 10.1097/brs.0000000000000625
- Khusainov NO, Vissarionov SV, Kokushin DN. Craniocervical instability in children with Down's syndrome. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2016;4(3):71–77. doi: 10.17816/PTORS4371-77
- Lee SH, Kim KT, Seo EM, Suk KS, Kwack YH, Son ES. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults. *J Spinal Disord Tech*. 2012;25:E41–E47. doi: 10.1097/BSD.0b013e3182396301
- Janusz P, Tyrakowski M, Glowka P, Offoha R, Siemionow K. Influence of cervical spine position on the radiographic parameters of the thoracic inlet alignment. *Eur Spine J*. 2015;24:2880–2884. EDN: GRBAFQ doi: 10.1007/s00586-015-4023-x
- French HG, Burke SW, Roberts JM, Johnston CE 2<sup>nd</sup>, Whitecloud T, Edmunds JO. Upper cervical ossicles in Down syndrome. *J Pediatr Orthop*. 1987;7(1):69–71. doi: 10.1097/01241398-198701000-00014
- Cros T, Linares R, Castro A, Mansilla F. A radiological study of the cervical alterations in Down syndrome. New findings on computerized tomography and three dimensional reconstructions. *Rev Neurol*. 2000;30(12):1101–7. (In Span). doi: 10.33588/rn.3012.99216

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein S.L., editor. *The pediatric spine: principles and practice*. New York: Raven Press, 1994. P. 479–496.
- Le Huec J.C., Thompson W., Mohsinaly Y., Barrey C., Faundez A. Sagittal balance of the spine // *Eur Spine J*. 2019. Vol. 28, № 9. P. 1889–1905. EDN: KDEURA doi: 10.1007/s00586-019-06083-1
- Глухов Д.А., Зорин В.И., Мальцева Я.А., Мушкин А.Ю. Сагиттальный баланс шейного отдела позвоночника у детей старше 4 лет: что считать нормой? // *Хирургия позвоночника*. 2022. Т. 19, № 4. С. 19–29. EDN: OBZBIX doi: 10.14531/ss2022.4.19-29
- Abelin-Genevois K. Sagittal balance of the spine // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021. Vol. 107, № 1S. P. 102769. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102769

5. Alijani B., Rasouljan J. The Sagittal Balance of the Cervical Spine: Radiographic Analysis of Interdependence between the Occipitocervical and Spinopelvic Alignment // *Asian Spine J.* 2020. Vol. 14, № 3. P. 287–297. doi: 10.31616/asj.2019.0165
6. Le Huec J.C., Demezon H., Aunoble S. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers // *Eur Spine J.* 2015. Vol. 24, № 1. P. 63–71. EDN: ZSQYBK doi: 10.1007/s00586-014-3632-0
7. Caird M.S., Wills B.P., Dormans J.P. Down syndrome in children: the role of the orthopaedic surgeon // *J Am Acad Orthop Surg.* 2006. Vol. 14, № 11. P. 610–9. doi: 10.5435/00124635-200610000-00003
8. Collacott R.A. Atlantoaxial instability in Down's syndrome // *Br Med J (Clin Res Ed).* 1987. Vol. 294, № 6578. P. 988–9. doi: 10.1136/bmj.294.6578.988
9. Carfi A., Liperoti R., Fusco D., et al. Bone mineral density in adults with Down syndrome // *Osteoporos Int.* 2017. Vol. 28, № 10. P. 2929–2934. EDN: VCRVWA doi: 10.1007/s00198-017-4133-x
10. McKelvey K.D., Fowler T.W., Akel N.S., et al. Low bone turnover and low bone density in a cohort of adults with Down syndrome // *Osteoporos Int.* 2013. Vol. 24, № 4. P. 1333–8. EDN: UGFAMY doi: 10.1007/s00198-012-2109-4
11. Sergeenko O.M., Dyachkov K.A., Ryabykh S.O., Burtsev A.V., Gubin A.V. Atlantoaxial dislocation due to os odontoideum in patients with Down's syndrome: literature review and case reports // *Childs Nerv Syst.* 2020. Vol. 36, № 1. P. 19–26. doi: 10.1007/s00381-019-04401-y
12. Кулешов А.А., Губин А.В., Шаров В.А., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Скрининговое обследование шейного отдела позвоночника у пациентов с син-

дромом Дауна // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2023. Т. 30, № 3. С. 325–334. EDN: APTTNT doi: 10.17816/vto568156

13. Nakamura N., Inaba Y., Oba M., et al. Novel 2 Radiographical Measurements for Atlantoaxial Instability in Children with Down Syndrome // *Spine.* 2014. Vol. 39, № 26. P. E1566–E1574. doi: 10.1097/brs.0000000000000625

14. Хусаинов Н.О., Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н. Нестабильность краниовертебральной области у детей с синдромом Дауна // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2016. Т. 4, № 3. С. 71–77. doi: 10.17816/PTORS4371-77

15. Lee S.H., Kim K.T., Seo E.M., Suk K.S., Kwack Y.H., Son E.S. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults // *J Spinal Disord Tech.* 2012. Vol. 25. P. E41–E47. doi: 10.1097/BSD.0b013e3182396301

16. Janusz P., Tyrakowski M., Glowka P., Offoha R., Siemionow K. Influence of cervical spine position on the radiographic parameters of the thoracic inlet alignment // *Eur Spine J.* 2015. Vol. 24. P. 2880–2884. EDN: GRBAFQ doi: 10.1007/s00586-015-4023-x

17. French H.G., Burke S.W., Roberts J.M., Johnston C.E. 2<sup>nd</sup>, Whitecloud T., Edmunds J.O. Upper cervical ossicles in Down syndrome // *J Pediatr Orthop.* 1987. Vol. 7, № 1. P. 69–71. doi: 10.1097/01241398-198701000-00014

18. Cros T., Linares R., Castro A., Mansilla F. Estudio radiológico de las alteraciones cervicales en el síndrome de Down. Nuevos hallazgos mediante tomografía computarizada y reconstrucciones tridimensionales // *Rev Neurol.* 2000. Vol. 30, № 12. P. 1101–7. (In Span). doi: 10.33588/rn.3012.99216

## AUTHORS' INFO

### \* Vladislav A. Sharov;

address: 10 Priorova str., 127299 Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0002-0801-0639;  
eLibrary SPIN: 8062-9216;  
e-mail: sharov.vlad397@gmail.com

### Alexander A. Kuleshov, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-9526-8274;  
eLibrary SPIN: 7052-0220;  
e-mail: cito-spine@mail.ru

### Anton G. Nazarenko, MD, Dr. Sci. (Med.);

professor of Russian Academy of Sciences;  
ORCID: 0000-0003-1314-2887;  
eLibrary SPIN: 1402-5186;  
e-mail: cito@cito-priorov.ru

### Marchel S. Vetrile, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0001-6689-5220;  
eLibrary SPIN: 9690-5117;  
e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru

### Anatoliy V. Ovsyankin, MD, Cand. Sci. (Med.);

eLibrary SPIN: 4417-3617;  
e-mail: ovsjankin@rambler.ru

## ОБ АВТОРАХ

### \* Шаров Владислав Андреевич;

адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10;  
ORCID: 0000-0002-0801-0639;  
eLibrary SPIN: 8062-9216;  
e-mail: sharov.vlad397@gmail.com

### Кулешов Александр Алексеевич, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-9526-8274;  
eLibrary SPIN: 7052-0220;  
e-mail: cito-spine@mail.ru

### Назаренко Антон Герасимович, д-р мед. наук,

профессор РАН;  
ORCID: 0000-0003-1314-2887;  
eLibrary SPIN: 1402-5186;  
e-mail: cito@cito-priorov.ru

### Ветрилэ Марчел Степанович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0001-6689-5220;  
eLibrary SPIN: 9690-5117;  
e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru

### Овсянкин Анатолий Васильевич, канд. мед. наук;

eLibrary SPIN: 4417-3617;  
e-mail: ovsjankin@rambler.ru

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

**Elena S. Kuzminova;**

ORCID: 0000-0003-2876-6844;

eLibrary SPIN: 5992-6657;

e-mail: muxuxo@gmail.com

**Igor N. Lisyansky, MD, Cand. Sci. (Med.);**

ORCID: 0000-0002-2479-4381;

eLibrary SPIN: 9845-1251;

e-mail: lisigornik@list.ru

**Sergey N. Makarov, MD, Cand. Sci. (Med.);**

ORCID: 0000-0003-0406-1997;

eLibrary SPIN: 2767-2429;

e-mail: moscow.makarov@gmail.com

**Uliya V. Strunina;**

ORCID: 0000-0001-5010-6661;

eLibrary SPIN: 9799-5066;

e-mail: ustrunina@nsi.ru

**Кузьминова Елена Станиславовна;**

ORCID: 0000-0003-2876-6844;

eLibrary SPIN: 5992-6657;

e-mail: muxuxo@gmail.com

**Лисянский Игорь Николаевич, канд. мед. наук;**

ORCID: 0000-0002-2479-4381;

eLibrary SPIN: 9845-1251;

e-mail: lisigornik@list.ru

**Макаров Сергей Николаевич, канд. мед. наук;**

ORCID: 0000-0003-0406-1997;

eLibrary SPIN: 2767-2429;

e-mail: moscow.makarov@gmail.com

**Струнина Юлия Владимировна;**

ORCID: 0000-0001-5010-6661;

eLibrary SPIN: 9799-5066;

e-mail: ustrunina@nsi.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

# Success predictors of decompressive surgical treatment for lumbar degenerative spinal canal stenosis

Aleksandr V. Krutko, Anton G. Nazarenko, Gleb E. Balychev, Evgenii S. Baykov, Olga N. Leonova

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

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Decompressive surgical treatment for degenerative lumbar stenosis significantly improves patient clinical status. However, in some cases, patients are not satisfied with the outcomes. Various studies have examined clinical and morphological factors to improve the results of surgical interventions.

**AIM:** To identify clinical and morphological predictors of the success of decompressive surgical interventions for lumbar degenerative stenosis.

**MATERIALS AND METHODS:** This retrospective study included 61 patients who underwent surgery for mono- and postsegmental lumbar degenerative stenosis. Clinical and demographic data and the stage of degenerative changes in the functional spinal unit and sagittal balance of the spine were assessed. The success of surgical treatment was defined as simultaneous compliance with three criteria after 6–18 months: achievement of MCID for ODI ( $\geq 12\%$ ), recalibration of the spinal canal at the level of intervention according to MRI data (Schizas regression to  $\geq 1$  stage), and improvement of the patient's subjective feeling (4–5 on the Likert scale). Logistic regression analysis was used to identify predictors of treatment outcome.

**RESULTS:** A significant decrease in the intensity of pain syndrome (VAS in back and leg) and an improvement in the quality of life (ODI) after surgery ( $p < 0.001$ ) were found in all patients. In 73.8% of cases, the MCID threshold exceeded for ODI, whereas in 75.41%, patients were satisfied with surgical treatment. The success rate of surgical intervention was 65.57%. In one-factor regression analysis of clinical, demographic, and morphological parameters, the only independent predictor of surgical treatment was neuropathic pain before surgery according to the DN4 questionnaire (OR=1.52;  $p=0.011$ ).

**CONCLUSION:** Decompressive surgical treatment for degenerative lumbar stenosis is an effective treatment method, regardless of the extent and degree of degenerative changes in the spinal–motor segments and concomitant degenerative pathology, including disruption of sagittal balance. The predicting factor of the success of decompressive intervention is the severity of preoperative neuropathic pain.

**Keywords:** degenerative stenosis; lumbar spine; decompressive surgery; neuropathic pain syndrome.

## To cite this article:

Krutko AV, Nazarenko AG, Balychev GE, Baykov ES, Leonova ON. Success predictors of decompressive surgical treatment for lumbar degenerative stenosis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):67–80. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

Received: 24.11.2023

Accepted: 12.12.2023

Published online: 21.02.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

# Предикторы успеха декомпрессивных хирургических вмешательств при дегенеративном поясничном стенозе

А.В. Крутько, А.Г. Назаренко, Г.Е. Балычев, Е.С. Байков, О.Н. Леонова

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

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Декомпрессивные хирургические вмешательства при дегенеративном поясничном стенозе значительно улучшают клинический статус пациентов. Однако в ряде случаев последние не удовлетворены исходом лечения. В настоящее время в литературе ведётся поиск модифицируемых клинико-морфологических факторов, с помощью которых возможно улучшить результаты хирургических вмешательств.

**Цель.** Выявить клинические и морфологические предикторы успеха декомпрессивных хирургических вмешательств у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом.

**Материалы и методы.** Проведён анализ данных 61 истории болезни пациентов, оперированных по поводу моно- и полисегментарного дегенеративного поясничного стеноза. Выполнена оценка клинико-демографических данных, а также степени, характера и протяжённости дегенеративных изменений позвоночно-двигательных сегментов и сагиттального баланса позвоночника. Под успехом хирургического лечения понимали одновременное соблюдение через 6–18 месяцев трёх критериев: 1) достижения минимальной клинически значимой разницы MCID для индекса Освестри ODI ( $\geq 12\%$ ); 2) рекалибровки позвоночного канала на уровне вмешательства по данным магнитно-резонансной томографии (регресс Schizas на  $\geq 1$  стадию); 3) улучшения субъективного ощущения пациента (4–5 по шкале Ликерта). Для выявления предикторов исхода лечения использовалась логистическая регрессия.

**Результаты.** Все пациенты отметили значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома (визуально-аналоговая шкала боли, спина и нога) и улучшение качества жизни (ODI) после операции ( $p < 0,001$ ). В 73,8% случаев отмечено преодоление порогового значения MCID для ODI; в 75,41% пациенты были удовлетворены оперативным лечением. Успех хирургического вмешательства был достигнут в 65,57%. При однофакторном регрессионном анализе клинико-демографических и морфологических параметров единственным независимым предиктором успеха оперативного лечения был нейропатический болевой синдром перед операцией по данным опросника DN4 (OR=1,52,  $p=0,011$ ).

**Заключение.** Декомпрессивные хирургические вмешательства при дегенеративном поясничном стенозе являются эффективным методом лечения вне зависимости от протяжённости и степени дегенеративных изменений позвоночно-двигательных сегментов, сопутствующей дегенеративной патологии, в том числе с нарушением сагиттального баланса. Предиктором успеха декомпрессивного вмешательства является степень выраженности дооперационного нейропатического болевого синдрома.

**Ключевые слова:** дегенеративный стеноз; поясничный отдел позвоночника; декомпрессивное хирургическое вмешательство; нейропатический болевой синдром.

## Как цитировать:

Крутько А.В., Назаренко А.Г., Балычев Г.Е., Байков Е.С., Леонова О.Н. Предикторы успеха декомпрессивных хирургических вмешательств при дегенеративном поясничном стенозе // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 67–80. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

## BACKGROUND

Degenerative lumbar stenosis, despite its widespread occurrence in the population, has different degrees, forms, and mechanisms of development, which present in a variety of clinical manifestations. Intense pain syndrome, neurogenic intermittent claudication, and peripheral paresis, often detected in patients with spinal stenosis, worsen significantly the quality of life and functional capabilities of patients [1]. Although various modern conservative methods are available, surgical treatment techniques are more effective and predictable [2, 3]. The standardized approach to treatment is currently replaced by a more personalized one, with a tendency toward less traumatic techniques, less use of immobilizing structures [4, 5], and relatively higher safety, with predictable outcomes [3, 4].

Spinal stenosis affects several spinal motion segments, the patient's condition, and their function [1, 6]. To improve the clinical condition, neural structures must be decompressed. The decompression volume is assessed by magnetic resonance imaging (MRI) based on a decrease in the severity of stenosis according to the Schizas classification [7]. Moreover, competing conditions, such as degenerative scoliosis and spondylolisthesis, can independently affect the condition of patients by reducing the success rates of interventions, discouraging the technique.

The regression of the Oswestry disability index (ODI) is the main feature in assessing the improvement of functional indicators of patients with degenerative spinal diseases. To determine whether improvement is achieved after surgery or not, the minimum clinically important difference (MCID) is used.

In some cases, despite achieving the ODI threshold, patients remain dissatisfied with the surgical outcomes. The reasons may be the persistence and occurrence of postoperative neuropathic pain syndrome, high levels of anxiety and depression, which can decrease the quality of life of the patients, and sagittal balance disorders that cannot be eliminated because of the unsatisfactory quality of bone tissue.

Thus, studying the treatment outcomes by identifying success predictors and patient satisfaction is the key to achieving optimal treatment and diagnostic algorithms.

**This study aimed to identify clinical and morphological predictors of the success of lumbar decompression surgery in patients with degenerative lumbar stenosis.**

## MATERIALS AND METHODS

### Study design

This retrospective cohort study considered the STROBE recommendations.

### Compliance criteria

*The inclusion criteria were as follows:*

- Primary surgical intervention involving microsurgical decompression of neural structures without using stabilizing structures

- Preoperative MRI, computed tomography, postural radiography of the spine, and postoperative MRI (not earlier than 1 month and up to 12 months)
- Central spinal canal stenosis in the lumbar spine
- ODI quality of life scales, Likert scale, DN4 neuropathic pain syndrome scale, and pain intensity scale (visual analog scale [VAS]) completed before and after surgery (up to 18 months).

*The non-inclusion criteria were as follows:*

- Repeated decompressive or decompressive-stabilizing interventions on the spine
- Clinically significant foraminal, unilateral lateral spinal canal stenosis
- Nondegenerative lesions of the spine
- Inability to undergo clinical assessment and completion of clinical questionnaires at follow-up

*The exclusion criteria were as follows:*

- Refusal to participate in the clinical study (three clinical cases)
- Concomitant pathology in the acute stage, significantly affecting the general clinical condition of the patient (one clinical case)

### Study conditions

data from adult patients who underwent surgery for degenerative spinal lesions between May 2021 and December 2022 were analyzed. Surgical treatment was indicated for vertebrogenic compression syndrome (radicular or neurogenic intermittent claudication) in combination with or without neurological deficit resistant to conservative therapy for at least 3 months. The morphological risk factors of the clinical manifestations include mono- or polysegmental degenerative lumbar stenosis with or without other degenerative lumbar pathologies (spondylolisthesis, scoliosis, and sagittal imbalance). All patients who had sagittal balance disorders had a marked decrease in bone tissue density based on the results of computed tomography at the level of interest in Hounsfield units ( $HU \leq 110$ ), which was a contraindication for corrective surgical interventions with implantation of metal structures.

### Study duration

the study design included two visits: (1) before and (2) after surgery (from month 6 to month 18).

### Description of the medical intervention

surgical treatment was performed in accordance with the principles of clinical and morphological correspondence and minimal sufficiency. Microsurgical bilateral decompression of neural structures was performed from a unilateral approach at clinically significant levels using the "over-the-top" technique proposed by Mayer et al. [8]. From a unilateral approach, interlaminectomy was performed on the most clinically

significant side with medial facetectomy, ligamentum flavum resection, and ipsi- and contralateral decompression of neural structures at the involved levels. Sufficient decompression was considered the simultaneous achievement of certain criteria, namely, absence of compression from the bone and other dense formations with possible free displacement of neural structures, distinct pulsation, and nonconstriction of the dural sac.

Clinical and demographic data included sex, age, body mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), ODI, DN4 neuropathic pain scale, and numerical back and lower limb pain-rating scale scores.

### Main study outcome

to assess the success of surgical treatment, simultaneous compliance with three criteria was used: (1) achievement of MCID for ODI at the follow-up examination, (2) recalibration of the spinal canal at the intervention level according to MRI data of the lumbar spine, and (3) improvement of the patient's subjective sensation (on the Likert scale). For the ODI scale, the outcome was considered successful if the score decreased after 1 year (MCID by  $\geq 12\%$ ) [9–11]. Because the "spinal canal recalibration" category was achieved in all patients (100%), the identification of treatment success predictors was based on the achievement of MCID according to ODI and patient satisfaction.

### Additional research outcomes

#### Subgroup analysis

Patients were distributed to binary groups according to the achievement of MCID based on ODI regression ( $\geq 12$ ) and satisfaction (4–5 and 1–3 points). Surgical success was assessed based on a combination of achieving MCID according to ODI and satisfaction with surgical treatment.

#### Methods for recording outcomes

Lumbar MRI was performed to assess the stage of intervertebral disc degeneration according to the Pfirrmann classification, Modic-type changes (MC), endplate defects (total endplate score [TEPS]), and spinal canal stenosis according to the Schizas classification before and after surgery [12–15]. Progression of the spinal canal stenosis to the symptomatic level was considered significant when the degree of stenosis decreased by at least 1 grade according to the Schizas classification. The study included patients with types C and D according to the above classification. Patient satisfaction was assessed using a Likert scale; patients with scores of 4 ("a little better than before surgery") and 5 ("much better than before surgery") were considered satisfied with the treatment outcomes, whereas those with scores of 1 ("much worse than before surgery"), 2 ("a little worse than before surgery"), or 3 ("condition unchanged") were considered dissatisfied with the outcomes. Using spinal postural radiography, the Roussouly type and sagittal balance parameters (pelvic incidence [PI], pelvic tilt [PT], sacral slope [SS], segmental angles LL [L1–S1] at each

lumbar level, low LL (L4–S1), sagittal vertical axis [SVA], sacrum–bicoxofemoral distance, Barrey index, and PI-LL) were assessed. Global imbalance was assessed using the Barrey index. If the score was  $< 1$ , balance was considered not impaired, and if the score was  $\geq 1$ , balance was considered impaired.

### Ethical considerations

the study was approved by the local ethics committee of the N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (Meeting No. 1/23 of 05/05/2023).

### Statistical analysis

#### Sample size calculation

The sample size was not precalculated, and all patients meeting the inclusion criteria were selected.

#### Statistical data analysis

For quantitative variables, mean values, mean-square deviations, medians, quartiles, minimum and maximum values, and number of valid observations are presented as descriptive statistics. For categorical variables, frequencies and percentages relative to the number of valid observations are given. Pre- and postoperative scores were compared using paired t-tests, as well as the nonparametric Wilcoxon matched-samples test as a supporting analysis, showing consistent results. Groups formed according to predefined criteria, namely, ODI achievement, satisfaction, treatment success (a combination of spinal canal recalibration, clinical success, and satisfaction), were compared using analysis of variance (as well as the Mann–Whitney test as a supporting analysis, with consistent results) for quantitative attributes and the Pearson chi-square test for categorical attributes. Logistic regression models were also created for binary indicators, namely, ODI achievement, satisfaction, and treatment success.

## RESULTS

### Study participants

From May 2021 to December 2022, in Department 12 of the N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 98 decompressive surgeries were performed on patients with clinical signs of degenerative lumbar spinal stenosis. In total, 61 (62.24%) patients met the inclusion criteria for the study.

The median age of the patients was 67.0 [61.0; 71.0] years. Most patients were female (43/61, 70.49%), were overweight, and had grade I–II obesity (29.697 [25.6; 33.1]). In addition, 42.62% (35/61) of the patients had clinical signs of neurogenic intermittent claudication, and 36.1% (22/61) had compression-ischemic radiculopathy. In 18/61 (29.51%) patients, grade D spinal canal stenosis according to the Schizas classification was detected preoperatively at any level, and the remaining

70.49% had grade C spinal canal stenosis before surgery. The most common types were Roussouly types III and IV (83.6%). Sagittal profile abnormalities (Barrey index  $\geq 1$ ) were detected in 19/61 (31.15%) patients.

Regarding the prevalence of intervertebral disc degeneration, Pfirrmann stage IV was detected most often at all lumbar spine levels (180/305, 59.02%). At all lumbar spine levels, in MC 0 and 2 changes were identified in comparable proportions (259/610 and 333/610 [42.46 and 54.59%]), respectively, whereas MC 1 and 3 were quite rare (13/610 and 5/610 [2.13% and 0.82%], respectively). Endplate defects (TEPS) were distributed evenly with a tendency toward moderate and significant changes, that is, grade 3 in 159/610 (26.07%) measurements, grade 4 in 180/610 (29.51%), grade 5 in 164/610 (26.86%), and grade 6 in 107/610 (17.54%).

### Main study results

after surgical treatment with the implementation of all three intraoperative components to ensure sufficient decompression in the postoperative period, lumbar MRI revealed recalibration of the spinal canal at the intervention level. In 62.29% (38/61) of cases, the degree of stenosis decreased by one grade, that is, from grade C to B in 47.54% (29/61) of cases and from grade D in C in 6.56% (4/61) of cases. In 37.70% (23/61) of the patients, the degree of stenosis decreased by two or more grades, that is, from grade C to A in 14.75% (9/61), from grade D to B in 19.67% (12/61), and from grade D to A in 3.28% (2/61).

All patients included in the study noted a significant decrease in pain intensity and improvement in the quality of life after surgery, with back pain VAS score of 8.0 [5.0; 10.0] versus 4.0 [2.0; 6.0] points ( $p < 0.001$ ), leg pain VAS score of 7.0 [8.0; 4.0] versus 3.0 [2.0; 6.0] points ( $p < 0.001$ ), and ODI of 55.00 [42.22; 62.22] versus 28.00 [11.11; 42.22] ( $p < 0.001$ ). The intensity of neuropathic pain also significantly regressed, that is, DN4 5.0 [3.0; 6.0] versus 2.0 [1.0; 4.0] ( $p < 0.001$ ).

In addition, 45/61 (73.8%) patients had exceeded the MCID threshold value for ODI; in 16/61 (26.2%) patients, no significant improvements were registered. Based on the achievement of MCID by ODI, patients were distributed into those who achieved success ( $n=45$ ) and those who did not achieve success ( $n=16$ ).

Moreover, 46/61 (75.41%) patients were satisfied with surgical treatment, and 15/61 (24.59%) patients had either no subjective improvement or deterioration.

Surgical success was defined as objective improvement in the functional state based on spinal canal recalibration and satisfaction with surgical outcomes. Surgical success was achieved in 40/61 (65.57%) patients. Failure to achieve MCID and dissatisfaction with surgical treatment were registered in 11/61 (18.03%) patients, and 10/61 (16.39%) patients were included in the intermediate group, where the patients were dissatisfied with the treatment despite significant improvement in function according to the ODI and recalibration of the spinal canal.

### Additional study results

#### Achieving the MCID

When comparing clinical and radiological parameters between patients who achieved and did not achieve clinical success, those who achieved MCID experience greater pain intensity in the leg and back before surgery and a lower pain intensity after surgery, that is, 8 [7; 10] versus 7 [4.5; 8.5] for leg pain before surgery ( $p=0.024$ ), 3 [1; 5] versus 5.5 [4; 7] for leg pain after surgery ( $p=0.003$ ), 7 [5; 9] versus 4 [2; 7] for back pain before surgery ( $p=0.002$ ), and 3 [2; 4] versus 5.5 [3; 6] for back pain after surgery ( $p=0.007$ ) and greater functional disability before surgery (57.8 [51.1; 64.4] for the successful treatment group versus 42.4 [35.3; 55.9] for the unsuccessful treatment group,  $p=0.001$ ). The analysis also revealed differences in morphological characteristics. Patients who achieved MCID had more pronounced lumbar lordosis, corresponding to Roussouly type III, whereas in the other group, patients with Roussouly type I were predominant ( $p < 0.05$ ). The success group had less severe endplate lesions ( $p < 0.05$ ) (Table 1).

All other parameters, including demographics, MRI findings, and sagittal balance parameters, were not significant between the groups ( $p > 0.05$ ).

According to the univariate regression analysis between patients who reached and did not reach the MCID threshold values, preoperative VAS scores of the leg (OR=1.67,  $p=0.005$ ) and back (OR=1.47,  $p=0.026$ ) pains were identified as predictors of clinical success when performing lumbar decompression surgery.

**Table 1.** Comparison of instrumental and radiological parameters of patients who achieved and did not achieve clinical success, significant differences ( $p > 0.05$ ).

Parameter	Success	Failure	<i>p</i>
LL (L1-L5)	48 [41; 56]	39 [35; 49]	0.044 <sup>F</sup>
EP-L1 <sub>lower</sub>	4 [3; 5]	4 [3; 4]	0.015 <sup>P</sup>
EP-L2 <sub>lower</sub>	4 [3; 5]	4 [3; 4]	0.017 <sup>P</sup>
EP-L3 <sub>upper</sub>	4 [3; 5]	4 [3; 4]	0.026 <sup>P</sup>
EP-L5 <sub>upper</sub>	5 [4; 6]	4 [3; 5]	0.010 <sup>P</sup>

Note. <sup>F</sup> — Fisher's exact test (two-tailed), <sup>P</sup> — Pearson's chi-square test.

### Treatment satisfaction

In a detailed assessment of the clinical and radiological parameters of patients satisfied and dissatisfied with treatment, patients satisfied with treatment had a greater leg pain intensity before surgery and lower intensity after surgery (8 [7; 10] versus 6.5 [4.0; 8.0] before surgery, 3.0 [2.0; 5.0] versus 6.0 [4.0; 7.0] after surgery,  $p=0.027$  and  $p < 0.001$ , respectively), lower back pain intensity after surgery (3.0 [2.0; 5.0] versus 6.0 [3.0; 7.0],  $p=0.003$ ), lower neuropathic pain intensity after surgery (6.0 [3.0; 7.0] versus 4.0 [3.0; 7.0],  $p < 0.001$ ), greater regression of functional disability and its lower value after surgery (ODI change for patients satisfied with treatment  $-35.3 [-44.4; -20.0]$  versus  $0.9 [-15.5; 6.7]$  for those dissatisfied with treatment, both  $p < 0.001$ ), and these patients also had less pronounced endplate defects on preoperative MR images ( $L3_{upper} = 4 [4; 4]$  versus  $4 [3; 5]$ ,  $p < 0.05$ ).

According to the univariate regression analysis, predictors of satisfaction with lumbar decompression surgery were determined by the VAS scores of the leg pain before surgery ( $OR=1.32$ ,  $p=0.045$ ) and the severity of neuropathic pain according to DN4 scale scores before surgery ( $OR=0.61$ ,  $p=0.003$ ); the higher the intensity of leg pain before surgery and/or the lower the intensity of neuropathic pain, the more probable the patient's satisfaction with surgical treatment.

### Treatment success

In the comparison of patients who achieved MCID and were satisfied with surgical treatment with those who did not achieve MCID and were dissatisfied with treatment, the results revealed that the former group had higher leg and back pain intensity before surgery than after surgery (8 [7; 10] versus 7 [4; 8] for leg pain; 7 [5; 8] versus 4 [2; 7] for back pain,  $p=0.027$  and  $p=0.015$ , respectively), greater functional disability according to ODI (57.50 [47.50; 62.22] in patients who achieved MCID and were satisfied versus 42.22 [35.00; 57.78] in patients who did not achieve MCID and were dissatisfied with treatment,  $p=0.034$ ), lower leg pain intensity leg at the control examination (2 [1; 5] versus 6.5 [4; 7],  $p=0.000$ ), lower back pain intensity after surgery (3 [2; 4] versus 6 [2.5; 6.5],  $p=0.009$ ), and lower neuropathic pain intensity after surgery (2 [0; 3] versus 4.5 [2; 7],  $p=0.003$ ), and these patients also had less severe endplate defects on preoperative MR images ( $p=0.015$ ).

According to the univariate regression analysis, the predictor of surgical outcome of lumbar decompression is neuropathic pain before surgery based on DN4 ( $OR=1.52$ ,  $p=0.011$ ); if the DN4 neuropathic pain questionnaire score was high, the surgical outcome was highly probably negative.

### Adverse events

No adverse events were registered in this retrospective study.

## DISCUSSION

### Summary of main study result

Surgical treatment of patients with clinical manifestations of degenerative lumbar stenosis can significantly improve their quality of life [3, 4]. Advance age is associated with a high comorbidity index, decreased bone density, and other conditions that limit the permissible scope of surgical treatment, mainly associated with the use of implants [16, 17].

### Discussion of the main study result

The extent of degenerative lumbar stenosis (number of levels) and its severity increase with age [4]; however, these parameters do not affect the treatment outcomes. In patients with different severities and durations of degenerative spinal canal stenosis, M. Minetama et al. obtained identical results when they analyzed the treatment outcomes of 325 patients with single-level stenoses and 260 patients regardless of the number of levels [18, 19].

The effect of other degenerative changes in spinal motion segments remains controversial. The negative effect of MC on the surgical outcomes of degenerative spinal stenoses [20, 21] is refuted by current multicenter studies and meta-analyses [22–24]. According to A. Lawan et al., the effect of MC, in contrast to endplate defects, was insignificant. Endplate defects are one of the causes of intense lumbar pain, which was identified in a meta-analysis that included 26 original studies [18, 25], which agrees with our results, that is, patients who did not achieve MCID had more severe changes in the endplates  $L1_{lower}$   $L2_{lower}$   $L3_{upper}$   $L5_{upper}$  than patients who achieved success; however, these indicators were not independent predictors of success.

The elimination of the risk factors of neural structure compression at clinically significant levels improves the condition in up to 80% of patients when sufficient anteroposterior size of the spinal canal is achieved [26]. Decompression is considered sufficient when recalibrating the spinal canal by one grade or lower according to the Schizas classification, which enables us to predict surgical success [7]. Moreover, excessive decompression, as reported by R.V. Khalepa et al. who studied the treatment outcomes of 107 older patients who underwent surgery for single-level stenoses, did not improve the medium-term treatment outcomes [26]. In the present study, recalibration of the spinal canal was noted in all patients using the minimally invasive "over-the-top" method, which technique is described in detail by A.A. Grin [27]. The degree of stenosis decreased by one grade in 62.29% of the cases, and in 37.71% of the patients, a decrease by two or more grades was noted. This result helped achieve morphological success in 100% of cases; however, with a higher degree of decompression, no differences in clinical manifestations and improvement in condition were found.

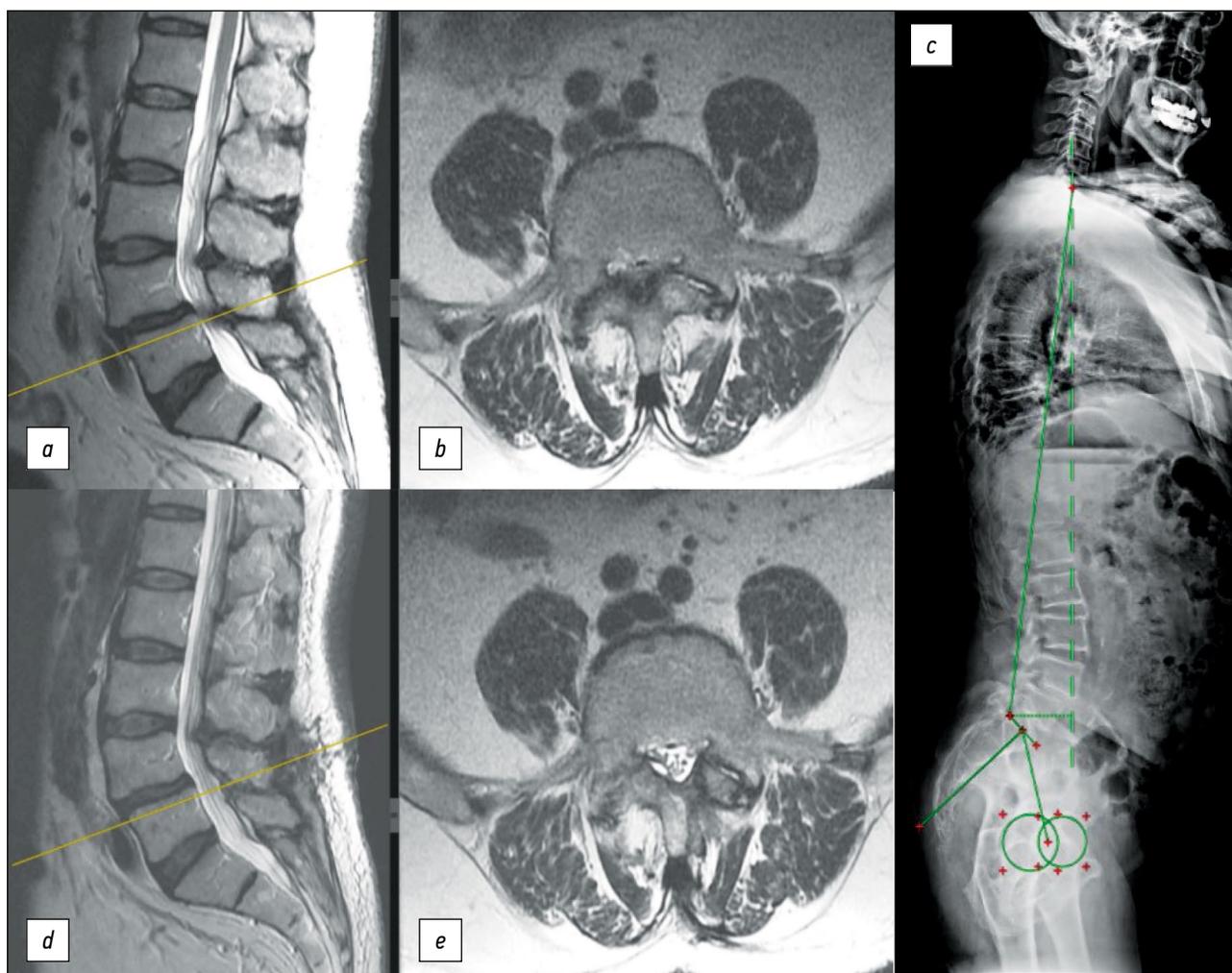
Several studies have reported that spinal sagittal balance had major contributions to the quality of life of the patients

[28, 29]. Sagittal imbalance influences clinical success. Patients operated on using metal fixators without correction of sagittal imbalance are susceptible to intense pain, worse functional results, and proximal transitional kyphosis [30]; however, the influence of impaired sagittal parameters on the outcomes of isolated decompressions remains controversial. Based on the results of a retrospective analysis of 109 patients who underwent surgery for degenerative spinal stenosis, distributed into groups with (SVA  $\geq 50$  mm) and without (SVA  $< 50$  mm) impairment of the global sagittal balance, in the presence of compensated disorders, the SVA decreased after decompression, and in patients with severe disorders (SVA  $> 80$  mm), sufficient correction was not achieved, which affected the quality of life and functional outcomes of the patients [31, 32]. According to the results of the present study, sagittal imbalance, as well as SVA parameters, Barrey index, and other criteria, did not affect the outcomes of decompression in the mid-term follow-up

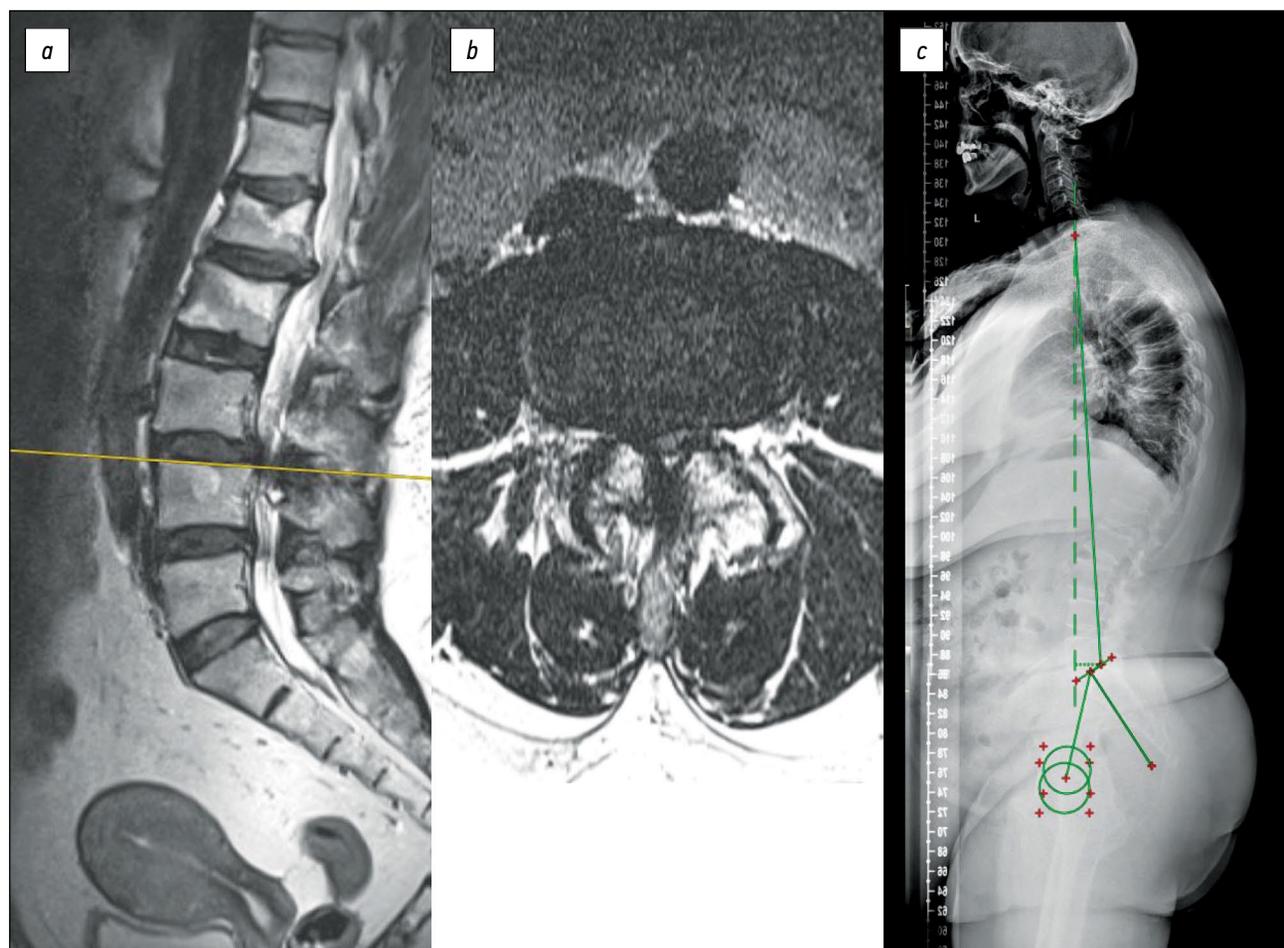
( $p > 0.05$ ). A representative case of treating a patient with severe sagittal imbalance is presented in Fig. 1.

K. Ikuta et al. analyzed the treatment outcomes of 69 patients who underwent endoscopic decompression for degenerative spinal stenosis and identified the “vacuum phenomenon” as a predictor of an unsatisfactory outcome. Outcome assessment was performed upon achievement of MCID according to ODI [33]. Moreover, Z.O. Knio et al. evaluated 68 patients who underwent surgery using the “over-the-top” technique and found that 24.5% of the patients had poor outcomes, and predictors, according to the results of the multivariate analysis, were female sex and smoking [34]. However, the effect of smoking on treatment outcomes at 1-year follow-up was refuted in a study of 195 patients [35].

Chronic preoperative pain ( $> 3$  months) and persistent back pain after decompression ( $> 2$  months) negatively influence the clinical outcomes of treatment [36]. Psychological, social, and many other characteristics of the patient can also



**Fig. 1.** Patient B., 83 years old. VAS in back — 5 points; VAS in leg — 8 points. ODI=47.5%. DN-4 — 2 points. MRI of the lumbar spine — degenerative stenosis L4-L5 Schizas grade D, degenerative spondylolisthesis L4 grade I. (Fig. 1, a, b). Postural radiography of the spine — Barrey Index = 1.76 (Fig. 1, c). Surgical treatment — microsurgical “over-the-top” decompression at L4-L5. Lumbar spine MRI after 1 year — recalibration of the spinal canal to Schizas grade A4 (Fig. 1, d, e). ODI — 4.0%, VAS in leg — 0 points, VAS in back — 3 points. Regression according to ODI by 43.50%, recalibration of the spinal canal confirmed, satisfaction with surgical treatment on the Likert scale: 5 — “Much better than before the surgery”. Treatment success achieved.



**Fig. 2.** Patient I., 62 years old: VAS in back — 4 points, VAS in legs — 5 points, ODI=64.44%, DN4 before surgery — 7 points; *a, b* — MRI lumbar spine — degenerative stenosis L3-L4, Schizas grade C (Fig. 2, *a, b*); Postural radiography of the spine — Barrey Index =0.71 (Fig. 2, *c*). Surgical treatment — microsurgical “over-the-top” decompression at L3-L4. Despite the achieved recalibration to Schizas grade B, the patient continues to have pain in the lower extremities. ODI — 48.89%, VAS in legs — 4 points, VAS in back — 3 points. Clinical success achieved — ODI regression by 15.5% recalibration of the spinal canal, but the patient is not satisfied with the result of surgical treatment — 3 on the Likert scale (“state without change”). The high value of neuropathic pain remains: DN4=7 points. Surgical treatment defined unsuccessful.

significantly affect the surgical outcomes [37, 38]. However, our study did not aim to analyze the above parameters, so they should be considered in other works.

A. Hiyama and E. Vagaska analyzed the intensity of pain syndrome in patients who underwent surgery for degenerative spinal diseases with nociceptive and neurogenic pain; they revealed that with greater pain intensity before surgery, the incidence of neuropathic pain syndrome was higher, with a tendency for persistently higher pain scores after surgery [39, 40]. In the analysis of predictors of neuropathic pain development, two independent factors, namely, sex and pain intensity, were identified. Pain syndrome with VAS score >4.5 points during the last 4 weeks and female sex were associated with a higher incidence of neurogenic pain syndrome, whereas the nature and degree of lumbar degenerative changes had no effect [40]. According to S.Y. Park et al., who analyzed 86 patients distributed into groups depending on the prevailing type of pain, neuropathic pain often developed in patients

with compression radiculopathies (in approximately 1/3 of clinical cases), which must be considered in patients with degenerative spinal stenoses [41]. A representative case of treating a patient with neuropathic pain is presented in Fig. 2.

In certain clinical cases, post-decompressive neuropathy develops, characterized by non-dermatomal pain that differs from the initial one, mainly in the legs, which often disrupts sleep and can cause persistent pain that significantly affects surgical outcomes [42]. The present study revealed an association between patient satisfaction with treatment and neuropathic pain as the only independent predictor of surgical success, which can be due to the development of post-decompression neuropathy. The wide distribution of the timing of neuropathic pain emergence and the ambiguity of symptoms complicate significantly the diagnostics and may underestimate an important predictor of a negative outcome. The need for antidepressants, anticonvulsants, and other therapies that affect neurogenic pain is justified at all stages

of treatment to reduce the influence of this factor on the treatment outcomes of patients with high risks identified before surgery.

The intermediate group of patients, who achieved clinically significant improvement in their condition, but were dissatisfied with surgical treatment, is of particular interest. No factors differed significantly between the groups. This can be explained by patients' inflated expectations, sagittal profile disorders, and psychological, social, and many other characteristics, which may have led to the formation of a group of patients with successful clinical outcomes but were not satisfied with their health status after surgery. The study of such parameters requires more data.

### Study limitations

- This retrospective study did not evaluate the comorbidity index, depression and anxiety (CES-D, GDS, HADS), which excluded the analysis of the psychological component of patients' health and its effect on the surgical outcomes.
- Concomitant diseases of patients, such as diabetes mellitus and its complications, particularly diabetic polyneuropathy, which could potentially affect the clinical manifestations and treatment outcomes, were not considered.
- The duration of pre- and postoperative pain syndrome was not assessed, which could be a predictor of the development of chronic pain syndrome and increased anxiety levels.
- The identified higher value of the Barrey index before surgery in patients with severe stenosis indicates the presence of sagittal imbalance; however, this parameter can be both functional and structural, which was not differentiated in this study, and its dynamics after surgery were not analyzed.

The level of evidence for the study according to the Oxford system is “-2.”

## CONCLUSION

Lumbar decompression surgery for degenerative lumbar stenosis is an effective treatment method with predictable positive results, including degenerative sagittal deformities. A comprehensive standardized examination of patients before surgery, identifying risk factors such as neuropathic pain syndrome, will help reduce the incidence of complications and unsatisfactory outcomes.

## REFERENCES

1. Lai MKL, Cheung PWH, Cheung JaPY. A systematic review of developmental lumbar spinal stenosis. *European Spine Journal*. 2020;29(9):2173–2187. doi: 10.1007/s00586-020-06524-2

## 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. A.V. Krutko, A.G. Nazarenko, G.E. Balychev, E.S. Baykov, O.N. Leonova — designed the study; A.V. Krutko, A.G. Nazarenko, E.S. Baykov — surgical treatment; G.E. Balychev, E.S. Baykov, O.N. Leonova — analyzed data; G.E. Balychev, E.S. Baykov, O.N. Leonova — wrote the manuscript with input from all authors; A.V. Krutko, A.G. Nazarenko — oversaw the project.

**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.

## 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: А.В. Крутько — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников, написание и редактирование текста статьи; А.Г. Назаренко — хирургическое лечение пациентов, ревизия и редактирование текста статьи; Г.Е. Бальчев — сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Е.С. Байков — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников, написание и редактирование текста статьи; О.Н. Леонова — сбор и анализ литературных источников, подготовка, 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.

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

2. Zaina F, Tomkins-Lane C, Carragee E, Negrini S. Surgical versus non-surgical treatment for lumbar spinal stenosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;2016(1):CD010264. doi: 10.1002/14651858.CD010264.pub2

3. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, et al. Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disk herniation. The Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT): A randomized trial. *JAMA*. 2006;296(20):2441–2450. doi: 10.1001/jama.296.20.2441
4. Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, Makhni MC. Diagnosis and Management of Lumbar Spinal Stenosis: A Review. *JAMA*. 2022;327(17):1688–1699. doi: 10.1001/JAMA.2022.5921
5. Karlsson T, Försth P, Skorpil M, et al. Decompression alone or decompression with fusion for lumbar spinal stenosis: a randomized clinical trial with two-year MRI follow-up. *Bone Jt J*. 2022;104B(12):1343–1351. doi: 10.1302/0301-620X.104B12.BJJ-2022-0340.R1
6. Yamamoto T, Yagi M, Suzuki S, et al. Multilevel Decompression Surgery for Degenerative Lumbar Spinal Canal Stenosis Is Similarly Effective with Single-level Decompression Surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022;47(24):1728–1736. doi: 10.1097/BRS.0000000000004447
7. Hu Y, Fu H, Yang D, Xu W. Clinical efficacy and imaging outcomes of unilateral biportal endoscopy with unilateral laminotomy for bilateral decompression in the treatment of severe lumbar spinal stenosis. *Front Surg*. 2023;9:1061566. doi: 10.3389/fsurg.2022.1061566
8. Mayer HM, List J, Korge A, Wiechert K. Microsurgery of acquired degenerative lumbar spinal stenosis. Bilateral over-the-top decompression through unilateral approach. *Orthopade*. 2003;32(10):889–895. doi: 10.1007/S00132-003-0536-9
9. Leonova ON, Baikov ES, Krutko AV. Minimal clinically important difference as a method for assessing the effectiveness of spinal surgery using scales and questionnaires: non-systematic literature review. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2022;19(4):60–67. doi: 10.14531/SS2022.4.60-67
10. Moshinaly Y, Boissiere L, Maillot C, Pesenti S, Le Huec JC. Treatment of lumbar canal stenosis in patients with compensated sagittal balance. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(7):102861. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102861
11. Singh S, Shahi P, Asada T, et al. Poor muscle health and low preoperative ODI are independent predictors for slower achievement of MCID after minimally invasive decompression. *Spine J*. 2023;23(8):1152–1160. doi: 10.1016/J.SPINEE.2023.04.004
12. Pfirrmann CWA, Metzendorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(17):1873–1878. doi: 10.1097/00007632-200109010-00011
13. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*. 1988;166(1 Pt 1):193–199. doi: 10.1148/radiology.166.1.3336678
14. Rajasekaran S, Venkatadass K, Naresh Babu J, Ganesh K, Shetty AP. Pharmacological enhancement of disc diffusion and differentiation of healthy, ageing and degenerated discs: Results from in-vivo serial post-contrast MRI studies in 365 human lumbar discs. *Eur Spine J*. 2008;17(5):626–643. doi: 10.1007/s00586-008-0645-6
15. Schizas C, Theumann N, Burn A, et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(21):1919–1924. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd
16. Kitab S, Habboub G, Abdulkareem SB, Alimidhathi MB, Benzal E. Redefining lumbar spinal stenosis as a developmental syndrome: Does age matter? *J Neurosurg Spine*. 2019;31(3):357–365. doi: 10.3171/2019.2.SPINE181383
17. Fan N, Yuan S, Du P, et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):1041. doi: 10.1186/s12891-021-04940-z
18. Minetama M, Kawakami M, Teraguchi M, et al. Endplate defects, not the severity of spinal stenosis, contribute to low back pain in patients with lumbar spinal stenosis. *Spine J*. 2022;22(3):370–378. doi: 10.1016/j.spinee.2021.09.008
19. Kulkarni AG, Das S. Feasibility and Outcomes of Tubular Decompression in Extreme Stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020;45(11):E647–E655. doi: 10.1097/BRS.0000000000003359
20. Jensen OK, Nielsen CV, Sørensen JS, Stengaard-Pedersen K. Type 1 Modic changes was a significant risk factor for 1-year outcome in sick-listed low back pain patients: A nested cohort study using magnetic resonance imaging of the lumbar spine. *Spine J*. 2014;14(11):2568–2581. doi: 10.1016/j.spinee.2014.02.018
21. Sheng-yun L, Letu S, Jian C, et al. Comparison of modic changes in the lumbar and cervical spine, in 3167 patients with and without spinal pain. *PLoS One*. 2014;9(12):e114993. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0114993
22. Lambrechts MJ, Issa TZ, Toci GR, et al. Modic Changes of the Cervical and Lumbar Spine and Their Effect on Neck and Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine Journal*. 2022;13(5):1405–1417. doi: 10.1177/21925682221143332
23. Aaen J, Banitalebi H, Austevoll IM, et al. The association between preoperative MRI findings and clinical improvement in patients included in the NORDSTEN spinal stenosis trial. *Eur Spine J*. 2022;31(10):2777–2785. doi: 10.1007/S00586-022-07317-5
24. Chen L, Battié MC, Yuan Y, Yang G, Chen Z, Wang Y. Lumbar vertebral endplate defects on magnetic resonance images: prevalence, distribution patterns, and associations with back pain. *Spine J*. 2020;20(3):352–360. doi: 10.1016/j.spinee.2019.10.015
25. Lawan A, Crites Videman J, Battié MC. The association between vertebral endplate structural defects and back pain: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*. 2021;30(9):2531–2548. doi: 10.1007/s00586-021-06865-6
26. Khalepa RV, Klimov VS, Rzaev JA, Vasilenkoll, Konev EV, Amelina EV. Surgical treatment of elderly and senile patients with degenerative central lumbar spinal stenosis. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2018;15(3):73–84. doi: 10.14531/SS2018.3.73-84
27. Grin AA, Nikitin AS, Kalandari AA, et al. Interlaminar decompression for patients with degenerative lumbar stenosis. Literature review and results of a prospective study. *Neyrokhirurgiya*. 2019;21(4):57–66. doi: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-57-66
28. Le Huec JC, Thompson W, Moshinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019;28(9):1889–1905. doi: 10.1007/S00586-019-06083-1
29. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis research society-schwab adult spinal deformity classification: A validation study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(12):1077–1082. doi: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2
30. Mikhailovsky MV, Sergunin AY. Proximal Junctional Kyphosis: a Topical Problem of Modern Spine Surgery. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2014;0(1):11–23. doi: 10.14531/SS2014.1.11-23

31. Hikata T, Watanabe K, Fujita N, et al. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance. *J Neurosurg Spine*. 2015;23(4):451–458. doi: 10.3171/2015.1.SPINE14642
32. Raganato R, Pizones J, Yilgor C, et al. Sagittal realignment: surgical restoration of the global alignment and proportion score parameters: a subgroup analysis. What are the consequences of failing to realign? *Eur Spine J*. 2023;32(6):2238–2247. doi: 10.1007/s00586-023-07649-w
33. Ikuta K, Sakamoto K, Hotta K, Kitamura T, Senba H, Shidahara S. Predictors for clinical outcomes of tubular surgery for endoscopic decompression in selected patients with lumbar spinal stenosis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142(10):2525–2532. doi: 10.1007/S00402-021-03845-9
34. Knio ZO, Schallmo MS, Wesley H, et al. Unilateral Laminotomy with Bilateral Decompression: A Case Series Studying One- and Two-Year Outcomes with Predictors of Minimal Clinical Improvement. *World Neurosurg*. 2019;131:e290–e297. doi: 10.1016/J.WNEU.2019.07.144
35. Goyal DK., Divi SN, Bowles DR, et al. Does Smoking Affect Short-Term Patient-Reported Outcomes After Lumbar Decompression? *Glob Spine J*. 2021;11(5):727–732. doi: 10.1177/2192568220925791
36. Costelloe CC, Burns S, Yong RJ, Kaye AD, Urman RD. An Analysis of Predictors of Persistent Postoperative Pain in Spine Surgery. *Curr Pain Headache Rep*. 2020;24(4):11. doi: 10.1007/s11916-020-0842-5
37. Holbert SE, Andersen K, Stone D, Pipkin K, Turcotte J, Patton C. Social Determinants of Health Influence Early Outcomes Following Lumbar Spine Surgery. *Ochsner J*. 2022; 22(4):299–306. doi: 10.31486/toj.22.0066
38. Vieira ASM, Baptista AF, Mendes L, et al. Impact of neuropathic pain at the population level. *J Clin Med Res*. 2014;6(2):111–9. doi: 10.14740/JOCMR1675W
39. Hiyama A, Katoh H, Nomura S, Sakai D, Watanabe M. The Effect of Preoperative Neuropathic Pain and Nociceptive Pain on Postoperative Pain Intensity in Patients with the Lumbar Degenerative Disease Following Lateral Lumbar Interbody Fusion. *World Neurosurg*. 2022;164:e814–e823. doi: 10.1016/j.wneu.2022.05.050
40. Vagaska E, Litavcova A, Srotova I, et al. Do lumbar magnetic resonance imaging changes predict neuropathic pain in patients with chronic non-specific low back pain? *Med (United States)*. 2019;98(17):e15377. doi: 10.1097/MD.00000000000015377
41. Park SY, An HS, Moon SH, et al. Neuropathic Pain Components in Patients with Lumbar Spinal Stenosis. *Yonsei Med J*. 2015;56(4):1044–1050. doi: 10.3349/YMJ.2015.56.4.1044
42. Boakye LAT, Fourman MS, Spina NT, Laudermilch D, Lee JY. 'Post-decompressive neuropathy': New-onset post-laminectomy lower extremity neuropathic pain different from the preoperative complaint. *Asian Spine J*. 2018;12(6):1043–1052. doi: 10.31616/asj.2018.12.6.1043

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lai M.K.L., Cheung P.W.H., Cheung Ja.P.Y. A systematic review of developmental lumbar spinal stenosis // *European Spine Journal*. 2020. Vol. 29, № 9. P. 2173–2187. doi: 10.1007/s00586-020-06524-2
2. Zaina F., Tomkins-Lane C., Carragee E., Negrini S. Surgical versus non-surgical treatment for lumbar spinal stenosis // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016. Vol. 2016, № 1. P. CD010264. doi: 10.1002/14651858.CD010264.pub2
3. Weinstein J.N., Tosteson T.D., Lurie J.D., et al. Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disk herniation. The Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT): A randomized trial // *JAMA*. 2006. Vol. 296, № 20. P. 2441–2450. doi: 10.1001/jama.296.20.2441
4. Katz J.N., Zimmerman Z.E., Mass H., Makhni M.C. Diagnosis and Management of Lumbar Spinal Stenosis: A Review // *JAMA*. 2022. Vol. 327, № 17. P. 1688–1699. doi: 10.1001/JAMA.2022.5921
5. Karlsson T., Försth P., Skorpil M., et al. Decompression alone or decompression with fusion for lumbar spinal stenosis: a randomized clinical trial with two-year MRI follow-up // *Bone Jt J*. 2022. Vol. 104B, № 12. P. 1343–1351. doi: 10.1302/0301-620X.104B12.BJJ-2022-0340.R1
6. Yamamoto T., Yagi M., Suzuki S., et al. Multilevel Decompression Surgery for Degenerative Lumbar Spinal Canal Stenosis Is Similarly Effective with Single-level Decompression Surgery // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022. Vol. 47, № 24. P. 1728–1736. doi: 10.1097/BRS.0000000000004447
7. Hu Y., Fu H., Yang D., Xu W. Clinical efficacy and imaging outcomes of unilateral biportal endoscopy with unilateral laminotomy for bilateral decompression in the treatment of severe lumbar spinal stenosis // *Front Surg*. 2023. Vol. 9. P. 1061566. doi: 10.3389/fsurg.2022.1061566
8. Mayer H.M., List J., Korge A., Wiechert K. Microsurgery of acquired degenerative lumbar spinal stenosis. Bilateral over-the-top decompression through unilateral approach // *Orthopade*. 2003. Vol. 32, № 10. P. 889–895. doi: 10.1007/S00132-003-0536-9
9. Леонова О.Н., Байков Е.С., Крутько А.В. Минимальная клинически значимая разница как способ оценки эффективности лечения в хирургии позвоночника по шкалам и опросникам: не-систематический обзор литературы // *Хирургия позвоночника*. 2022. Т. 19, № 4. С. 60–67. doi: 10.14531/SS2022.4.60-67
10. Mohsinaly Y., Boissiere L., Maillot C., Pesenti S., Le Huec J.C. Treatment of lumbar canal stenosis in patients with compensated sagittal balance // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021. Vol. 107, № 7. P. 102861. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102861
11. Singh S., Shahi P., Asada T., et al. Poor muscle health and low preoperative ODI are independent predictors for slower achievement of MCID after minimally invasive decompression // *Spine J*. 2023. Vol. 23, № 8. P. 1152–1160. doi: 10.1016/J.SPINEE.2023.04.004
12. Pfirrmann C.W.A., Metzdorf A., Zanetti M., Hodler J., Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001. Vol. 26, № 17. P. 1873–1878. doi: 10.1097/00007632-20010910-00011
13. Modic M.T., Steinberg P.M., Ross J.S., Masaryk T.J., Carter J.R. Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging // *Radiology*. 1988. Vol. 166, № 1 Pt 1. P. 193–199. doi: 10.1148/radiology.166.1.3336678
14. Rajasekaran S., Venkatadass K., Naresh Babu J., Ganesh K., Shetty A.P. Pharmacological enhancement of disc diffusion and differentiation of healthy, ageing and degenerated discs: Results from in-vivo serial post-contrast MRI studies in 365 human lumbar discs // *Eur Spine J*. 2008. Vol. 17, № 5. P. 626–643. doi: 10.1007/s00586-008-0645-6
15. Schizas C., Theumann N., Burn A., et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010. Vol. 35, № 21. P. 1919–1924. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd

16. Kitab S., Habboub G., Abdulkareem S.B., Alimidhatti M.B., Benzel E. Redefining lumbar spinal stenosis as a developmental syndrome: Does age matter? // *J Neurosurg Spine*. 2019. Vol. 31, № 3. P. 357–365. doi: 10.3171/2019.2.SPINE181383
17. Fan N., Yuan S., Du P., et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis // *BMC Musculoskelet Disord*. 2021. Vol. 22, № 1. P. 1041. doi: 10.1186/s12891-021-04940-z
18. Minetama M., Kawakami M., Teraguchi M., et al. Endplate defects, not the severity of spinal stenosis, contribute to low back pain in patients with lumbar spinal stenosis // *Spine J*. 2022. Vol. 22, № 3. P. 370–378. doi: 10.1016/j.spinee.2021.09.008
19. Kulkarni A.G., Das S. Feasibility and Outcomes of Tubular Decompression in Extreme Stenosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020. Vol. 45, № 11. P. E647–E655. doi: 10.1097/BRS.0000000000003359
20. Jensen O.K., Nielsen C.V., Sørensen J.S., Stengaard-Pedersen K. Type 1 Modic changes was a significant risk factor for 1-year outcome in sick-listed low back pain patients: A nested cohort study using magnetic resonance imaging of the lumbar spine // *Spine J*. 2014. Vol. 14, № 11. P. 2568–2581. doi: 10.1016/j.spinee.2014.02.018
21. Sheng-yun L., Letu S., Jian C., et al. Comparison of modic changes in the lumbar and cervical spine, in 3167 patients with and without spinal pain // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, № 12. P. e114993. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0114993
22. Lambrechts M.J., Issa T.Z., Toci G.R., et al. Modic Changes of the Cervical and Lumbar Spine and Their Effect on Neck and Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Global Spine Journal*. 2022. Vol. 13, № 5. P. 1405–1417. doi: 10.1177/21925682221143332
23. Aaen J., Banitalebi H., Austevoll I.M., et al. The association between preoperative MRI findings and clinical improvement in patients included in the NORDSTEN spinal stenosis trial // *Eur Spine J*. 2022. Vol. 31, № 10. P. 2777–2785. doi: 10.1007/S00586-022-07317-5
24. Chen L., Battié M.C., Yuan Y., Yang G., Chen Z., Wang Y. Lumbar vertebral endplate defects on magnetic resonance images: prevalence, distribution patterns, and associations with back pain // *Spine J*. 2020. Vol. 20, № 3. P. 352–360. doi: 10.1016/j.spinee.2019.10.015
25. Lawan A., Crites Videman J., Battié M.C. The association between vertebral endplate structural defects and back pain: a systematic review and meta-analysis // *European Spine Journal*. 2021. Vol. 30, № 9. P. 2531–2548. doi: 10.1007/s00586-021-06865-6
26. Халепа Р.В., Климов В.С., Рзаев Д.А., Василенко И.И., Конев Е.В., Амелина Е.В. Хирургическое лечение пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным центральным стенозом позвоночного канала на поясничном уровне // *Хирургия позвоночника*. 2018. Т. 15, № 3. С. 73–84. doi: 10.14531/SS2018.3.73-84
27. Гринь А.А., Никитин А.С., Каландари А.А., Асратян С.А., Юсупов С.Э.Р. Интерламинарная декомпрессия в лечении пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала на поясничном уровне (обзор литературы и результаты собственного исследования) // *Нейрохирургия*. 2019. Т. 21, № 4. С. 57–66. doi: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-57-66
28. Le Huec J.C., Thompson W., Mohsinaly Y., Barrey C., Faundez A. Sagittal balance of the spine // *Eur Spine J*. 2019. Vol. 28, № 9. P. 1889–1905. doi: 10.1007/S00586-019-06083-1
29. Schwab F., Ungar B., Blondel B., et al. Scoliosis research society-schwab adult spinal deformity classification: A validation study // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012. Vol. 37, № 12. P. 1077–1082. doi: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2
30. Михайловский М.В., Сергунин А.Ю. Проксимальные переходные кифозы — актуальная проблема современной вертебрологии // *Хирургия позвоночника*. 2014. Т. 0, № 1. С. 11–23. doi: 10.14531/SS2014.1.11-23
31. Hikata T., Watanabe K., Fujita N., et al. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance // *J Neurosurg Spine*. 2015. Vol. 23, № 4. P. 451–458. doi: 10.3171/2015.1.SPINE14642
32. Raganato R., Pizones J., Yilgor C., et al. Sagittal realignment: surgical restoration of the global alignment and proportion score parameters: a subgroup analysis. What are the consequences of failing to realign? // *Eur Spine J*. 2023. Vol. 32, № 6. P. 2238–2247. doi: 10.1007/s00586-023-07649-w
33. Ikuta K., Sakamoto K., Hotta K., Kitamura T., Senba H., Shidahara S. Predictors for clinical outcomes of tubular surgery for endoscopic decompression in selected patients with lumbar spinal stenosis // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022. Vol. 142, № 10. P. 2525–2532. doi: 10.1007/S00402-021-03845-9
34. Knio Z.O., Schallmo M.S., Wesley H., et al. Unilateral Laminotomy with Bilateral Decompression: A Case Series Studying One- and Two-Year Outcomes with Predictors of Minimal Clinical Improvement // *World Neurosurg*. 2019. Vol. 131. P. e290–e297. doi: 10.1016/J.WNEU.2019.07.144
35. Goyal D.K.C., Divi S.N., Bowles D.R., et al. Does Smoking Affect Short-Term Patient-Reported Outcomes After Lumbar Decompression? // *Glob Spine J*. 2021. Vol. 11, № 5. P. 727–732. doi: 10.1177/2192568220925791
36. Costelloe C.C., Burns S., Yong R.J., Kaye A.D., Urman R.D. An Analysis of Predictors of Persistent Postoperative Pain in Spine Surgery // *Curr Pain Headache Rep*. 2020. Vol. 24, № 4. P. 11. doi: 10.1007/s11916-020-0842-5
37. Holbert S.E., Andersen K., Stone D., Pipkin K., Turcotte J., Patton C. Social Determinants of Health Influence Early Outcomes Following Lumbar Spine Surgery // *Ochsner J*. 2022. Vol. 22, № 4. P. 299–306. doi: 10.31486/toj.22.0066
38. Vieira A.S.M., Baptista A.F., Mendes L., et al. Impact of neuropathic pain at the population level // *J Clin Med Res*. 2014. Vol. 6, № 2. P. 111–9. doi: 10.14740/JOCMR1675W
39. Hiyama A., Katoh H., Nomura S., Sakai D., Watanabe M. The Effect of Preoperative Neuropathic Pain and Nociceptive Pain on Postoperative Pain Intensity in Patients with the Lumbar Degenerative Disease Following Lateral Lumbar Interbody Fusion // *World Neurosurg*. 2022. Vol. 164. P. e814–e823. doi: 10.1016/j.wneu.2022.05.050
40. Vagaska E., Litavcova A., Srotova I., et al. Do lumbar magnetic resonance imaging changes predict neuropathic pain in patients with chronic non-specific low back pain? // *Med (United States)*. 2019. Vol. 98, № 17. P. e15377. doi: 10.1097/MD.00000000000015377
41. Park S.Y., An H.S., Moon S.H., et al. Neuropathic Pain Components in Patients with Lumbar Spinal Stenosis // *Yonsei Med J*. 2015. Vol. 56, № 4. P. 1044–1050. doi: 10.3349/YMJ.2015.56.4.1044
42. Boakye L.A.T., Fourman M.S., Spina N.T., Laudermitch D., Lee J.Y. 'Post-decompressive neuropathy': New-onset post-laminectomy lower extremity neuropathic pain different from the preoperative complaint // *Asian Spine J*. 2018. Vol. 12, № 6. P. 1043–1052. doi: 10.31616/asj.2018.12.6.1043

## AUTHORS' INFO

**Aleksandr V. Krutko**, MD, Dr Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-2570-3066;

eLibrary SPIN: 8006-6351;

e-mail: ortho-ped@mail.ru

**Anton G. Nazarenko**, MD, Dr Sci. (Med.),

professor of Russian Academy of Sciences;

ORCID: 0000-0003-1314-2887;

eLibrary SPIN: 1402-5186;

e-mail: anazarenko@mail.ru

\* **Gleb E. Balichev**;

address: 9 Novospasskiy per., 115172 Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0001-7884-6258;

eLibrary SPIN: 9647-8748;

e-mail: balichev.gleb@gmail.com

**Evgenii S. Baykov**, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-4430-700X;

eLibrary SPIN: 5367-5438;

e-mail: Evgen-bajk@mail.ru

**Olga N. Leonova**, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-9916-3947;

eLibrary SPIN: 4907-0634;

e-mail: onleonova@gmail.com

## ОБ АВТОРАХ

**Крутько Александр Владимирович**, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-2570-3066;

eLibrary SPIN: 8006-6351;

e-mail: ortho-ped@mail.ru

**Назаренко Антон Герасимович**, д-р мед. наук,

профессор РАН;

ORCID: 0000-0003-1314-2887;

eLibrary SPIN: 1402-5186;

e-mail: anazarenko@mail.ru

\* **Балычев Глеб Евгеньевич**;

адрес: Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9;

ORCID: 0000-0001-7884-6258;

eLibrary SPIN: 9647-8748;

e-mail: balichev.gleb@gmail.com

**Байков Евгений Сергеевич**, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-4430-700X;

eLibrary SPIN: 5367-5438;

e-mail: Evgen-bajk@mail.ru

**Леонова Ольга Николаевна**, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-9916-3947;

eLibrary SPIN: 4907-0634;

e-mail: onleonova@gmail.com

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626367>

# Exploring shoulder joint pain: a comparative analysis of dynamic ultrasonography and magnetic resonance imaging

Sparsh Varma, Praveen K. Sharma, Afwaan Faizal, Ajay Lucas

Saveetha Medical College and Hospital, Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences (SIMATS), Chennai, Tamil Nadu, India

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** To evaluate shoulder joint pain, the study concentrated on evaluating the diagnostic accuracy of ultrasonography and magnetic resonance imaging.

**AIM:** By comparing the results from both modalities within the same patient group, the study aimed to identify potential challenges in image interpretation, underscoring the limitations of ultrasonography and magnetic resonance imaging.

**MATERIALS AND METHODS:** Patients with shoulder joint pain were included through purposive sampling. These patients underwent ultrasonography and magnetic resonance imaging, and the results were correlated. Various shoulder pathologies, including tendon tears, bursitis, degenerative changes, calcifications, and impingement, were analyzed.

**RESULTS:** The study comprised 35 patients who underwent ultrasonography and magnetic resonance imaging detecting pathologies such as subscapularis and supraspinatus tendon injuries, partial and full-thickness tears, peribicipital tendon fluid, subcoracoid and subacromial-subdeltoid bursitis, acromioclavicular joint degeneration, tendon calcification, and impingement. Comparative analysis showed varying sensitivities, specificities, positive predictive values, negative predictive values, and accuracy for different pathologies.

**CONCLUSION:** Compared with ultrasonography, magnetic resonance imaging demonstrated greater sensitivity and specificity in identifying conditions causing shoulder pain. Ultrasonography's affordability, real-time capabilities, and ability to compare results with the unaffected side make it a useful first diagnostic step for shoulder pain. Ultrasonography, although a quick and cost-effective initial diagnostic tool, has limitations, including operator dependence and lower sensitivity in certain conditions. In contrast, magnetic resonance imaging is employed as a confirming measure or in instances where diagnosis is challenging. The study emphasized the complementary roles of ultrasonography and magnetic resonance imaging in the diagnosis of shoulder joint pain, with magnetic resonance imaging as the more accurate and complete imaging modality.

**Keywords:** rotator cuff; shoulder joint; magnetic resonance imaging; ultrasonography; shoulder pain.

## To cite this article:

Varma S, Sharma PK, Faizal A, Lucas A. Exploring shoulder joint pain: a comparative analysis of dynamic ultrasonography and magnetic resonance imaging. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):81–89. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626367>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626367>

# Боли в плечевом суставе: сравнительный анализ данных динамической ультрасонографии и магнитно-резонансной томографии

С. Варма, П.К. Шарма, А. Файзал, А. Лукас

Медицинский колледж и больница Савита, Институт медицинских и технических наук Савита (SIMATS), Ченнаи, Тамил Наду, Индия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** При изучении болей в плечевом суставе оценивалась диагностическая точность ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии.

**Цель.** Выявить потенциальные проблемы в интерпретации изображений, полученных с помощью ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии, с указанием их ограничений путём сравнения результатов обоих методов диагностической визуализации в одной и той же группе пациентов.

**Материалы и методы.** В исследование включены пациенты, жалующиеся на боль в плечевом суставе, которых отбирали методом преднамеренной выборки. Все пациенты прошли ультразвуковое исследование и магнитно-резонансную томографию. Результаты обследования впоследствии сравнивались. В ходе исследования оценивали различные патологии плечевого сустава, включая разрывы сухожилий, бурсит, дегенеративные изменения суставов, кальцификаты, импинджмент-синдром.

**Результаты.** В исследование включены 35 пациентов, у которых с помощью ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии были выявлены такие патологии, как повреждения сухожилий подлопаточной и надостной мышцы, частичные и полнослойные разрывы сухожилий, выпот в сухожилии длинной головки двуглавой мышцы плеча, субкоракoidalный и субакромиально-субдельтовидный бурсит, дегенерация акромиально-ключичного сустава, кальцификация сухожилий и импинджмент-синдром. Сравнительный анализ показал различия в чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической ценности, точности обоих методов визуализации при выявлении различных патологий.

**Заключение.** Сравнение данных показало, что магнитно-резонансная томография обладает большей чувствительностью и специфичностью при выявлении заболеваний, вызывающих боль в плече. Однако благодаря доступности, возможности работы в режиме реального времени и сравнения полученных результатов с данными непоражённой области ультразвуковое исследование считается методом визуализации первой линии при оценке состояния плечевых суставов. Тем не менее ультразвуковое исследование имеет ограничения: зависимость от оператора и более низкую чувствительность при определённых состояниях. Магнитно-резонансную томографию целесообразнее использовать в качестве подтверждающего метода или в случаях, когда диагностика затруднена. Данное исследование подчёркивает взаимодополняющую роль ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии в диагностике боли в плечевом суставе, при этом магнитно-резонансная томография является более точным и полным методом визуализации.

**Ключевые слова:** вращательная манжета; плечевой сустав; магнитно-резонансная томография; ультрасонография; боль в плече.

## Как цитировать:

Варма С., Шарма П.К., Файзал А., Лукас А. Боли в плечевом суставе: сравнительный анализ данных динамической ультрасонографии и магнитно-резонансной томографии // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 81–89. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626367>

## BACKGROUND

The scapula and humerus form the ball-and-socket glenohumeral (GH) or shoulder joint. It is a major joint that connects the upper limb to the trunk and has a wide range of movements across various planes. The scapula, clavicle, and humerus make up the shoulder complex. This system is made up of four ingeniously formed joints, namely, the acromioclavicular (AC), GH, sternoclavicular (SC), and a “floating joint” called the scapulothoracic (ST) joint. The upper extremities are joined to the axial skeleton at the thorax via the GH, AC, and SC joints. The scapula may easily follow the curves of the posterior thoracic wall because of the ST joint. Normal shoulder-girdle movements are accomplished by the combined action of these four joints. To offset the unstable bony anatomy, the rotator cuff tendons and a capsule protect the shoulder anteriorly, posteriorly, and superiorly. The tendon may experience “wear and tear” from daily activity. Shoulder pain can arise from various etiologies, including acute trauma and a range of degenerative illnesses associated with impingement syndrome. Shoulder pain is one of the most common complaints in orthopedics, often leading to substantial impairment. Clinical evaluation has lower accuracy than arthroscopy, although many clinical studies have used this to diagnose painful shoulders and are thought to be reliable in locating the site of the periarticular lesions, which are the most prevalent causes of shoulder pain [1, 2]. Shoulder pain is frequently caused by rotator cuff pathologies, particularly tears. Clinical examination has limited usefulness in establishing the management of the underlying cause. The severity of the underlying rotator cuff injury and an appropriate diagnosis determine whether to proceed with conservative therapy or surgery [3, 4]. The excellent accuracy of diagnosing rotator cuff pathology can be attributed to advancements in ultrasonography (USG) resolution, redefined techniques, and a better understanding of pathology. High-resolution USG and magnetic resonance imaging (MRI) are the recommended when evaluating suspected rotator cuff tears. Each technique has advantages and disadvantages. Several crucial factors influence the selection of the optimal modality, including skills, cost-effectiveness, availability, and accuracy [5]. To identify rotator cuff and nonrotator cuff pathologies, USG is a highly sensitive, harmless, less expensive, and non-ionizing approach [6]. It is a supplementary tool for shoulder MRI. High-resolution USG demonstrated >90% sensitivity, accuracy, and specificity in identifying tears of any size, full or partial thickness. High-resolution USG can detect abnormalities that may resemble a rotator cuff rupture, such as tendinosis, tenosynovitis, subacromial-subdeltoid bursitis, calcific tendinosis, and fracture of the greater tuberosity. MRI and USG are now of greater use than arthrography for determining the integrity of the rotator cuff. At this point, MRI is regarded as the “gold standard” for assessing the overall joint structure and detecting internal derangements [6]. MR arthrography is utilized to detect instability [7]. Thus, this study aimed to analyze the

quality of USG with MRI in evaluating shoulder joint pain in the same patient and to identify image interpretation pitfalls and limitations for both USG and MRI.

Aim — to evaluate a patient with shoulder joint pain in terms of assessment by USG as the first line of imaging modality as compared with MRI.

## MATERIALS AND METHODS

### Research design

Patients with pain in their shoulder joints who were sent to our department for investigations underwent a year-long study. Purposive sampling was used.

### Conformity criteria

The study included patients with a history of shoulder joint pain in any setting, regardless of age or sex, and those who had a clinical suspicion of rotator cuff injuries or disorders that affect the shoulder joints. Individuals with a medical history of metallic implants, cardiac pacemakers, foreign bodies, previous shoulder surgeries, or prosthetics, and those who had previously experienced claustrophobia were excluded.

### Research facilities

The study was conducted in the Department of Radiodiagnosis, Saveetha Medical College and Hospital, Chennai, Tamil Nadu. Patients referred for investigational procedures to the Department of Radiodiagnosis, Saveetha Medical College and Hospital found to have shoulder joint pain were examined.

### Medical procedure description

#### Magnetic resonance imaging protocol

The MR procedure was first explained to selected patients. A thorough medical history was obtained. Written informed consent and prior medical records were acquired. Then, patients were positioned and checked for metallic objects. A correlation analysis was performed between the USG and MRI results.

For MRI, a Philips Multiva 1.5 Tesla MRI with an 8-channel SENSE MSK surface coil was used, and the patient was placed in a supine position, focusing on the injured shoulder. The sequences used were proton density images (SPAIR) with 3-mm slice thickness in the axial, coronal oblique, and sagittal planes, T1-weighted imaging in the coronal oblique plane with a 3-mm slice thickness and T2-weighted imaging in the same plane and T2-weighted gradient imaging in the coronal oblique and oblique sagittal planes with a slice thickness of 3 mm. Board-certified radiologists with at least 5 years of expertise in musculoskeletal imaging interpreted the MRI results.

#### Ultrasound examination of the shoulder

Using a 5–12 MHz high-frequency linear transducer, a Philips Affinity 70 ultrasound machine was used to assess

the affected shoulder. The rotator cuff muscles and tendons, posterior side of the joint, and acromioclavicular joint (ACJ) were evaluated in various positions. In addition, a comparison of the contralateral shoulder was made. USG examinations were conducted by experienced sonographers specializing in musculoskeletal imaging, each with a minimum of 5 years of practice in the field. To maintain consistency, all USG examinations were conducted within 1 day of MRI, minimizing potential variations caused by temporal factors.

## Ethical review

The study was approved by Saveetha Medical College Institutional Ethics Committee (No. SMC/IEC/2018/12/002(B) on 11/12/2018). Consent to participate in the study/publication of data for research and educational purposes was obtained.

## RESULTS

The study group comprised 35 patients aged >40 (40–81) years. There were 19 male (54.29%) and 16 female (45.71%) patients, indicating minor male majority. The affected side was the right shoulder in 24 (68.57%) patients and the left shoulder in 11 (31.43%). Thirty-three patients were right-hand dominant, and only two were left-hand dominant. Six patients (17.14%) had a history of shoulder trauma.

USG detected subscapularis pathologies in 8.57% of cases, whereas MRI detected this pathology in 11.4%. For supraspinatus pathologies, the USG pickup rate was 71.43%, whereas the MRI pickup rate was 82.85% (Fig. 1, 2). The detection of subscapularis tendon pathologies had 75% sensitivity, 93.55% specificity, 100% positive predictive value (PPV), 96.877% negative predictive value (NPV), 97.14% accuracy, and a *P*-value of 0.005 (significant).

For supraspinatus tendon pathologies, USG had 82.76% sensitivity, 83.33% specificity, 96.00% PPV, 50.00% NPV, 82.86% accuracy, and a *P*-value of 0.001 (significant) (Fig. 3).

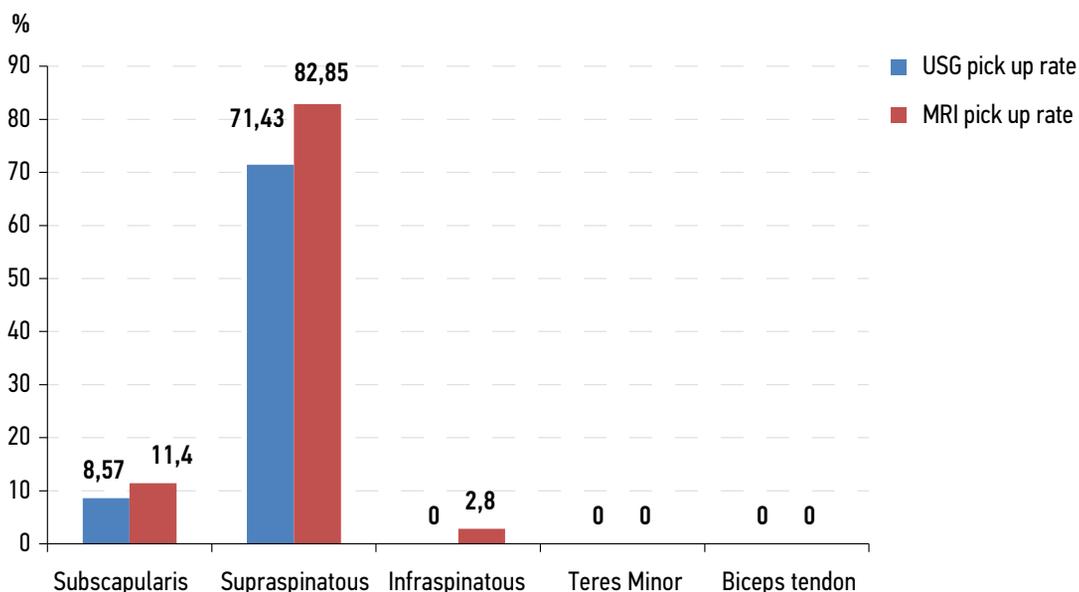
USG had a pickup rate of 34.29% for partial-thickness supraspinatus tears compared with MRI's pickup rate of 37.14% (Fig. 2). USG demonstrated 78.57% sensitivity, 90.47% specificity, 84.61% PPV, 86.36% NPV, 85.71% accuracy, and a *P*-value of <0.001 (significant).

The pickup rate of full-thickness supraspinatus tears by USG was 17.14% compared with the 17.14% pickup rate of MRI (Fig. 2). USG exhibited 100% sensitivity, 100% specificity, 100% PPV, 100% NPV, 100% accuracy, and *P*-value of <0.001 (significant).

The pickup rate of peri-bicipital tendon fluid by USG was 37.14%, compared with the 80% pickup rate of MRI (Table 1). USG had 42.86% sensitivity, 85.71% specificity, 92.31% PPV, 27.27% NPV, 51.43% accuracy, and *P*-value of 0.16 (not significant) (Table 2).

The pickup rates for subcoracoid bursitis and subacromial-subdeltoid bursitis by USG were 17.14% and 37.14%, respectively, compared with the pickup rates of 57.14% and 77.14% by MRI (Table 1). For subcoracoid bursitis, USG had 30.00% sensitivity, 100% specificity, 100% PPV, 57.72% NPV, 60% accuracy, and *P*-value of 0.019 (significant). For subacromial-subdeltoid bursitis, USG had 44.4% sensitivity, 87.50% specificity, 92.31% PPV, and 31.82% NPV, 54.29% accuracy, and *P*-value of 0.10 (not significant) (Table 2).

The pickup rate of ACJ degenerative changes by USG was 11.4% compared with the pickup rate of 51.4% by MRI (Table 1). USG had 22.222% sensitivity, 100% specificity, 100% PPV, 54.844% NPV, 60% accuracy, and *P*-value of 0.038 (significant) (Table 2).



**Fig. 1.** Correlation of USG findings with MRI findings — pathology (tear): an observation.

Note (here and in fig. 2, 3). USG — ultrasonography, MRI — Magnetic resonance imaging.

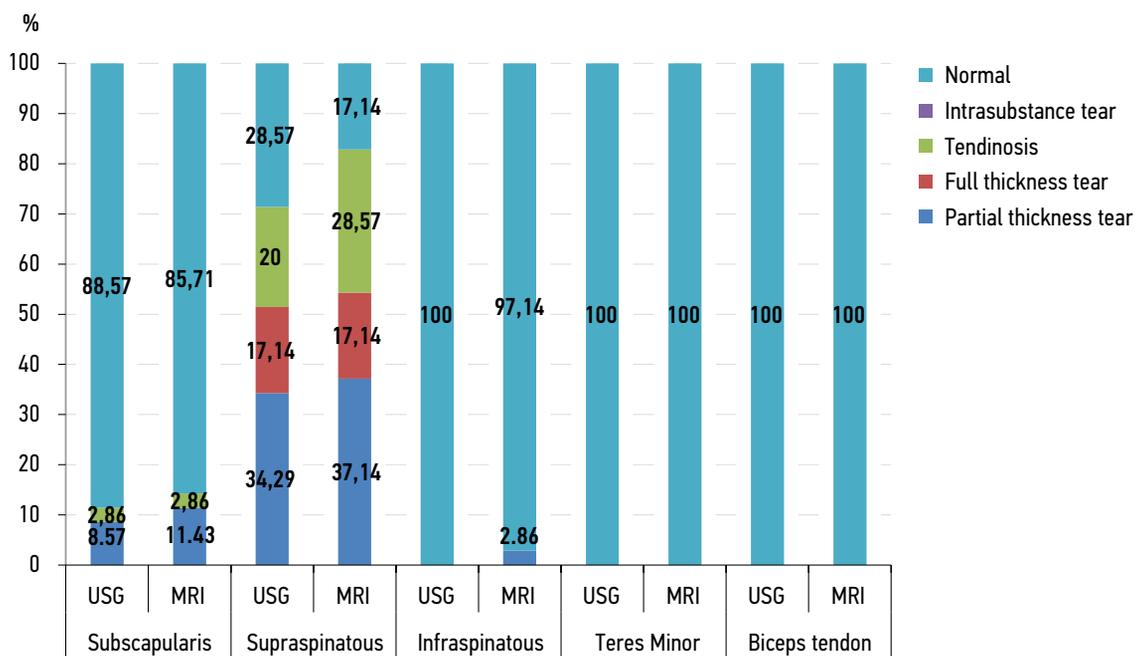


Fig. 2. Detailed correlation of USG findings with MRI findings: pathology (tears).

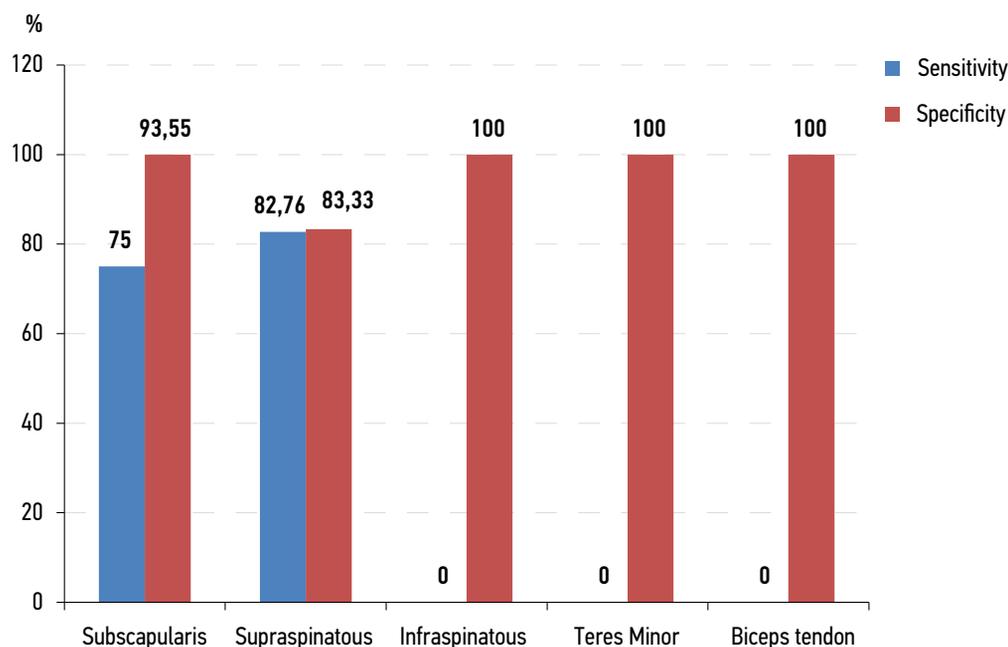


Fig. 3. Correlation of USG findings with MRI findings — pathology (tears): an evaluation.

Table 1. Correlation of USG findings with MRI findings — pathology (others): an observation

Findings	TP	FP	TN	FN	USG pickup rate	MRI pickup rate	Total
Peribicipital tendon fluid	12	1	6	16	37.14	80.00	35
Subcoracoid bursa	6	0	15	14	17.14	57.14	35
Subacromial-subdeltoid bursa	12	1	7	15	37.14	77.14	35
ACJ degeneration	4	0	17	14	11.4	51.4	35
Calcification	4	1	170	0	2.8	2.2	175
Impingement	2	0	66	2	2.6	5.3	70

Note. USG — ultrasonography, MRI — magnetic resonance imaging, TP — true positive, FP — false positive, TN — true negative, FN — false negative, ACJ — acromioclavicular joint.

**Table 2.** Correlation of USG findings with MRI findings — pathology (others): an evaluation

Findings	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	Accuracy	P-value
Peribicipital tendon fluid	42.86	85.71	92.31	27.27	51.43	0.16
Subcoracoid bursa	30.00	100.00	100.00	57.72	60.00	0.019
Subacromial-subdeltoid bursa	44.44	87.50	92.31	31.82	54.29	0.10
ACJ degeneration	22.22	100	100	54.84	60	0.038
Calcification	100.00	99.42	80.00	100.00	99.43	<0.0001
Impingement	50.00	100.00	100	97.06	97.14	<0.0001

Note. USG — ultrasonography, MRI — magnetic resonance imaging, PPV — positive predictive value, NPV — negative predictive value, ACJ — acromioclavicular joint.

The pickup rate of tendon calcification by USG was 2.8% compared with the pickup rate of 2.2% by MRI (Table 1). USG had 100% sensitivity, 99.42% specificity, 80% PPV, 100% NPV, 99.43% accuracy, and *P*-value of <0.0001 (significant) (Table 2).

The pickup rate of impingement by USG was 2.6% compared with the pickup rate of 5.3% by MRI (Table 1). USG had 50% sensitivity, 100% specificity, 100% PPV, 97.06% NPV, 97.14% accuracy, and *P*-value of <0.0001 (significant) (Table 2).

## DISCUSSION

Patients with shoulder pain are evaluated using various methods, such as clinical examination, radiography, USG, CT, MRI, arthrography, and arthroscopy. With MR arthrography, accuracy is at its highest. However, traditional MRI, which is sensitive and particular, cannot be a starting point of inquiry. Nonetheless, USG is a helpful and harmless method that is cost-effective.

According to our analysis, shoulder pain was most frequently caused by rotator cuff issues. Among the diseases were tendinosis and full and partial-thickness tears. In this study, the supraspinatus tendon was the most commonly affected tendon, and conditions associated with this tendon were found in 25 and 29 patients by USG and MRI, respectively. This is similar to the study by Zlatkin et al. [8]. Other pathologies causing shoulder joint pain in our study group included peribicipital tendon fluid, subcoracoid bursitis, subacromial-subdeltoid bursitis, ACJ degeneration, tendon calcifications, and subacromial and subcoracoid impingement.

To assess shoulder joint disorders, USG and MRI are frequently utilized and effectively replace the necessity for traditional arthrography. The 1979 publication on the use of USG in rotator cuff assessment by Seltzer S.E., Finberg H.J., and Weissman B.N. [9] was followed in 1986 by the study by Kneeland J.B., Carrera G.F., and Middleton W.D. [10] regarding MRI. These two techniques have matured as a result of technological advancements and discoveries in the anatomical and pathologic properties of the rotator cuff.

In 2001, Martin-Hervas C. et al. used MRIs and USGs to evaluate every patient who reported shoulder pain. According to their findings, full-thickness tear diagnosis was precise on both imaging modalities (100% for USG and 97.1% for MRI) but not sensitive (67.9% for USG and 75.5% for MRI). Because of its specificity, they believe that USG should be a promising imaging method for the initial evaluation of all shoulder joints that cause pain. However, because of the low sensitivity, an additional MRI is required [11].

Bryant L. et al. (2002) examined the ability to use clinical estimation, diagnostic USG, MRI, and arthroscopy to determine the size of rotator cuff tears. The results of open surgery were compared with estimates of the rotator cuff tears in 33 consecutive individuals suspected of having one. The best association was found between the estimated size of the rotator cuff tear from arthroscopy and the actual size of the tear (Pearson correlation coefficient,  $r=0.92$ ;  $p < 0.001$ ). MRI ( $r=0.74$ ;  $p < 0.001$ ) was comparable to USG ( $r=0.73$ ;  $p < 0.001$ ) [12].

Ostlere S. (2003) stated that plain radiographs are helpful as a first screening tool for patients with shoulder joint pain. USG and MRI are the best methods for identifying rotator cuff illness. USG is ideal for providing flexible access to instant-access clinics. MR or CT arthrography is required to investigate instabilities [13].

Martinoli et al. (2003) suggested that USG is noninvasive, quick, and cheap, allowing for greater resolution and the capacity to analyze tissues in both dynamic and static states with the patient in different positions. This warrants the broader use of USG in evaluating nonrotator cuff pathologies [14].

Middleton et al. (2004) examined 108 cases of shoulder joint pain with a clinically suspected rotator cuff injury. After USG and MRI, the patients completed satisfaction questionnaires. The satisfaction levels were greater for 54 patients in USG, 13 in MRI, and both in 50 patients ( $p < 0.001$ ). Ten patients were not willing to have an MRI ( $p=0.002$ ), whereas all patients were willing to have repeat USG. Eight patients preferred MRI, 93 preferred sonography, and 17 patients had no preference. The study found that most shoulder pain patients preferred USG over MRI [15].

Vlychou M. et al. (2009) evaluated 56 individuals with symptomatic impingement syndrome; all patients had USG scans and MRIs before surgery. The two imaging modalities identified 44 instances of partial supraspinatus tendon injuries. Results for USG imaging showed 95.6% sensitivity, 70% specificity, 91% accuracy, and 93.6% positive predictive accuracy. For MRI, the corresponding figures were 91.7%, 63.6%, 91%, and 97.7%, respectively. They concluded that USG, which focuses mainly on the supraspinatus tendon, is nearly as valuable as MRI in identifying partial rotator cuff injuries. When surgical intervention is required before placing nearby structures, MRI may be saved for uncertain or complicated instances [16].

Zlatkin M.B. et al. conducted MRI studies on painful shoulders and reported that rotator cuff tears in 51% of patients are associated with type 3 acromia, os acromiale, or anteroinferior bone spurs. By employing traditional MRI, they ascertained that the sensitivity, specificity, and accuracy of rotator cuff injuries, whether partial or total, were 91%, 88%, and 89%, respectively [8].

The study's focus remains on evaluating the diagnostic accuracy of MRI and USG in identifying various shoulder pathologies associated with joint pains. Comparative analysis revealed the superiority of MRI in accuracy, sensitivity, and specificity, particularly in identifying full-thickness tears, bursitis, and ACJ degenerative changes. Conversely, USG demonstrated value in diagnosing partial-thickness tears, exhibiting comparable sensitivity and specificity to MRI. The discussion underscores the complementary roles of both modalities, with MRI providing detailed anatomical insights and USG offering real-time assessment with minimal patient preparation. Acknowledging study limitations, including potential operator-dependent variability in USG and the need for further research to validate findings across diverse patient populations, emphasizes the need for future investigations to address remaining gaps in knowledge comprehensively. Ultimately, the study underscores the importance of leveraging the strengths of MRI and USG to optimize diagnostic accuracy and facilitate tailored treatment strategies for patients presenting with shoulder pain.

## CONCLUSION

In assessing labral and capsular conditions, USG is less sensitive than MRI. USG has a high sensitivity of 78.57% and specificity of 90.47% for partial-thickness tears and sensitivity of 100.0% and specificity of 100% for complete-thickness

## REFERENCES

1. Naredo E, Aguado P, De Miguel E, et al. Painful shoulder: comparison of physical examination and ultrasonographic findings. *Ann Rheum Dis.* 2002;61(2):132–6. doi: 10.1136/ard.61.2.132

tears. The most precise and sensitive diagnostic method for shoulder pain is MRI. It can be employed in troublesome cases with an uncertain USG diagnosis. USG can be nearly as practical as MRI when assessing rotator cuff injuries. A well-performed USG is a quick and inexpensive primary diagnostic technique that can adequately screen all bothersome shoulder joints; however, it is operator dependent. Because MRI has a lesser chance of artifacts and gives more information on the extent of tendons, it is used.

## 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. S. Varma — study design, collection of data, data analysis, and writing of the manuscript; P.K. Sharma — writing of the manuscript, sourcing and editing of clinical images, critical review, and investigation results; A. Faizal — sourcing and editing clinical images, investigation results, critical review and revision; A. Lucas — investigation results, critical review and revision.

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

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

## 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: С. Варма — дизайн исследования, сбор и анализ данных и написание рукописи; П.К. Шарма — написание рукописи, поиск и редактирование клинических изображений, критический обзор и результаты исследований; А. Файзал — поиск и редактирование клинических изображений, результаты исследований, критический обзор и доработка статьи; А. Лукас — результаты исследования, критический обзор и доработка 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.

2. Nørregaard J, Krogsgaard MR, Lorenzen T, Jensen EM. Diagnosing patients with longstanding shoulder joint pain. *Ann Rheum Dis.* 2002;61(7):646–9. doi: 10.1136/ard.61.7.646

3. Naqvi GA, Jadaan M, Harrington P. Accuracy of ultrasonography and magnetic resonance imaging for detection of full thickness rotator cuff tears. *Int J Shoulder Surg.* 2009;3(4):94–7. doi: 10.4103/0973-6042.63218
4. Rutten MJ, Spaargaren GJ, van Loon T, et al. Detection of rotator cuff tears: the value of MRI following ultrasound. *Eur Radiol.* 2010;20(2):450–7. doi: 10.1007/s00330-009-1561-9
5. Teefey SA, Hasan SA, Middleton WD, et al. Ultrasonography of the rotator cuff. A comparison of ultrasonographic and arthroscopic findings in one hundred consecutive cases. *Bone Joint Surg Am.* 2000;82(4):498–504.
6. Moosikasuwan JB, Miller TT, Burke BJ. Rotator Cuff Tears: Clinical, Radiographic, and US Findings. *Radiographics.* 2005;25(6):1591–607. doi: 10.1148/rg.256045203
7. Massengill AD, Seege LL, Yao L, et al. Labrocapsular ligamentous complex of the shoulder: Normal Anatomy, Anatomic Variation and Pitfalls of MR Imaging and MR Arthrography. *Radiographics.* 1994;14(6):1211–23. doi: 10.1148/radiographics.14.6.7855336
8. Zlatkin MB, Iannotti JP, Roberts MC. Rotator cuff tears: diagnostic performance of MR imaging. *Radiology.* 1989;172(1):223–9. doi: 10.1148/radiology.172.1.2740508
9. Seltzer SE, Finberg HJ, Weissman BN, Kido DK, Collier BD. Arthrosonography: gray-scale ultrasound evaluation of the shoulder. *Radiology.* 1979;132(2):467–8. doi: 10.1148/132.2.467
10. Kneeland JB, Middleton WD, Carrera GF, et al. MR imaging of the shoulder: diagnosis of rotator cuff tears. *AJR Am J Roentgenol.* 1987;149(2):333–337. doi: 10.2214/ajr.149.2.333
11. Martin-Hervas C, Romero J, Navas-Acien A, Reboiras JJ, Munuera L. Ultrasonographic and magnetic resonance imaging of rotator cuff lesions compared with arthroscopy or open surgery findings. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10(5):410–5. doi: 10.1067/mse.2001.116515
12. Bryant L, Shiner R, Bryant C, Murrell GA. A Comparison of clinical estimation; ultrasonography, magnetic resonance imaging and arthroscopy in determining the size of rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow.* 2002;11(3):219–24. doi: 10.1067/mse.2002.121923
13. Ostlere S. Imaging the shoulder. *Imaging.* 2003;15:162–73.
14. Martinoli C, Bianchi S, Prato N, et al. US of the Shoulder: Non-Rotator cuff Disorders. *Radiographics.* 2003;23(2):381–401. doi: 10.1148/rg.232025100
15. Middleton WD, Payne WT, Teefey SA, et al. Sonography and MRI of the Shoulder: Comparison of Patient Satisfaction. *Am J Roentgenol.* 2004;183(5):1449–52. doi: 10.2214/ajr.183.5.1831449
16. Vlychou M, Dailiana Z, Fotiadou A, et al. Symptomatic Partial Rotator Cuff Tears: Diagnostic Performance of Ultrasound and Magnetic Resonance Imaging with Surgical Correlation. *Acta Radiol.* 2009;50(1):101–5. doi: 10.1080/02841850802600764

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Naredo E, Aguado P, De Miguel E, et al. Painful shoulder: comparison of physical examination and ultrasonographic findings // *Ann Rheum Dis.* 2002. Vol. 61, № 2. P. 132–6. doi: 10.1136/ard.61.2.132
2. Nørregaard J, Krogsgaard M.R., Lorenzen T., Jensen E.M. Diagnosing patients with longstanding shoulder joint pain // *Ann Rheum Dis.* 2002. Vol. 61, № 7. P. 646–9. doi: 10.1136/ard.61.7.646
3. Naqvi G.A., Jadaan M., Harrington P. Accuracy of ultrasonography and magnetic resonance imaging for detection of full thickness rotator cuff tears // *Int J Shoulder Surg.* 2009. Vol. 3, № 4. P. 94–7. doi: 10.4103/0973-6042.63218
4. Rutten M.J., Spaargaren G.J., van Loon T., et al. Detection of rotator cuff tears: the value of MRI following ultrasound // *Eur Radiol.* 2010. Vol. 20, № 2. P. 450–7. doi: 10.1007/s00330-009-1561-9
5. Teefey S.A., Hasan S.A., Middleton W.D., et al. Ultrasonography of the rotator cuff. A comparison of ultrasonographic and arthroscopic findings in one hundred consecutive cases // *Bone Joint Surg Am.* 2000. Vol. 82, № 4. P. 498–504.
6. Moosikasuwan J.B., Miller T.T., Burke B.J. Rotator Cuff Tears: Clinical, Radiographic, and US Findings // *Radiographics.* 2005. Vol. 25, № 6. P. 1591–607. doi: 10.1148/rg.256045203
7. Massengill A.D., Seege L.L., Yao L., et al. Labrocapsular ligamentous complex of the shoulder: Normal Anatomy, Anatomic Variation and Pitfalls of MR Imaging and MR Arthrography // *Radiographics.* 1994. Vol. 14, № 6. P. 1211–23. doi: 10.1148/radiographics.14.6.7855336
8. Zlatkin M.B., Iannotti J.P., Roberts M.C. Rotator cuff tears: diagnostic performance of MR imaging // *Radiology.* 1989. Vol. 172, № 1. P. 223–9. doi: 10.1148/radiology.172.1.2740508
9. Seltzer S.E., Finberg H.J., Weissman B.N., Kido D.K., Collier B.D. Arthrosonography: gray-scale ultrasound evaluation of the shoulder // *Radiology.* 1979. Vol. 132, № 2. P. 467–8. doi: 10.1148/132.2.467
10. Kneeland J.B., Middleton W.D., Carrera G.F., et al. MR imaging of the shoulder: diagnosis of rotator cuff tears // *AJR Am J Roentgenol.* 1987. Vol. 149, № 2. P. 333–337. doi: 10.2214/ajr.149.2.333
11. Martin-Hervas C., Romero J., Navas-Acien A., Reboiras J.J., Munuera L. Ultrasonographic and magnetic resonance imaging of rotator cuff lesions compared with arthroscopy or open surgery findings // *J Shoulder Elbow Surg.* 2001. Vol. 10, № 5. P. 410–5. doi: 10.1067/mse.2001.116515
12. Bryant L., Shiner R., Bryant C., Murrell G.A. A Comparison of clinical estimation; ultrasonography, magnetic resonance imaging and arthroscopy in determining the size of rotator cuff tears // *J Shoulder Elbow.* 2002. Vol. 11, № 3. P. 219–24. doi: 10.1067/mse.2002.121923
13. Ostlere S. Imaging the shoulder // *Imaging.* 2003. Vol. 15. P. 162–73.
14. Martinoli C., Bianchi S., Prato N., et al. US of the Shoulder: Non-Rotator cuff Disorders // *Radiographics.* 2003. Vol. 23, № 2. P. 381–401. doi: 10.1148/rg.232025100
15. Middleton W.D., Payne W.T., Teefey S.A., et al. Sonography and MRI of the Shoulder: Comparison of Patient Satisfaction // *Am J Roentgenol.* 2004. Vol. 183, № 5. P. 1449–52. doi: 10.2214/ajr.183.5.1831449
16. Vlychou M., Dailiana Z., Fotiadou A., et al. Symptomatic Partial Rotator Cuff Tears: Diagnostic Performance of Ultrasound and Magnetic Resonance Imaging with Surgical Correlation // *Acta Radiol.* 2009. Vol. 50, № 1. P. 101–5. doi: 10.1080/02841850802600764

## AUTHORS' INFO

**Sparsh Varma, MD;**  
ORCID: 0000-0002-7211-0378;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

**Praveen K Sharma, MD;**  
ORCID: 0000-0002-4096-140X;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

**\* Afwaan Faizal;**  
Address: Saveetha Nagar, Thandalam, Chennai Bengaluru, NH 48,  
Chennai, Tamil Nadu 602105, India;  
ORCID: 0009-0000-9664-6698;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

**Ajay Lucas;**  
ORCID: 0009-0000-8522-3702;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

## ОБ АВТОРАХ

**Спарш Варма;**  
ORCID: 0000-0002-7211-0378;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

**Правин К. Шарма;**  
ORCID: 0000-0002-4096-140X;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

**\* Афваан Файзал;**  
адрес: Савита Нагар, Тандалам, Ченнаи, Бангалор, NH 48,  
Ченнаи, Тамил Наду 602105, Индия;  
ORCID: 0009-0000-9664-6698;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

**Аджай Лукас;**  
ORCID: 0009-0000-8522-3702;  
e-mail: radsaveetha@gmail.com

---

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611077>

# Аваскулярный некроз головки бедренной кости в сочетании с септическим артритом тазобедренного сустава

Д.С. Кудашев, Г.Н. Светлова, М.Ю. Сефединова, С.Д. Зуев-Ратников, А.А. Князев

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Крайне редкой и не всегда своевременно диагностируемой патологией является сочетанное течение аваскулярного некроза головки бедренной кости и септического артрита тазобедренного сустава. Анализ специализированной зарубежной литературы выявил всего несколько описаний клинических случаев комбинированного поражения тазобедренного сустава (аваскулярный некроз головки бедренной кости и септический артрит). Однако в указанных работах отсутствует описание алгоритмов оперативного лечения пациентов. При анализе источников отечественной литературы за последние 10 лет мы не встретили описания подобных клинических случаев.

**Описание клинического случая.** У пациента С., 38 лет, диагностирован аваскулярный некроз головки бедренной кости с сопутствующим септическим артритом тазобедренного сустава. В предоперационном периоде проведена диагностическая пункция тазобедренного сустава с последующим цитологическим и микробиологическим исследованием синовиальной жидкости. Получен рост штамма *Staphylococcus aureus*. В связи с тем, что проведение первичного эндопротезирования тазобедренного сустава в данном случае противопоказано, а изолированное консервативное лечение бактериального артрита усугубляет течение аваскулярного некроза, пациенту проведено двухэтапное оперативное лечение. Первый этап — резекция головки бедренной кости с установкой шаровидного цементного спейсера, импрегнированного антибиотиками; второй этап — после купирования воспалительного процесса выполнение тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Послеоперационный период после каждого хирургического этапа протекал без осложнений. Удалось добиться эрадикации микроорганизма, ликвидировать хронический воспалительный процесс, что было подтверждено клинически и лабораторно, обеспечить возможность выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава и в конечном счёте восстановить опороспособность конечности, объём движения в суставе и качество жизни пациента.

**Заключение.** Представленное клиническое наблюдение подтверждает необходимость проведения детальной диагностики у пациентов с нетипичным течением аваскулярного некроза головки бедренной кости и демонстрирует один из успешных вариантов тактики лечения в подобных случаях.

**Ключевые слова:** аваскулярный некроз головки бедренной кости; остеонекроз; септический артрит; спейсер; ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава; клинический случай.

## Как цитировать:

Кудашев Д.С., Светлова Г.Н., Сефединова М.Ю., Зуев-Ратников С.Д., Князев А.А. Аваскулярный некроз головки бедренной кости в сочетании с септическим артритом тазобедренного сустава // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 91–100. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611077>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611077>

# Avascular necrosis of the femoral head in combination with septic arthritis of the hip joint

Dmitriy S. Kudashev, Galina N. Svetlova, Maria Yu. Sefedinova, Sergey D. Zuev-Ratnikov, Andrey A. Knyazev

Samara State Medical University, Samara, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The combined course of avascular necrosis of the femoral head and septic arthritis of the hip joint is extremely rare and not always timely diagnosed. Analysis of specialized foreign literature revealed only single descriptions of clinical cases of combined lesions of the hip joint (avascular necrosis of the femoral head and septic arthritis). However, these studies do not describe the surgical treatment algorithms of patients. While analyzing the sources of domestic literature for the last 10 years, we did not encounter descriptions of such clinical cases.

**CLINICAL CASE DESCRIPTION:** A 38-year-old patient was diagnosed with avascular necrosis of the femoral head with concomitant septic arthritis of the hip joint. During the preoperative period, a diagnostic puncture of the hip joint with subsequent cytologic and microbiological examination of synovial fluid was performed. Growth of the *Staphylococcus aureus* strain was observed. Because primary hip arthroplasty was contraindicated and isolated conservative treatment of bacterial arthritis aggravated the course of avascular necrosis, the patient underwent two-stage surgical treatment. The first stage was femoral head resection with installation of a spherical cement spacer impregnated with antibiotics, and the second stage was total hip arthroplasty after the inflammatory process had subsided. The postoperative period of each surgical stage proceeded without complications. It was possible to achieve microorganism eradication; eliminate the chronic inflammatory process, which was confirmed clinically and laboratory; ensure the possibility of total hip arthroplasty; and restore the limb-bearing capacity, extent of motion in the joint, and quality of life of the patient.

**CONCLUSION:** The clinical observation confirms the need for detailed diagnosis in patients with an atypical course of avascular necrosis of the femoral head and demonstrates a successful treatment option in such cases.

**Keywords:** avascular necrosis of the femoral head; osteonecrosis; AVN of the hip; septic arthritis; spacer; revision hip replacement; case report.

## To cite this article:

Kudashev DS, Svetlova GN, Sefedinova MYu, Zuev-Ratnikov SD, Knyazev AA. Avascular necrosis of the femoral head in combination with septic arthritis of the hip joint. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):91–100. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611077>

Received: 19.10.2023

Accepted: 28.11.2023

Published online: 04.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Аваскулярный остеонекроз головки бедренной кости (АНГБК), или асептический некроз, — тяжёлое поражение, характеризующееся формированием некроза костной ткани, приводящее к развитию вторичного остеоартроза тазобедренного сустава с последующей инвалидизацией пациентов [1, 2]. В подавляющем большинстве случаев данная патология развивается у лиц молодого, трудоспособного возраста (средний возраст — 35–45 лет), что выражено сказывается на их трудоспособности и качестве жизни [3–5]. Этиология АНГБК включает в себя различные общие и местные факторы, среди которых в качестве наиболее значимых выделяют следующие: перенесённая травма (как значительная однократная, так и серия хронических микротравматизаций), хронические интоксикации, врождённые и приобретённые коагулопатии, длительный приём ряда лекарственных препаратов, в том числе глюкокортикостероидов (ГКС) [6]. Следует отметить, что в настоящее время остеонекроз, в том числе с поражением головки бедренной кости, рассматривают как одно из патологических проявлений синдрома «длительного COVID-19» (long COVID-19), наблюдающееся у 5–58% пациентов, перенёвших тяжёлую форму COVID-19 [3].

Характерно, что прогноз прогрессии заболевания ассоциируется с размером патологических изменений: поражения, захватывающие менее 15% головки бедренной кости, могут полностью восстановиться на фоне лечения, а поражения, занимающие более 50% головки бедра, с высокой вероятностью прогрессируют до коллапса и в итоге требуют тотального эндопротезирования сустава. При этом более чем 50% пациентам в первые 3 года после начала заболевания выполняется тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава [7].

Септический артрит в изолированном варианте представляет собой заболевание, характеризующееся непосредственной инвазией синовиальной оболочки микроорганизмами, наиболее часто бактериями [9]. Ведущим этиологическим агентом является *Staphylococcus aureus* (до 80%), при этом в последнее время увеличивается количество штаммов *Staphylococcus aureus*, резистентных к метициллину (Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA) [9, 10]. Септический артрит нередко осложняет течение аутоиммунных и системных заболеваний соединительной ткани, наиболее часто ревматоидного артрита, подагрического артрита, а также остеомиелитического процесса и последствий травм крупных суставов. Несвоевременная диагностика бактериального артрита или её отсутствие может привести к выраженным деструктивным изменениям суставных поверхностей с формированием обширных хрящевых и костных дефектов, анкилозу [11, 12].

Крайне редким и не всегда своевременно диагностируемым является сочетанное течение аваскулярного некроза головки бедренной кости и септического артрита

тазобедренного сустава. При анализе зарубежной литературы мы встретили всего несколько описаний клинических случаев комбинированного поражения тазобедренного сустава (АНГБК и септический артрит) у пациентов с иммуносупрессивными или онкологическими заболеваниями [13]. Однако в указанных работах отсутствует описание алгоритмов оперативного лечения пациентов. В систематическом обзоре, посвящённом наблюдению ряда случаев аваскулярного остеонекроза головки бедренной кости у пациентов, перенёвших COVID-19, коллективом авторов проанализировано 104 клинических случая, из которых сопутствующий септический артрит наблюдался лишь в 4,4% [14–16]. При анализе источников отечественной литературы за последние 10 лет мы не встретили описания подобных клинических случаев.

## ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Пациент С., 1985 года рождения, 5 октября 2021 года поступил в COVID-госпиталь Центральной районной больницы по месту жительства с жалобами на лихорадку, кашель с отхождением мокроты, общее недомогание, слабость. При дообследовании диагностирована двусторонняя пневмония. Было начато консервативное лечение согласно актуальным на тот момент временным клиническим рекомендациям, включая системное применение глюкокортикостероидов. Дебют болевого синдрома в области левого бедра пациент отметил спустя 2 недели от старта заболевания. Боль локализовалась в области проксимального отдела левого бедра с иррадиацией в левый коленный сустав, левую голень, носила выраженный и постоянный характер. В последующем болевой синдром привёл к резкому ограничению опороспособности конечности. Пациент проводил самостоятельное лечение нестероидными противовоспалительными средствами (НПВС), анальгетиками; после обращения в лечебное учреждение по месту жительства ему были назначены лечение бета-метазоном 1 мл внутримышечно однократно и курс НПВС внутримышечно № 5. На этом фоне пациент стал отмечать улучшение.

С ноября 2022 года пациента вновь стали беспокоить боли в области левой нижней конечности в покое и при нагрузке. Болевой синдром пациент купировал самостоятельно приёмом НПВС. Амбулаторно была выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ) поясничного отдела позвоночника, пациент консультирован нейрохирургом, и ему была назначена терапия дексаметазоном в/в № 7. На фоне лечения стал отмечать улучшение общего самочувствия. Спустя месяц эпизод болевого синдрома повторился вновь и был впервые сопряжён с повышением температуры тела до 38,5 °С. С 28 декабря 2022 г. находился на стационарном лечении в нейрохирургическом отделении, где получал консервативную терапию (ГКС, антибактериальная терапия, НПВС) без выраженного клинического эффекта. Повторно была выполнена МРТ

поясничного отдела позвоночника с захватом тазобедренных суставов, по результатам которой впервые было диагностировано двустороннее поражение головок обеих бедренных костей.

На фоне постоянных эпизодов лихорадки, а также учитывая высокие эпидемиологические риски того периода времени пациенту вновь была проведена компьютерная томография органов грудной клетки и диагностирован рецидив двусторонней пневмонии, с высокой вероятностью вирусного генеза. На фоне отсутствия положительной динамики 19.01.2023 г. пациент был госпитализирован в инфекционное отделение клиник Самарского государственного медицинского университета (СамГМУ). В это время боли в области левого тазобедренного сустава усилились, и пациент для передвижения начал использовать дополнительные средства опоры. Эпизоды повышения температуры тела сохранялись до субфебрильных цифр. При поступлении отмечены изменения в клинико-лабораторных показателях: лейкоциты —  $9,7 \times 10^9/\text{л}$ , С-реактивный белок (СРБ) — 162,2 мг/л, скорость оседания эритроцитов (СОЭ) — 33 мм/час.

На фоне эмпирической антибактериальной терапии было отмечено снижение уровня лабораторных показателей маркеров воспаления — СРБ, количества лейкоцитов, уровня прокальцитонина. В процессе лечения пациент был консультирован травматологом-ортопедом, которым был поставлен диагноз — асептический некроз головок бедренных костей: слева — III степени, справа — I степени (по ARCO). Вторичный остеоартроз тазобедренного сустава III степени (Kellgren–Lawrence) (рис. 1).



**Рис. 1.** Рентгенограмма тазобедренного сустава пациента С., 38 лет, в прямой проекции до операции.

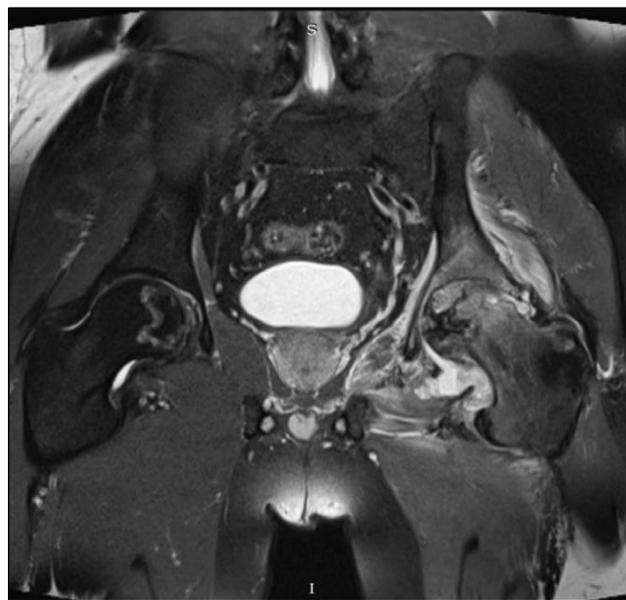
**Fig. 1.** Preoperative radiograph of the hip joint in direct projection of patient S., 38 years old.

В связи с невозможностью выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, обусловленной крайне высоким риском инфекционных осложнений, пациенту была назначена комплексная консервативная терапия.

В марте 2023 года пациент был госпитализирован в хирургическое отделение № 2 клиники пропедевтической хирургии (отделение гнойной хирургии) клиник СамГМУ с подозрением на септический коксит слева, некроз головки левой бедренной кости. При поступлении уровень лейкоцитов составлял  $11,3 \times 10^9/\text{л}$ , СРБ — 97,3 мг/л, СОЭ — 24 мм/час. Дополнительные инструментальные исследования не выявили септических очагов иной локализации. При повторном проведении МРТ тазобедренных суставов были выявлены следующие изменения: резко выраженный синовит, выраженная гипертрофия суставной капсулы, отёк периартикулярных мягких тканей, не свойственные для типичной картины АНГБК (рис. 2).

С целью оценки клинико-функционального статуса пациента нами были использованы шкалы-опросники: Harris Hip Score (результат пациента — 17 баллов), визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ) (8–9 баллов).

Неоднократно вставал вопрос о проведении резекции головки левой бедренной кости в качестве единственного возможного варианта санации септического очага. Учитывая, что основными предикторами, указывающими на неасептический характер процесса, оставались эпизоды лихорадки, стойкое повышение маркеров воспаления, а также беря во внимание декорреляцию лабораторных показателей, клинических и инструментальных методов исследования, не характерных для аваскулярного остеонекроза,



**Рис. 2.** Предоперационная магнитно-резонансная томограмма тазобедренных суставов пациента С., 38 лет, в коронарной проекции.

**Fig. 2.** Preoperative MRI of hip joints in coronary projection of patient S., 38 years old.

было принято решение о более детальной диагностике и подтверждении бактериальной природы заболевания. С помощью пункционной аспирации синовиальной жидкости тазобедренного сустава под рентгеноскопическим контролем был произведён забор материала. Макроскопически синовиальная жидкость без взвеси, патологических включений, фибрина, геморрагического компонента. Тест на лейкоцитарную эстеразу положительный. Бактериологическое исследование верифицировало микробную контаминацию *Staphylococcus aureus*. Лабораторные показатели продолжали демонстрировать рост маркеров воспаления: СРБ — 152,1 мг/л, СОЭ — 25 мм/час. Учитывая нестандартность клинической ситуации и отсутствие известных алгоритмов лечения в подобных клинических случаях, было принято решение о проведении пациенту двухэтапного оперативного лечения: первый этап (санирующий/резекционный) — резекция головки бедренной кости с установкой шаровидного цементного спейсера, импрегнированного антибиотиками; второй этап (реконструктивный/пластический), после купирования воспалительного процесса, — тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

### Первый этап оперативного лечения

Операция выполнена 05.05.2023 г. Произведён доступ к капсуле сустава. При ревизии наблюдается гипертрофия последней, периартикулярных мягких тканей. После капсулотомии в рану выделилось обильное количество мутной синовиальной жидкости с геморрагическим компонентом (более 50 мл). Интраоперационный тест на лейкоцитарную эстеразу положительный. Интраоперационное цитологическое исследование синовиальной жидкости: цитоз — 22 543 с преобладанием нейтрофилов (91,3%). Иссечённые параартикулярные ткани отправлены на гистологическое экспресс-исследование: при подсчёте в пяти полях зрения с увеличением  $\times 400$  выявлены полиморфноядерные нейтрофилы с чётко определяемой цитоплазматической границей в количестве значительно более пяти элементов.

Головка и шейка бедра вывихнуты в операционную рану. Суставной хрящ головки бедренной кости практически отсутствует, качество костной ткани головки, шейки и проксимального метаэпифиза бедренной кости резко снижено. При осуществлении вывиха произошёл патологический перелом (продольный раскол) в области шейки бедренной кости. Был произведён остеосинтез металлофиксатором (винтом). Выполнена шаблонная резекция шейки бедра, головка удалена. Произведено освобождение вертлужной впадины от фиброзно изменённых мягких тканей, с помощью риммеров осуществлено удаление патологически изменённого суставного хряща и субхондральной костной ткани вертлужной впадины. Перед установкой спейсера выполнены санация, ультразвуковая кавитация вертлужной впадины, параартикулярных тканей с раствором бетадина (в концентрации 1,3 г/л). К костному цементу Surgical Simplex P (40 г) добавлено

2 г порошка ванкомицина и 2 г порошка цефтриаксона, и смоделирован шаровидный спейсер. В качестве ориентира для формирования спейсера необходимого диаметра мы использовали риммер, которым предварительно определили диаметр вертлужной впадины (в нашем случае диаметр составлял 47 мм). Сформированный спейсер помещён в вертлужную впадину. После вправления проведена ревизия: объём пассивных движений в пределах физиологической нормы, тенденции к миграции спейсера нет. Операция завершена послойным ушиванием раны без оставления дренажей. На контрольной рентгенограмме определяется цементный шаровидный спейсер в вертлужной впадине (рис. 3).

В послеоперационном периоде пациенту назначена парентеральная антибактериальная терапия: ванкомицин 1,0 г в/в 2 раза в день, рифампицин 300,0 мг в/в 2 раза в день. Лабораторный контроль на вторые сутки после оперативного вмешательства: СРБ — 26,7 мг/л, фибриноген — 4,72 г/л, СОЭ — 47 мм/ч. На 11-е сутки после оперативного вмешательства: СРБ — 20,2 мг/л, фибриноген — 4,0 г/л, СОЭ — 25 мм/ч. Рана зажила первичным натяжением, пациент выписан на 16-е сутки после операции.

При выписке пациенту назначена амбулаторная схема пероральной антибактериальной терапии: ципрофлоксацин 750 мг 2 раза в день, рифампицин 450 мг 2 раза в день в течение 6 недель. На амбулаторном этапе пациент стал отмечать снижение болевого синдрома, передвигался с помощью костылей, эпизодов повышения температуры тела не наблюдалось. В динамике — стойкое снижение лабораторных маркеров системного воспаления: через 3 недели после операции СРБ — 15,4 мг/л, фибриноген — 3,53 г/л, СОЭ — 23 мм/ч. Через 6 недель



Рис. 3. Послеоперационная контрольная рентгенограмма пациента С., 38 лет, на 5-е сутки после операции.

Fig. 3. Postoperative control radiograph on the 5<sup>th</sup> day after the operation of patient S., 38 years old.

после операции СРБ — 13,2 мг/л, фибриноген — 2,8 г/л, СОЭ — 18 мм/ч. Через 9 недель после операции СРБ — 8,0 мг/л, фибриноген — 2,8 г/л, СОЭ — 13 мм/ч. Оценка по шкале Harris Hip Score — 36 баллов, по ВАШ — 4–5 баллов. Оценка указанных клинико-лабораторных данных позволила предположить купирование воспалительного процесса. Для подтверждения этого амбулаторно была выполнена пункция тазобедренного сустава под рентгеноскопическим контролем для лабораторной оценки синовиальной жидкости. Экспресс-тест на лейкоцитарную эстеразу отрицательный, микробиологический анализ синовиальной жидкости — без роста. На контрольной МРТ тазобедренного сустава признаки артрита также отсутствовали (рис. 4).

Учитывая положительную динамику, купирование воспалительного процесса, нормализацию лабораторных показателей, пациенту в плановом порядке проведён второй этап оперативного лечения — тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

### Второй этап оперативного лечения

Операция выполнена 19.07.2023 г. Проведён доступ к капсуле сустава и проксимальному отделу бедра в проекции послеоперационного рубца с иссечением последнего. Выполнено иссечение рубцовых и фиброзно изменённых параартикулярных мягких тканей. Интраоперационное исследование синовиальной жидкости: тест на лейкоцитарную эстеразу отрицательный. Интраоперационное цитологическое исследование синовиальной жидкости: цитоз — 355 кл/мкл. Гистологическое экспресс-исследование параартикулярных тканей: в пяти полях зрения с наиболее плотным клеточным инфильтратом,

с увеличением  $\times 400$  полиморфноядерные нейтрофилы с чётко определяемой цитоплазматической границей не выявлены.

В области проксимального отдела бедренной кости визуализирован металлофиксатор (винт), произведено его удаление. Проксимальный отдел бедра выведен в операционную рану, при ревизии отмечается выраженное снижение костной плотности проксимального отдела бедра. При дальнейшей ревизии визуализирован шаровидный спейсер, произведено его удаление. После щадящего римирирования в правильном анатомическом положении установлен вертлужный компонент эндопротеза press-fit, вкладыш из высокомолекулярного полиэтилена. Ревизия: вертлужный компонент стабилен. Костно-мозговой канал бедра обработан рашпилями, в правильном анатомическом положении установлен бедренный компонент эндопротеза press-fit. После примерки установлена головка эндопротеза тазобедренного сустава. Вправление, ревизия: сустав стабилен. Операция завершена послойным ушиванием раны. Контрольная рентгенография выполнена на 2-е сутки после проведённого оперативного лечения (рис. 5).

После проведённого оперативного лечения в рамках первого этапа достигнута элиминация микробного агента и системного воспалительного ответа с сохранением опороспособности и объёма движения конечности. Это было подтверждено клинически и лабораторно. Необходимыми диагностическими методами исследования в периоперационном периоде являются пункция тазобедренного сустава, контроль лабораторных показателей, оценка общего статуса. Анализ синовиальной жидкости нативного сустава — *St. aureus*, перед вторым этапом ревизионного эндопротезирования — без роста. Цитоз

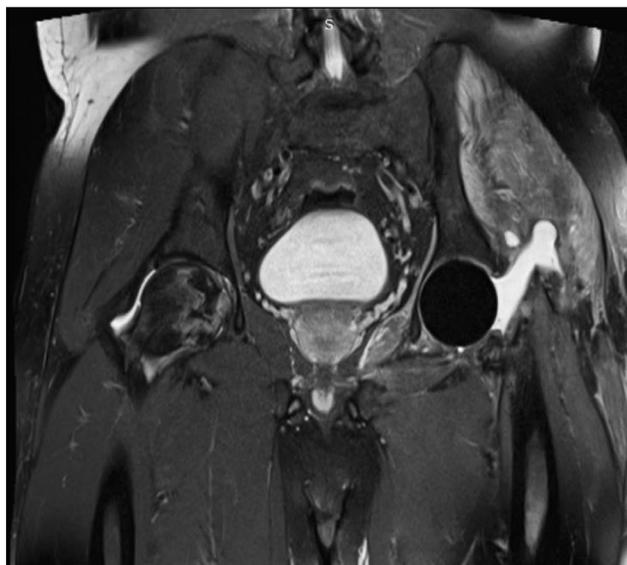


Рис. 4. Послеоперационная магнитно-резонансная томограмма тазобедренных суставов пациента С., 38 лет, в коронарной проекции.

Fig. 4. Postoperative MRI of hip joints in coronary projection of patient S., 38 years old.



Рис. 5. Рентгенография тазобедренного сустава пациента С., 38 лет, на 2-е сутки после проведённого тотального эндопротезирования.

Fig. 5. Radiography of the hip joint on the 2<sup>nd</sup> day after total endoprosthesis of patient S., 38 years old.

синовиальной жидкости до установки спейсера — 22 543 с преобладанием нейтрофилов (91,3%); во время второго этапа — 355 кл/мкл. Клинико-функциональная оценка проведена по шкале Harris Hip Score: до операции сумма баллов составляла 17, после проведённого первого этапа — 36, через 3 месяца после эндопротезирования — 67. Оценка болевого синдрома оценивалась по визуально-аналоговой шкале: в предоперационном периоде она составила 8–9 баллов, после первого этапа — 4–5 баллов, через 3 месяца после эндопротезирования — 1 балл.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение двухэтапного оперативного лечения может быть крайне актуальным для пациентов с сочетанным течением аваскулярного некроза головки бедренной кости, осложнённого септическим артритом тазобедренного сустава. Это обусловлено тем, что в данном случае, с одной стороны, проведение первичного эндопротезирования тазобедренного сустава противопоказано, а с другой — изолированное консервативное лечение бактериального артрита усугубляет течение остеонекроза [18]. Несмотря на то, что в настоящее время нет общепринятых критериев диагностики при подозрении на наличие септического артрита, необходимо, на наш взгляд, помимо общеклинических и физикальных исследований в обязательном порядке проводить детальное исследование синовиальной жидкости. Микробиологическое исследование при этом необходимо выполнять при отсутствии фоновой антибактериальной терапии (с её отменой минимум за 14 дней до исследования), на подходящих культуральных средах. Обязательными являются цитологическое исследование и подсчёт количества лейкоцитов в 1 мкл. При бактериальном артрите уровень цитоза с преобладанием нейтрофилов (более 85%) превышает таковой при иных воспалительных процессах. Установлено, что если число лейкоцитов в синовиальной жидкости более 25 000, 50 000, 100 000 мм<sup>3</sup>, вероятность бактериального артрита возрастает в 2,9, 7,7 и 28 раз соответственно. Кроме этого, одним из обязательных методов диагностики должно являться экстренное интраоперационное гистологическое исследование замороженных образцов параартикулярных тканей. Основываясь на критериях Фельдмана (выявление более 5 нейтрофилов не менее чем в 5 полях зрения при микроскопическом увеличении  $\times 400$ ), можно изменить тактику оперативного лечения в момент проведения ревизионного вмешательства.

Использование шаровидного спейсера, импрегнированного антибиотиками, позволяет ликвидировать септический артрит за счёт элюирования антибиотика в ткани и наибольшей площади контакта с вертлужной впадиной и проксимальным отделом бедра без диссеминации микрофлоры по костно-мозговому каналу бедренной кости; обеспечивает профилактику укорочения конечности и сохранение объёма движений в суставе. Кроме того,

шаровидная форма спейсера максимально конгруэнтна по отношению к вертлужной впадине, что позволяет сохранить анатомию последней для последующей установки вертлужного компонента на втором этапе оперативного лечения. Интраоперационное изготовление шаровидного спейсера с учётом размера головки бедренной кости контралатеральной конечности позволяет сохранить функциональную достаточность сустава. Проведённое двухэтапное ревизионное эндопротезирование позволяет полностью восстановить функцию и опороспособность конечности. Что касается периода нахождения спейсера и сроков выполнения второго этапа хирургического лечения, то здесь в качестве аналогии мы можем ориентироваться исключительно на опыт двухэтапного лечения пациентов с перипротезной инфекцией тазобедренного сустава. Следует, однако, отметить, что и он на сегодняшний день не лишён дискуссионных моментов, к которым, в частности, относится и вопрос критериев возможности конверсии антимикробного спейсера на эндопротез. В этом отношении, с нашей точки зрения, одним из ключевых является положение материалов II Международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции (2018), указывающее, что «оптимальные сроки ремплантации при двухэтапном эндопротезировании тазобедренного или коленного сустава не установлены. Ремплантация должна выполняться, когда лечащий врач полагает, что инфекция купирована» [19].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный клинический пример демонстрирует, что в ходе диагностического поиска мы столкнулись с верификацией двух патологических состояний, одно из которых, представленное остеонекрозом головки бедра IIIb стадии, сопровождающимся формированием вторичного остеоартроза, является показанием для проведения эндопротезирования сустава, а второе — септический артрит тазобедренного сустава — выступает в качестве абсолютного противопоказания к его выполнению. Представленный нами метод двухэтапного оперативного лечения с использованием на первом этапе шаровидного спейсера, импрегнированного антибиотиками, может быть не лишён дискуссионных моментов, но в данном случае является одним из патогенетически обоснованных вариантов оперативного лечения. Данный клинический случай успешного оперативного лечения показывает, что выбранная тактика вполне оправдана, когда первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава противопоказано при наличии сопутствующего септического процесса.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** 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.С. Кудашев — хирургическое лечение пациента, редактирование статьи; Г.Н. Светлова — редактирование статьи; М.Ю. Сефединова — хирургическое лечение пациента, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; С.Д. Зуев-Ратников — хирургическое лечение пациента, сбор и анализ литературных источников; А.А. Князев — курация, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание 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.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных и фотографий. Пациент добровольно подписал форму информированного согласия на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме (дата подписания: 03.05.2023 г.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rackwitz L., Eden L., Reppenhagen S., et al. Stem cell- and growth factor-based regenerative therapies for avascular necrosis of the femoral head // *Stem Cell Res Ther.* 2012. Vol. 3, № 1. P. 7. doi: 10.1186/scrt98
2. Мустафин Р.Н., Хуснутдинова Э.К. Аvascularный некроз головки бедренной кости // *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2017. № 1. С. 27–35. doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.27-35
3. Торгашин А.Н., Родионова С.С. Остеонекроз у пациентов, перенёвших COVID-19: механизмы развития, диагностика, лечение на ранних стадиях (обзор литературы) // *Травматология и ортопедия России.* 2022. Т. 28, №1. С. 128–137. doi: 10.17816/2311-2905-1707
4. Grieser T. Atraumatische und aseptische Osteonekrose großer Gelenke // *Radiologe.* 2019. Vol. 59, № 7. P. 647–662. doi: 10.1007/s00117-019-0560-3
5. Ardakani M.V., Parviz S., Ghadimi E., et al. Concomitant septic arthritis of the hip joint and femoral head avascular necrosis in patients with recent COVID-19 infection: a cautionary report // *J Orthop Surg Res.* 2022. Vol. 17, № 1. P. 302. doi: 10.1186/s13018-022-03192-4
6. Agarwala S.R., Vijayvargiya M., Pandey P. Avascular necrosis as a part of 'long COVID-19' // *BMJ Case Rep.* 2021. Vol. 14, № 7. P. e242101. doi: 10.1136/bcr-2021-242101
7. Торгашин А.Н., Родионова С.С., Шумский А.А., и др. Лечение асептического некроза головки бедренной кости. Клинические рекомендации // *Научно-практическая ревматология.* 2020. Т. 58, № 6. С. 637–645. doi: 10.47360/1995-4484-2020-637-645
8. Ильиных Е.В., Барскова В.Г., Лидов П.И., Насонов Е.Л. Остеонекроз. Часть 1. Факторы риска и патогенез // *Современная ревматология.* 2013. № 1. С. 17–24. doi: 10.14412/1996-7012-2013-2362
9. Белов Б.С., Муравёва Н.В. Бактериальный (септический) артрит // *Антибиотики и химиотерапия.* 2023. Т. 68, № 3–4. С. 84–91. doi: 10.37489/0235-2990-2023-68-3-4-84-91

## 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.S. Kudashev — surgical treatment of the patient, editing of the article; G.N. Svetlova — editing the article; M.Yu. Sefedinova — surgical treatment of the patient, literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; S.D. Zuev-Ratnikov — surgical treatment of the patient, collection and analysis of literary sources; A.A. Knyazev — curation, literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text of the article.

**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 (date: 03.05.2023).

10. Башкова И.Б., Мадьянов И.В. Злоупотребление алкоголем как недооценённая причина нетравматического остеонекроза головки бедренной кости (описание клинических случаев) // *Actamedica Eurasica* [Internet]. 2021. № 4. С. 39–53. Режим доступа: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2021/4/5> Дата обращения: 03.11.2022. doi: 10.47026/2413-4864-2021-4-39-53

11. Habermann E.T., Friedenthal R.B. Septic arthritis associated with avascular necrosis of the femoral head // *Clin Orthop Relat Res.* 1978. № 134. P. 325–31.

12. Zhiping Z., Xiangyu W., Changyao W., et al. Septic Hip Arthritis in Patients with Osteonecrosis of Femoral Head: Two Cases Report and Review of the Literature. 23 November 2020, Preprint (Version 1) available at Research Square. doi: 10.21203/rs.3.rs-112850/v1

13. Tan T.J., Tan S.C. Concomitant early avascular necrosis of the femoral head and acute bacterial arthritis by enteric Gram-negative bacilli in four oncologic patients // *Singapore Med J.* 2013. Vol. 54, № 5. P. e108–12. doi: 10.11622/smedj.2013065

14. Hassan A.A.A., Khalifa A.A. Femoral head avascular necrosis in COVID-19 survivors: a systematic review // *Rheumatol Int.* 2023. Vol. 43, № 9. P. 1583–1595. doi: 10.1007/s00296-023-05373-8

15. Zhang S., Wang C., Shi L., Xue Q. Beware of Steroid-Induced Avascular Necrosis of the Femoral Head in the Treatment of COVID-19 — Experience and Lessons from the SARS Epidemic // *Drug Des Devel Ther.* 2021. Vol. 15. P. 983–995. doi: 10.2147/DDDT.S298691

16. Murab S., Hawk T., Snyder A., et al. Tissue Engineering Strategies for Treating Avascular Necrosis of the Femoral Head // *Bioengineering (Basel).* 2021. Vol. 8, № 12. P. 200. doi: 10.3390/bioengineering8120200

17. Wojturska W., Nowakowski J., Pilch W., Biernikowicz M., Korkosz M. Reactive arthritis after vaccination against SARS-CoV-2: A case series and a mini-review // *Hum Vaccin Immunother.* 2023. Vol. 19, № 1. P. 2173912. doi: 10.1080/21645515.2023.2173912

18. Панин М.А., Загородний Н.В., Бойко А.В., Петросян А.С. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в лечении поздних стадий остеонекроза головки бедренной кости и остеоартрита: результаты и осложнения // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 4. С. 345–353. doi: 10.17816/vto109955

19. Материалы II Международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции / под общ. ред. Р.М. Тихилова, С.А. Божковой, И.И. Шубнякова. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2019. 314 с.

## REFERENCES

- Rackwitz L, Eden L, Reppenhagen S, et al. Stem cell- and growth factor-based regenerative therapies for avascular necrosis of the femoral head. *Stem Cell Res Ther.* 2012;3(1):7. doi: 10.1186/scrt98
- Mustafin RN, Khusnutdinova EK. Avascular necrosis of the femoral head. *Pacific Medical Journal.* 2017;(1):27–35. doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.27-35
- Torgashin AN, Rodionova SS. Osteonecrosis in Patients Recovering from COVID-19: Mechanisms, Diagnosis, and Treatment at Early-Stage Disease (Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(1):128–137. doi: 10.17816/2311-2905-1707
- Grieser T. Atraumatische und aseptische Osteonekrose großer Gelenke. *Radiologe.* 2019;59(7):647–662. doi: 10.1007/s00117-019-0560-3
- Ardakani MV, Parviz S, Ghadimi E, et al. Concomitant septic arthritis of the hip joint and femoral head avascular necrosis in patients with recent COVID-19 infection: a cautionary report. *J Orthop Surg Res.* 2022;17(1):302. doi: 10.1186/s13018-022-03192-4
- Agarwala SR, Vijayvargiya M, Pandey P. Avascular necrosis as a part of 'long COVID-19'. *BMJ Case Rep.* 2021;14(7):e242101. doi: 10.1136/bcr-2021-242101
- Torgashin AN, Rodionova SS, Shumsky AA, et al. Treatment of aseptic necrosis of the femoral head. Clinical guidelines. *Rheumatology Science and Practice.* 2020;58(6):637–645. doi: 10.47360/1995-4484-2020-637-645
- Ilyinykh EV, Barskova VG, Lidov PI, Nasonov EL. Osteonecrosis. Part 1. Risk factors and pathogenesis. *Modern rheumatology.* 2013;(1):17–24. doi: 10.14412/1996-7012-2013-2362
- Belov BS, Muravyeva NV. Bacterial (Septic) Arthritis. *Antibiotics and Chemotherapy.* 2023;68(3–4):84–91. doi: 10.37489/0235-2990-2023-68-3-4-84-91
- Bashkova IB, Madyanov IV. Alcohol abuse as an underestimated cause of non-traumatic osteonecrosis of the femoral head (description of clinical cases). *Actamedica Eurasica* [Internet]. 2021;(4):39–53 [cited 03.11.2022]. Available from: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2021/4/5> doi: 10.47026/2413-4864-2021-4-39-53
- Habermann ET, Friedenthal RB. Septic arthritis associated with avascular necrosis of the femoral head. *Clin Orthop Relat Res.* 1978;(134):325–31.
- Zhiping Z, Xiangyu W, Changyao W, et al. Septic Hip Arthritis in Patients with Osteonecrosis of Femoral Head: Two Cases Report and Review of the Literature. 23 November 2020, Preprint (Version 1) available at Research Square. doi: 10.21203/rs.3.rs-112850/v1
- Tan TJ, Tan SC. Concomitant early avascular necrosis of the femoral head and acute bacterial arthritis by enteric Gram-negative bacilli in four oncologic patients. *Singapore Med J.* 2013;54(5):e108–12. doi: 10.11622/smedj.2013065
- Hassan AAA, Khalifa AA. Femoral head avascular necrosis in COVID-19 survivors: a systematic review. *Rheumatol Int.* 2023;43(9):1583–1595. doi: 10.1007/s00296-023-05373-8
- Zhang S, Wang C, Shi L, Xue Q. Beware of Steroid-Induced Avascular Necrosis of the Femoral Head in the Treatment of COVID-19 — Experience and Lessons from the SARS Epidemic. *Drug Des Devel Ther.* 2021;15:983–995. doi: 10.2147/DDDT.S298691
- Murab S, Hawk T, Snyder A, et al. Tissue Engineering Strategies for Treating Avascular Necrosis of the Femoral Head. *Bioengineering (Basel).* 2021;8(12):200. doi: 10.3390/bioengineering8120200
- Wojturska W, Nowakowski J, Pilch W, Biernikowicz M, Korkosz M. Reactive arthritis after vaccination against SARS-CoV-2: A case series and a mini-review. *Hum Vaccin Immunother.* 2023;19(1):2173912. doi: 10.1080/21645515.2023.2173912
- Panin MA, Zagorodniy NV, Boiko AV, Petrosyan AS. Total hip arthroplasty in the treatment of severe stages of osteonecrosis of the femoral head and osteoarthritis: results and complications. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2022;29(4):345–353. doi: 10.17816/vto109955
- Tikhilov RM, Bozhkova SA, Shubnyakov II, editors. *Materials of the Second International Conciliation Conference on musculoskeletal infection.* St. Petersburg: RNIITO named after R.R. Vreden, 2019. 314 p. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**Кудашев Дмитрий Сергеевич**, канд. мед. наук, доцент;  
ORCID: 0000-0001-8002-7294;  
eLibrary SPIN: 4180-6470;  
e-mail: d.s.kudashev@samsmu.ru

**Светлова Галина Николаевна**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-9400-8609;  
e-mail: g.n.svetlova@samsmu.ru

## AUTHORS' INFO

**Dmitry S. Kudashev**, MD, Cand. Sci. (Med.), assistant professor;  
ORCID: 0000-0001-8002-7294;  
eLibrary SPIN: 4180-6470;  
e-mail: dmitrykudashev@mail.ru

**Galina N. Svetlova**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0001-9400-8609;  
e-mail: g.n.svetlova@samsmu.ru

**\* Сефедина Мария Юрьевна;**

адрес: Россия, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 89;  
ORCID: 0000-0003-4059-3325;  
eLibrary SPIN: 6243-8250;  
e-mail: m.y.sefedinova@samsmu.ru

**Зуев-Ратников Сергей Дмитриевич**, канд. мед. наук,  
доцент;

ORCID: 0000-0001-6471-123X;  
eLibrary SPIN: 7415-8060;  
e-mail: s.d.zuev-ratnikov@samsmu.ru

**Князев Андрей Андреевич;**

ORCID: 0009-0009-6131-0399;  
eLibrary SPIN: 2499-4504;  
e-mail: a.a.knyazev@samsmu.ru

**\* Maria Yu. Sefedinova;**

address: 89 Chapaevskaya str., 443099 Samara, Russia;  
ORCID: 0000-0003-4059-3325;  
eLibrary SPIN: 6243-8250;  
e-mail: m.y.sefedinova@samsmu.ru

**Sergey D. Zuev-Ratnikov**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
assistant professor;

ORCID: 0000-0001-6471-123X;  
eLibrary SPIN: 7415-8060;  
e-mail: s.d.zuev-ratnikov@samsmu.ru

**Andrey A. Knyazev;**

ORCID: 0009-0009-6131-0399;  
eLibrary SPIN: 2499-4504;  
e-mail: a.a.knyazev@samsmu.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto582010>

# Летальность при переломах дистального отдела бедренной кости (обзор литературы)

К.Р. Шерматов<sup>1</sup>, М.В. Паршиков<sup>2</sup>, К.М. Меджидов<sup>1</sup><sup>1</sup> Домодедовская больница, Домодедово, Россия;<sup>2</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Переломы дистального отдела бедренной кости у пожилых людей могут приводить к обострению хронических заболеваний и летальным исходам, сходным с теми, что наблюдаются при переломах шейки бедренной кости у лиц той же категории. Таким образом, целью нашей работы является определение факторов, влияющих на летальность пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости, на основании анализа зарубежных исследований. Поиск зарубежных литературных источников проводился в базах данных медицинских публикаций PubMed, «КиберЛенинка», Google Scholar, Scopus, Medline, Кокрейновских базах данных среди статей на английском, китайском, итальянском и русском языках, а также с помощью платформы Web of Knowledge. В основном изучению подвергались публикации за последние 10 лет. Анализ литературных данных показал, что переломы дистального отдела бедренной кости сопровождаются высокой смертностью пациентов в первые месяцы и годы после травмы (от 18 до 35%), преимущественно среди пожилых больных без оперативного лечения (90–100%) и при наличии нескольких сопутствующих заболеваний. Раннее хирургическое вмешательство (в первые 48 часов) является эффективным методом лечения, значительно снижающим летальность (в 2,8 раза).

**Ключевые слова:** перелом дистального отдела бедренной кости; смертность; пожилые люди.

## Как цитировать:

Шерматов К.Р., Паршиков М.В., Меджидов К.М. Летальность при переломах дистального отдела бедренной кости (обзор литературы) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 101–108. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto582010>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto582010>

# Mortality in fracture of the distal femoral bone (review)

Kymbatbek R. Shermatov<sup>1</sup>, Mikhail V. Parshikov<sup>2</sup>, Kamal M. Medjidov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Domodedovo Hospital, Domodedovo, Russia;

<sup>2</sup> Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimova, Moscow, Russia

## ABSTRACT

Distal femur fractures in the elderly can lead to the exacerbation of chronic diseases and fatal outcomes similar to those observed in femoral neck fractures in the same category of individuals. Thus, this study aimed to determine the factors influencing the mortality of patients with distal femur fractures based on the analysis of foreign studies and results of treated patients. Review of foreign literature was conducted using the databases of medical publications PubMed, CyberLeninka, Google Scholar, Scopus, Medline, and Cochrane among articles in English, Chinese, Italian, and Russian, as well as through the Web of Knowledge. We analyzed publications for the last 10 years. Evaluation of treated patients included patients aged >60 years with distal femoral fractures between 2021 and 2023. Analysis of the literature data showed that distal femur fractures are accompanied by high mortality in patients in the first years after injury (from 18% to 35%), commonly in elderly patients without surgical treatment (90%–100%), and the presence of several concomitant diseases accompanied by contractures of the femur, knee joint, and false joint and displacement or fracture of the metal retainer. Early surgical treatment (first 48 h) is an effective treatment method that significantly reduces mortality after distal femur fracture (by 2.8 times).

**Keywords:** fracture of the distal femur; mortality; elderly people.

## To cite this article:

Shermatov KR, Parshikov MV, Medjidov KM. Mortality in fracture of the distal femoral bone (review). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):101–108. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto582010>

Received: 17.09.2023

Accepted: 21.11.2023

Published online: 26.03.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Переломы дистального отдела бедренной кости у пожилых людей могут быть разрушительными травмами, приводящими к обострению хронических заболеваний и летальным исходам, сходным с теми, что наблюдались при переломах шейки бедренной кости у лиц пожилого возраста [1–8].

Актуальность проблемы обусловлена высоким уровнем смертности у пожилых пациентов с переломами бедренной кости. По данным различных авторов, уровень летальности при переломе её дистального отдела достигает от 9 до 35% [1, 5, 7, 8], что намного выше по сравнению со смертностью при переломе проксимального отдела (от 4,1 до 18,7%) [9–11].

Общеизвестно, что статистически значимыми предсказателями смертности являются пожилой возраст, увеличение индекса коморбидности Чарлсона (Charlson Comorbidity Index, CCI) и увеличенный индекс коморбидности Чарлсона с поправкой на возраст (an age-Comorbidity Charlson Index, aaCCI) [7].

Целью нашей работы являлось определение основных факторов, влияющих на летальность пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости, на основании анализа зарубежных исследований.

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Проведено изучение литературных источников по базам данных медицинских публикаций PubMed, «КиберЛенинка», Google Scholar, Scopus, Medline, Кокрейновским базам данных среди статей на английском, китайском, итальянском и русском языках, а также с помощью платформы Web of Knowledge. В основном анализу подвергались публикации за последние 10 лет. Изучались возрастные особенности, сроки и выбор оперативного лечения, уровень летальности через 30 дней, 90 дней и 1 год.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Переломы дистального отдела бедренной кости у пожилых людей приводят к обострению хронических заболеваний и высокому летальному исходу [4–8, 12, 13]. В исследованиях O. Wolf с соавт. доля пациентов с высокой сопутствующей патологией (CCI  $\geq 3$ ) была ниже среди больных с дистальными переломами (9%) по сравнению с лицами с диафизарными (16%) или проксимальными переломами (14%) [5]. Однако есть некоторые свидетельства, позволяющие предположить, что пациенты с диафизарными и дистальными переломами бедренной кости имеют такой же риск смертности и развития контрактуры в коленном суставе, как и лица с переломами проксимального отдела [4, 8, 14, 15]. По данным исследования P.N. Streubel с соавт., показатели смертности через 30 дней, 6 месяцев и 1 год после операции составили 2, 13 и 23%

для пациентов с переломами дистального отдела бедра и 0, 14 и 22% для лиц с переломами проксимального отдела бедренной кости соответственно [8]. O. Wolf с соавт. сообщают о 6,3% летальности через 30 дней, 13% — через 90 дней и 21% — через год у пациентов, перенёвших перелом дистального отдела бедренной кости [5]. У мужчин вероятность смерти в течение первого года после перелома дистального отдела бедренной кости может быть в 2,6 раза выше, чем у женщин [4, 13], однако авторы не указывают причин этой разницы.

Общепринятый индекс CCI является утверждённым показателем для оценки возможной смертности и представляет собой взвешенную сумму имеющихся у пациента заболеваний [16, 17]. Согласно этому индексу, наличие в анамнезе инфаркта миокарда, застойной сердечной недостаточности, заболеваний периферических сосудов, деменции, хронических заболеваний лёгких, заболеваний соединительной ткани, язвенной болезни желудка, заболеваний печени лёгкой степени и неосложнённого диабета соответствует одному баллу; два балла определяются при гемиплегии, заболеваниях почек средней и тяжёлой степени, осложнённом диабете, злокачественных новообразованиях, в пределах пяти лет постановки диагноза лейкемии или лимфомы; три балла — при заболеваниях печени средней или тяжёлой степени и шесть баллов — при диагностированном СПИДе (не ВИЧ) и метастатической солидной опухоли. Годовая смертность, по различным показателям, оценивается в 0 баллов (12%), 1–2 балла (26%), 3–4 балла (52%), 5 баллов (85%) [18]. Со временем был добавлен дополнительный показатель — возраст. Изменение данного индекса с поправкой на возраст (aaCCI) добавляет один дополнительный балл за каждое десятилетие после 50 лет [19]. Индекс aaCCI остаётся широко используемым инструментом для оценки состояния здоровья населения в исследованиях по травматологии [17]. Статистически значимыми предсказателями однолетней смертности были пожилой возраст ( $82 \pm 9$  против  $76 \pm 9$ ,  $p < 0,001$ ), увеличение CCI ( $4,5 \pm 2,5$  против  $3,3 \pm 2,1$ ,  $p < 0,02$ ) и увеличенный aaCCI ( $7,2 \pm 2,3$  против  $5,4 \pm 2,2$ ,  $p < 0,001$ ) [7]. Myers с соавт. сообщают, что средний балл CCI в течение одного года был значительно ниже у выживших пациентов (1,81) по сравнению с умершими (2,84) [15].

Ещё одним показателем оценки её вероятности является риск анестезии по классификации Американского общества анестезиологов (American Society Anesthesiologists, ASA), широко используемой анестезиологами-реаниматологами. Высокий балл ASA связан с более высокой летальностью как при проксимальных, так и при дистальных переломах бедренной кости [7, 20]. Такие хронические заболевания, как хроническая сердечная недостаточность, нарушение мозгового кровообращения, заболевания печени лёгкой и умеренной степени тяжести, были значимыми предсказателями летальности в течение года у пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости, перенёвших хирургическое лечение [7, 8, 21].

В противоположность этому отсутствие ишемической болезни сердца и/или хронической сердечной недостаточности, активного рака и возраст до 80 лет действовали как защитные факторы с точки зрения смертности [3, 5, 7, 17].

По данным исследований Т. Jennison с соавт., при сравнении пациентов с переломами проксимального и дистального отделов бедренной кости 30-дневная смертность составила 7,7 и 9,1% соответственно. Значимыми факторами риска 30-дневной смертности при переломе проксимального отдела бедренной кости были увеличение возраста, мужской пол, повышенный уровень ASA, недостаточная активность, проживание в пансионатах или санаториях до травмы и сниженная мобильность, тогда как при переломе дистального отдела единственным значимым фактором риска 30-дневной смертности было увеличение возраста [9]. По данным J.S. Hoellwarth с соавт., средний возраст выживших после перенесённого перелома дистального отдела бедренной кости в течение одного года составил 77 лет, тогда как для умерших пациентов он составлял 85 лет [17]. Аналогичные результаты получали и другие исследователи, сообщая, что годовая смертность у лиц старше 80 лет была значительно выше ( $p=0,01$ ), чем в возрасте 60–69 или 70–79 лет, составляя 33, 11 и 17% соответственно [7, 13]. Если сравнить летальность среди американских граждан того же возраста, не связанную с какой-либо травмой или заболеванием, то она составляет 1–2% для лиц в возрасте 60–69 лет, 2–4% — в возрасте 70–79 лет и 5–13% — в возрасте 80–89 лет [22]. Становится ясно, что пациенты с этой травмой во всех изученных возрастных группах умирают гораздо быстрее, чем можно было бы прогнозировать.

Наличие в анамнезе сопутствующих заболеваний, таких как хроническая сердечная недостаточность и/или ишемическая болезнь сердца, активный рак, когнитивные нарушения, часто встречались у пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости и летальным исходом [3, 5, 7, 8].

R.W. Jordan с соавт. сообщают о 38%-м уровне смертности у данной категории больных за один год, причём 76% из них проходили консервативное лечение [23]. P. Larsen с соавт. получили схожие данные: консервативное лечение в 2,8 раза увеличивало вероятность смерти в течение первого года у пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости вне зависимости от характера лечения [4]. Такая высокая смертность, возможно, обусловлена проведением консервативного лечения у большинства пациентов, приводящим к приковыванию пожилого человека к постели, обострению сопутствующих заболеваний, присоединением гипостатических осложнений и когнитивных нарушений. Однако A. Loosen с соавт. считают, что смертность пациентов после операции по поводу перелома дистального отдела бедренной кости тоже достигает значительного процента случаев. По их данным, она составляла за 1 месяц, 3 месяца

и 1 год 12, 29 и 35% соответственно [1]. Общеизвестно, что переломы, затрагивающие дистальный отдел бедренной кости, следует лечить аналогично переломам проксимального отдела бедренной кости в отношении сроков хирургического вмешательства [5, 12, 13, 15, 16, 24]. При этом многие авторы придают большое значение раннему оперативному вмешательству — в первые 48 часов. В поддержку быстрого хирургического лечения дистальных переломов бедренной кости выступает анализ результатов лечения переломов её проксимальных отделов. Оба вида перелома препятствуют мобилизации и могут вызвать значительное кровотечение, что создаёт нагрузку на и без того «хрупкую» группу пациентов. Влияние задержки хирургического вмешательства на летальность при переломах проксимального отдела бедренной кости исследовалось несколько раз [13, 20]. По данным некоторых авторов, задержка хирургического вмешательства увеличивает риск смертности, а также число осложнений и при переломах дистального отдела бедренной кости. Как следствие, в настоящее время в нескольких рекомендациях в качестве наилучшей практики предлагается хирургическое вмешательство в течение первых 36–48 часов [3, 4, 16, 21]. Пациенты, которым операция была проведена в эти сроки, показали лучшие результаты с точки зрения выживаемости, без существенных различий в зависимости от типа перелома, типа имплантата [3, 8, 13–16, 24]. Myers с соавт. описали снижение смертности через 30 дней, 6 месяцев и один год в зависимости от сроков операции — 11,0% смертности при ранней операции (<48 ч) против 25,0% при поздней операции (>48 ч) [15]. Исследования R.W. Jordan с соавт. показали, что больные, которых лечили хирургическим путём, имели лучшие результаты с точки зрения мобильности (неподвижность 21% после безоперационного периода лечения против 5% после хирургического вмешательства) и летальности (47 против 28%) [8, 23]. Однако в зависимости от тяжести сопутствующих заболеваний увеличение времени до операции приводило к увеличению смертности [8, 15, 20, 23]. Другие же авторы сообщают, что мужской пол, увеличение возраста и показателя ASA >2 значительно увеличивали как 30-дневную, так и 90-дневную смертность, но не продемонстрировали какой-либо связи между задержкой хирургического вмешательства и смертностью [6, 17, 20]. Также P.N. Streubel с соавт. сообщают, что за 30-дневный период не было обнаружено различий в плане смертности в зависимости от задержки хирургического вмешательства, в то время как 6-месячная и годовая летальность была выше у лиц с задержкой хирургического вмешательства при сравнении пациентов, перенёвших операцию в течение первых 48 часов, и тех, кто перенёс операцию через более чем 4 дня после поступления: 5 против 35% и 6 против 47% соответственно [8]. L.R. Merino-Rueda с соавт. сообщают, что доля умерших была выше среди тех, кто получал

консервативное лечение (5 пациентов), в отличие от лиц, перенёвших хирургическое вмешательство (54 пациента): 100 против 48,1%, при этом общая смертность за один год составила 23,7% [3], по данным Myers с соавт. — 13,4% [15]. В то же время другие авторы не видят связи увеличения смертности со сроком времени до операции [4, 7, 17, 25]. По данным некоторых исследователей, более высокий уровень квалификации хирурга был связан со снижением смертности при проксимальных, но не при дистальных переломах бедренной кости [20, 26]. Результаты исследований N. Yamamoto с соавт. показали, что раннее хирургическое вмешательство — в течение двух дней после госпитализации — не было связано со снижением 30-дневной смертности, но было значительно связано со снижением послеоперационных осложнений, с лучшими клиническими результатами, снижением продолжительности пребывания в больнице и общих затрат на госпитализацию [25]. P. Larsen с соавт. и J.S. Hoellwarth с соавт. не смогли увидеть значимую связь между задержкой операции и смертью в течение одного года [4, 17]. С. Kammerlander с соавт. сообщают, что раннее лечение остеопороза снижает смертность у пациентов с переломом дистального отдела бедренной кости [6].

Перипротезные переломы дистального отдела бедренной кости составляют приблизительно около 20% от всех встречающихся переломов. По данным исследования V. Heneffalk с соавт., летальность была несколько ниже в группе лиц с перипротезным переломом дистального отдела бедренной кости (19%), чем в группе пациентов с переломом дистального отдела бедренной кости (22%) [21]. Согласно классификации переломов АО/ОТА, наличие или отсутствие эндопротеза коленного сустава не коррелирует со смертностью [7]. Другие же авторы утверждают, что наличие эндопротеза коленного сустава при переломах дистального отдела бедренной кости снижает выживаемость пациентов [8].

В некоторых случаях в пожилом возрасте у пациентов выявляется деформирующий артроз коленного сустава, который беспокоил их ранее. Из-за нередко имеющихся плохих результатов и неудач, возникающих при остеосинтезе периартикулярного перелома коленного сустава, больным пожилого возраста с остеопорозом может быть предложено эндопротезирование коленного сустава [27–31]. Некоторые авторы сообщают о хороших клинических и функциональных результатах (90%) при одномоментном эндопротезировании и остеосинтезе. По их мнению, результат обеспечивается ранней активизацией и ранней полной нагрузкой на оперированную конечность. При этом летальность в их наблюдениях сопоставима с таковой в других сообщениях [27–32].

Повышенный индекс массы тела (ИМТ), по данным G.V. Moloney с соавт., не был фактором риска увеличения однолетней смертности [7]. При этом умерших пациентов, не способных ходить, было значительно

больше, чем тех, которые были активными [3]. R. Elsoe с соавт. сообщают, что переломы типа А по классификации АО/ОТА (внесуставные переломы) были наиболее распространёнными из всех переломов (38,6%) [33]. P.N. Streubel с соавт. считают, что пол, привычка курить, ИМТ и характер переломов не влияли на летальность независимо друг от друга. Основными показателями, влияющими на летальность, по данным этих исследователей, были СС1, ааСС1 и срок выполнения хирургического лечения [8].

Внедрение моделей комплексного ухода за пожилыми пациентами с переломами дистального отдела бедренной кости, подобных тем, которые подробно описаны при переломах шейки бедренной кости, может привести к аналогичным улучшенным результатам [34].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, согласно данным зарубежной литературы, наличие сопутствующих заболеваний, пожилой возраст и малоподвижность являются основными факторами риска смертности пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости, тогда как ИМТ, тип перелома по АО/ОТА, наличие или отсутствие эндопротеза коленного сустава не влияют на смертность. Также большинство исследователей считают, что задержка хирургического вмешательства увеличивает риск летального исхода.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: К.Р. Шерматов, К.М. Меджидов — сбор и анализ данных, написание статьи; М.В. Паршиков — анализ данных и научное редактирование статьи.

**Источник финансирования.** Не указан.

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

## ADDITIONAL INFO

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. K.R. Shermatov, K.M. Medjidov — writing the manuscript, data collection; M.V. Parshikov — critical revision of the manuscript for important intellectual content, review and approval of the manuscript.

**Funding source.** Not specified.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Loosen A., Fritz Y., Dietrich M. Surgical Treatment of Distal Femur Fractures in Geriatric Patients // *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation*. 2019. Vol. 10. P. 2151459319860723. doi: 10.1177/2151459319860723
2. Holzman M.A., Hanus B.D., Munz J.W., O'Connor D.P., Brinker M.R. Addition of a Medial Locking Plate to an In Situ Lateral Locking Plate Results in Healing of Distal Femoral Nonunions // *Clin Orthop Relat Res*. 2016. Vol. 474, № 6. P. 1498–1505. doi: 10.1007/s11999-016-4709-3
3. Merino-Rueda L.R., Rubio-Sáez I., Mills S., et al. Mortality after distal femur fractures in the elderly // *Injury*. 2021. Vol. 52 (Suppl 4). P. S71–S75. doi: 10.1016/j.injury.2021.03.066
4. Larsen P., Ceccotti A.A., Elsoe R. High mortality following distal femur fractures: a cohort study including three hundred and two distal femur fractures // *Int Orthop*. 2020. Vol. 44, № 1. P. 173–7. doi: 10.1007/s00264-019-04343-9
5. Wolf O., Mukka S., Ekelund J., Möller M., Hailer N.P. How deadly is a fracture distal to the hip in the elderly? An observational cohort study of 11,799 femoral fractures in the Swedish Fracture Register // *Acta Orthop*. 2021. Vol. 92, № 1. P. 40–46. doi: 10.1080/17453674.2020.1831236
6. Kammerlander C., Riedmüller P., Gosch M., Zegg M., Kammerlander-Knauer U., Schmid R., Roth T. Functional outcome and mortality in geriatric distal femoral fractures // *Injury*. 2012. Vol. 43, № 7. P. 1096–1101. doi: 10.1016/j.injury.2012.02.014
7. Moloney G.B., Pan T., Van Eck C.F., Patel D., Tarkin I. Geriatric Distal Femur Fracture: Are We Underestimating the Rate of Local and Systemic Complications? // *Injury*. 2016. Vol. 47, № 8. P. 1732–6. doi: 10.1016/j.injury.2016.05.024
8. Streubel P.N., Ricci W.M., Wong A., Gardner M.J. Mortality After Distal Femur Fractures in Elderly Patients // *Clin Orthop Relat Res*. 2011. Vol. 469. P. 1188–1196. doi: 10.1007/s11999-010-1530-2
9. Jennison T., Divekar M. Geriatric distal femoral fractures: A retrospective study of 30 day mortality // *Injury*. 2018. Vol. 50, № 2. P. 444–447. doi: 10.1016/j.injury.2018.10.035
10. Raichandani K., Agarwal S., Jain H., Bharwani N. Mortality profile after 2 years of hip fractures in elderly patients treated with early surgery // *J Clin Orthop Trauma*. 2021. Vol. 18. P. 1–5. doi: 10.1016/j.jcot.2021.04.009
11. Forni S., Pieralli F., Sergi A., Lorini C., Bonaccorsi G., Vannucci A. Mortality after hip fracture in the elderly: The role of a multidisciplinary approach and time to surgery in a retrospective observational study on 23,973 patients // *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2016. Vol. 66. P. 13–17. doi: 10.1016/j.archger.2016.04.014
12. Anakwe E., Aitken S.A., Khan L.A.K. Osteoporotic periprosthetic fractures of the femur in elderly patients: outcome after fixation with the LISS plate // *Injury*. 2008. Vol. 39, № 10. P. 1191–1197. doi: 10.1016/j.injury.2008.02.003
13. Smith J.R.A., Halliday R., Aquilina A.L., et al.; Collaborative — Orthopaedic Trauma Society (OTS). Distal femoral fractures: The need to review the standard of care // *Injury*. 2015. Vol. 46, № 6. P. 1084–1088. doi: 10.1016/j.injury.2015.02.016
14. Henderson C.E., Kuhl L.L., Fitzpatrick D.C., Marsh J.L. Locking plates for distal femur fractures: is there a problem with fracture healing? // *J Orthop Trauma*. 2011. Vol. 25(Suppl 1). P. S8–S14. doi: 10.1097/BOT.0b013e3182070127
15. Myers P., Laboe P., Johnson K.J., et al. Patient mortality in geriatric distal femur fractures // *J Orthop Trauma*. 2018. Vol. 32, № 3. P. 111–15. doi: 10.1097/BOT.0000000000001078
16. Someswar D., Thejaswini K., Pranathi R., Ravikumar K. A study on various approaches of functional outcome of distal femur fractures // *Int. J. Derm. Surg*. 2019. Vol. 5, № 1. P. 11–15. doi: 10.26452/ijds.v5i1.1385
17. Hoellwarth J.S., Fourman M.S., Crossett L., et al. Equivalent mortality and complication rates following periprosthetic distal femur fractures managed with either lateral locked plating or a distal femoral replacement // *Injury*. 2017. Vol. 49, № 2. P. 392–397. doi: 10.1016/j.injury.2017.11.040
18. Charlson M.E., Pompei P., Ales K.L., MacKenzie C.R. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation // *J Chronic Dis*. 1987. Vol. 40, № 5. P. 373–83. doi: 10.1016/0021-9681(87)90171-8
19. Charlson M., Szatrowski T.P., Peterson J., Gold J. Validation of a combined comorbidity index // *J Clin Epidemiol*. 1994. Vol. 47, № 11. P. 1245–51. doi: 10.1016/0895-4356(94)90129-5
20. Nyholm A.M., Palm H., Kallemose T., Troelsen A., Gromov K.; DFDB collaborators. No association between surgical delay and mortality following distal femoral fractures: a study from the Danish Fracture Database Collaborators // *Injury*. 2017. Vol. 48, № 12. P. 2833–7. doi: 10.1016/j.injury.2017.10.022
21. Hernefalk B., Brüggemann A., Mohammed J., Mukka S., Wolf O. Lower mortality in distal femoral fractures in the presence of a knee arthroplasty: an observational study on 2,725 fractures from the Swedish Fracture Register // *Acta Orthopaedica*. 2022. Vol. 93. P. 684–688. doi: 10.2340/17453674.2022.4376
22. Arias E. United States Life Tables 2010 // *Natl Vital Stat Rep*. 2014. Vol. 63, № 7. P. 1–63.
23. Jordan R.W., Chahal G.S., Davies M., Srinivas K. A comparison of mortality following distal femoral fractures and hip fractures in an elderly population // *Adv Orthop Surg*. 2014. Vol. 2014. P. 1–4. doi: 10.1155/2014/873785
24. Didel R., Choudhary K. Epidemiology and Treatment of Distal Femoral Fractures in Adults: An Hospital Based Study // *Asian Journal of Medical Research*. 2019. Vol. 8, № 1. P. OR12–OR14. doi: 10.21276/ajmr.2019.8.1.OR5
25. Yamamoto N., Ohbe H., Tomita Y., et al. Associations between Early Surgery and Postoperative Outcomes in Elderly Patients with Distal Femur Fracture: A Retrospective Cohort Study // *J Clin Med*. 2021. Vol. 10, № 24. P. 5800. doi: 10.3390/jcm10245800
26. Nyholm A.M., Gromov K., Palm H., Brix M., Kallemose T., Troelsen A.; Danish Fracture Database C. Time to surgery is associated with thirtyday and ninety-day mortality after proximal femoral fracture: a retrospective observational study on prospectively collected data from the Danish Fracture Database Collaborators // *J Bone Joint Surg Am*. 2015. Vol. 97, № 16. P. 1333–9. doi: 10.2106/JBJS.O.00029
27. Zanchini F., Piscopo A., Cipolloni V., et al. Distal femur complex fractures in elderly patients treated with megaprosthesis: Results in a case series of 11 patients // *World J Orthop*. 2022. Vol. 13, № 5. P. 454–464. doi: 10.5312/wjo.v13.i5.454
28. Hoffmann M.F., Jones C.B., Sietsema D.L., Tornetta P. 3<sup>rd</sup>, Koenig S.J. Clinical outcomes of locked plating of distal femoral

fractures in a retrospective cohort // *J Orthop Surg Res*. 2013. Vol. 8. P. 43. doi: 10.1186/1749-799X-8-43

**29.** Boureau F., Benad K., Putman S., Dereudre G., Kern G., Chantelot C. Does primary total knee arthroplasty for acute knee joint fracture maintain autonomy in the elderly? A retrospective study of 21 cases // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015. Vol. 101, № 8. P. 947–51. doi: 10.1016/j.otsr.2015.09.021

**30.** Chen F., Li R., Lall A., Schwechter E.M. Primary total knee arthroplasty for distal femur fractures: a systematic review of indications, implants, techniques, and results // *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2017. Vol. 46, № 3. P. E163–1.

**31.** Wui N.B., Anuar M.A., Wahid A.M. Short-term outcome of early primary Total knee Arthroplasty for fractures around the knee in the elderly population: the experience of a secondary healthcare Centre

in Malaysia // *Malaysian J Med Sci*. 2020. Vol. 27, № 4. P. 64–71. doi: 10.21315/mjms2020.27.4.6

**32.** Choi N.Y., Sohn J.M., Cho S.G., Kim S.C., In Y. Primary total knee arthroplasty for simple distal femoral fractures in elderly patients with knee osteoarthritis // *Knee Surg Related Res*. 2013. Vol. 25, № 3. P. 141–6. doi: 10.5792/ksrr.2013.25.3.141

**33.** Elsoe R., Ceccotti A.A., Larsen P. Population-based epidemiology and incidence of distal femur fractures // *Int Orthop*. 2018. Vol. 42, № 1. P. 191–6. doi: 10.1007/s00264-017-3665-1

**34.** Konda S.R., Pean C.A., Goch A.M., Fields A.C., Egol K.A. Comparison of short term outcomes of geriatric distal femur and femoral neck fractures: results from the NSQIP database // *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2015. Vol. 6, № 4. P. 311–15. doi: 10.1177/2151458515608225

## REFERENCES

- Loosen A, Fritz Y, Dietrich M. Surgical Treatment of Distal Femur Fractures in Geriatric Patients. *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation*. 2019;10:2151459319860723. doi: 10.1177/2151459319860723
- Holzman MA, Hanus BD, Munz JW, O'Connor DP, Brinker MR. Addition of a Medial Locking Plate to an In Situ Lateral Locking Plate Results in Healing of Distal Femoral Nonunions. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(6):1498–1505. doi: 10.1007/s11999-016-4709-3
- Merino-Rueda LR, Rubio-Sáez I, Mills S, et al. Mortality after distal femur fractures in the elderly. *Injury*. 2021;52(Suppl 4):S71–S75. doi: 10.1016/j.injury.2021.03.066
- Larsen P, Ceccotti AA, Elsoe R. High mortality following distal femur fractures: a cohort study including three hundred and two distal femur fractures. *Int Orthop*. 2020;44(1):173–7. doi: 10.1007/s00264-019-04343-9
- Wolf O, Mukka S, Ekelund J, Möller M, Hailer NP. How deadly is a fracture distal to the hip in the elderly? An observational cohort study of 11,799 femoral fractures in the Swedish Fracture Register. *Acta Orthop*. 2021;92(1):40–46. doi: 10.1080/17453674.2020.1831236
- Kammerlander C, Riedmüller P, Gosch M, Zegg M, Kammerlander-Knauer U, Schmid R, Roth T. Functional outcome and mortality in geriatric distal femoral fractures. *Injury*. 2012;43(7):1096–1101. doi: 10.1016/j.injury.2012.02.014
- Moloney GB, Pan T, Van Eck CF, Patel D, Tarkin I. Geriatric Distal Femur Fracture: Are We Underestimating the Rate of Local and Systemic Complications? *Injury*. 2016;47(8):1732–6. doi: 10.1016/j.injury.2016.05.024
- Streubel PN, Ricci WM, Wong A, Gardner MJ. Mortality After Distal Femur Fractures in Elderly Patients. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469:1188–1196. doi: 10.1007/s11999-010-1530-2
- Jennison T, Divekar M. Geriatric distal femoral fractures: A retrospective study of 30 day mortality. *Injury*. 2018;50(2):444–447. doi: 10.1016/j.injury.2018.10.035
- Raichandani K, Agarwal S, Jain H, Bharwani N. Mortality profile after 2 years of hip fractures in elderly patients treated with early surgery. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;18:1–5. doi: 10.1016/j.jcot.2021.04.009
- Forni S, Pieralli F, Sergi A, Lorini C, Bonaccorsi G, Vannucci A. Mortality after hip fracture in the elderly: The role of a multidisciplinary approach and time to surgery in a retrospective observational study on 23,973 patients. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2016;66:13–17. doi: 10.1016/j.archger.2016.04.014
- Anakwe E, Aitken SA, Khan LAK. Osteoporotic periprosthetic fractures of the femur in elderly patients: outcome after fixation with the LISS plate. *Injury*. 2008;39(10):1191–1197. doi: 10.1016/j.injury.2008.02.003
- Smith JRA, Halliday R, Aquilina AL, et al.; Collaborative — Orthopaedic Trauma Society (OTS). Distal femoral fractures: The need to review the standard of care. *Injury*. 2015;46(6):1084–1088. doi: 10.1016/j.injury.2015.02.016
- Henderson CE, Kuhl LL, Fitzpatrick DC, Marsh JL. Locking plates for distal femur fractures: is there a problem with fracture healing? *J Orthop Trauma*. 2011;25(Suppl 1):S8–S14. doi: 10.1097/BOT.0b013e3182070127
- Myers P, Laboe P, Johnson KJ, et al. Patient mortality in geriatric distal femur fractures. *J Orthop Trauma*. 2018;32(3):111–15. doi: 10.1097/BOT.0000000000001078
- Someswar D, Thejaswini K, Pranathi R, Ravikumar K. A study on various approaches of functional outcome of distal femur fractures. *Int. J. Derm. Surg*. 2019;5(1):11–15. doi: 10.26452/ijds.v5i1.1385
- Hoellwarth JS, Fourman MS, Crossett L, et al. Equivalent mortality and complication rates following periprosthetic distal femur fractures managed with either lateral locked plating or a distal femoral replacement. *Injury*. 2017;49(2):392–397. doi: 10.1016/j.injury.2017.11.040
- Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40(5):373–83. doi: 10.1016/0021-9681(87)90171-8
- Charlson M, Szatrowski TP, Peterson J, Gold J. Validation of a combined comorbidity index. *J Clin Epidemiol*. 1994;47(11):1245–51. doi: 10.1016/0895-4356(94)90129-5
- Nyholm AM, Palm H, Kallemose T, Troelsen A, Gromov K; DFDB collaborators. No association between surgical delay and mortality following distal femoral fractures: a study from the Danish Fracture Database Collaborators. *Injury*. 2017;48(12):2833–7. doi: 10.1016/j.injury.2017.10.022
- Hernefalk B, Brüggemann A, Mohammed J, Mukka S, Wolf O. Lower mortality in distal femoral fractures in the presence of a knee arthroplasty: an observational study on 2,725 fractures from the Swedish Fracture Register. *Acta Orthopaedica*. 2022;93:684–688. doi: 10.2340/17453674.2022.4376
- Arias E. United States Life Tables 2010. *Natl Vital Stat Rep*. 2014;63(7):1–63.

- 23.** Jordan RW, Chahal GS, Davies M, Srinivas K. A comparison of mortality following distal femoral fractures and hip fractures in an elderly population. *Adv Orthop Surg.* 2014;2014:1–4. doi: 10.1155/2014/873785
- 24.** Didel R, Choudhary K. Epidemiology and Treatment of Distal Femoral Fractures in Adults: An Hospital Based Study. *Asian Journal of Medical Research.* 2019;8(1):OR12–OR14. doi: 10.21276/ajmr.2019.8.1.OR5
- 25.** Yamamoto N, Ohbe H, Tomita Y, et al. Associations between Early Surgery and Postoperative Outcomes in Elderly Patients with Distal Femur Fracture: A Retrospective Cohort Study. *J Clin Med.* 2021;10(24):5800. doi: 10.3390/jcm10245800
- 26.** Nyholm AM, Gromov K, Palm H, Brix M, Kallemose T, Troelsen A; Danish Fracture Database C. Time to surgery is associated with thirtyday and ninety-day mortality after proximal femoral fracture: a retrospective observational study on prospectively collected data from the Danish Fracture Database Collaborators. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(16):1333–9. doi: 10.2106/JBJS.0.00029
- 27.** Zanchini F, Piscopo A, Cipolloni V, et al. Distal femur complex fractures in elderly patients treated with megaprosthesis: Results in a case series of 11 patients. *World J Orthop.* 2022;13(5):454–464. doi: 10.5312/wjo.v13.i5.454
- 28.** Hoffmann MF, Jones CB, Sietsema DL, Tornetta P 3<sup>rd</sup>, Koenig SJ. Clinical outcomes of locked plating of distal femoral fractures in a retrospective cohort. *J Orthop Surg Res.* 2013;8:43. doi: 10.1186/1749-799X-8-43
- 29.** Boureau F, Benad K, Putman S, Dereudre G, Kern G, Chantelot C. Does primary total knee arthroplasty for acute knee joint fracture maintain autonomy in the elderly? A retrospective study of 21 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101(8):947–51. doi: 10.1016/j.otsr.2015.09.021
- 30.** Chen F, Li R, Lall A, Schwechter EM. Primary total knee arthroplasty for distal femur fractures: a systematic review of indications, implants, techniques, and results. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2017;46(3):E163–1.
- 31.** Wui NB, Anuar MA, Wahid AM. Short-term outcome of early primary Total knee Arthroplasty for fractures around the knee in the elderly population: the experience of a secondary healthcare Centre in Malaysia. *Malaysian J Med Sci.* 2020;27(4):64–71. doi: 10.21315/mjms2020.27.4.6
- 32.** Choi NY, Sohn JM, Cho SG, Kim SC, In Y. Primary total knee arthroplasty for simple distal femoral fractures in elderly patients with knee osteoarthritis. *Knee Surg Related Res.* 2013;25(3):141–6. doi: 10.5792/ksrr.2013.25.3.141
- 33.** Elsoe R, Ceccotti AA, Larsen P. Population-based epidemiology and incidence of distal femur fractures. *Int Orthop.* 2018;42(1):191–6. doi: 10.1007/s00264-017-3665-1
- 34.** Konda SR, Pean CA, Goch AM, Fields AC, Egol KA. Comparison of short term outcomes of geriatric distal femur and femoral neck fractures: results from the NSQIP database. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2015;6(4):311–15. doi: 10.1177/2151458515608225

## ОБ АВТОРАХ

\* **Шерматов Кымбатбек Рустанбекович**, канд. мед. наук;  
адрес: Россия, 142005, Московская обл., Домодедово,  
ул. Пирогова, 9;  
ORCID: 0000-0003-3251-2185;  
e-mail: shermatov84@gmail.com

**Паршиков Михаил Викторович**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0003-4201-4577;  
eLibrary SPIN: 5838-4366;  
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

**Меджидов Камал Магомед Алиевич**;  
ORCID: 0000-0003-3967-3782;  
e-mail: Medjidof@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**Kymbatbek R. Shermatov**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
address: 9 Pirogova str., 142005 Domodedovo,  
Moscow region, Russia;  
ORCID: 0000-0003-3251-2185;  
e-mail: shermatov84@gmail.com

**Mikhail V. Parshikov**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: 0000-0003-4201-4577;  
eLibrary SPIN: 5838-4366;  
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

**Kamal M. Medjidov**;  
ORCID: 0000-0003-3967-3782;  
e-mail: Medjidof@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

# Оценка эффективности локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Систематический обзор литературы

Д.И. Казанцев<sup>1</sup>, А.А. Очкуренко<sup>2</sup>, В.А. Пелеганчук<sup>1</sup>, Ю.М. Батрак<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Барнаул, Россия;

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Представлен обзор литературы, посвящённой клинической эффективности различных методов локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Поиск литературы проводился по ключевым словам «криотерапия», «эндопротезирование коленного сустава» в базах данных Medline.ru, «КиберЛенинка», E-Library, PubMed, Cochrane. Дата проведения поиска — 01.07.2023 г. В обзор включены исследования, в которых проводилась оценка эффективности криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Согласно стратегии электронного поиска, найдено 562 реферата, в обзор включено 16 исследований. Хотя пациенты имели схожие характеристики, между исследованиями наблюдалась значительная гетерогенность по способам криотерапии, длительности и кратности холодового воздействия. Вероятно, это послужило причиной противоречивых результатов данного обзора. В настоящий момент трудно сделать однозначный вывод о преимуществах и недостатках использования криотерапии после эндопротезирования коленного сустава. Необходимы высококачественные исследования по оценке эффективности криотерапии.

**Ключевые слова:** криотерапия; эндопротезирование; коленный сустав.

## Как цитировать:

Казанцев Д.И., Очкуренко А.А., Пелеганчук В.А., Батрак Ю.М. Оценка эффективности локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Систематический обзор литературы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 109–126. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

# The evaluation of the effectiveness of cryotherapy after a knee replacement in the early postoperative period. Systematic review

Dmitriy I. Kazantsev<sup>1</sup>, Aleksandr A. Ochkurenko<sup>2</sup>, Vladimir A. Peleganchuk<sup>1</sup>, Yurii M. Batrak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Barnaul, Russia;

<sup>2</sup> Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

## ABSTRACT

A literature review of the clinical efficacy of various methods of local cryotherapy after knee endoprosthesis in the early postoperative period is presented. A literature search using the keywords “cryotherapy” and “knee arthroplasty” was conducted in the databases Medline.Ru, CyberLeninka, E-Library, PubMed, and Cochrane. The search date was January 7, 2023. The review included studies that assessed the effectiveness of cryotherapy after knee replacement in the early postoperative period. After electronic search, 562 abstracts were found, and 16 studies were included in the review. Although the patients had similar characteristics, significant heterogeneity was noted in the studies according to cryotherapy modality, duration, and frequency of cold exposure. This may have been the reason for the contradictory results of the review. It is challenging to draw a clear conclusion on the advantages and disadvantages of using cryotherapy after knee replacement. Thus, high-quality studies should examine the effectiveness of cryotherapy.

**Keywords:** cryotherapy; replacement; knee.

## To cite this article:

Kazantsev DI, Ochkurenko AA, Peleganchuk VA, Batrak YuM. The evaluation of the effectiveness of cryotherapy after a knee replacement in the early postoperative period. Systematic review. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):109–126. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

Received: 18.10.2023

Accepted: 05.12.2023

Published online: 22.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является эффективным хирургическим лечением поздней стадии артроза коленного сустава [1]. Через 3–6 месяцев после оперативного лечения отмечаются значительное снижение болевого синдрома, увеличение объёма движений, улучшение функции и качества жизни, связанного со здоровьем [2–8]. Исследования с краткосрочным и среднесрочным наблюдением показали отличные результаты с высокой степенью удовлетворённости. Однако ранний послеоперационный период может сопровождаться острой болью [9], локальным отёком и значительной кровопотерей [10, 11] как результатом повреждения мягких тканей в ходе оперативного вмешательства. Ответная воспалительная реакция усиливает отёк, ограничение движений коленного сустава, снижение силы четырёхглавой мышцы и, наконец, приводит к задержке выздоровления и длительному пребыванию в стационаре [12, 13]. Для снижения проявлений воспалительного процесса и облегчения боли часто используют немедикаментозные методы, такие как локальная криотерапия [14, 15]. Она заключается в наружном применении холода (охлаждённый газ, охлаждённые жидкости, лёд) на область хирургического вмешательства с целью минимизации воспаления мягких тканей после эндопротезирования коленного сустава [10, 11]. Холод, проникая в мягкие ткани, снижает внутрисуставную температуру [12], тем самым замедляя проведение нервных импульсов [13], и уменьшает локальный кровоток [14, 15]. Эти изменения, в свою очередь, снижают болевую чувствительность, воспалительную реакцию, уровень кровопотери и местный отёк.

Несмотря на большое количество публикаций, посвящённых криотерапии, существуют противоречивые данные о роли локальной криотерапии в раннем послеоперационном периоде после тотального эндопротезирования коленного сустава. Анализ систематических обзоров показывает, что нет единого мнения об определении наиболее эффективной методики локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава [16–20]. Остаются актуальными вопросы выбора охлаждающего агента (охлаждённый газ, колотый лёд, гелевые подушки, криотерапевтические устройства), температуры воздействия, частоты применения, длительности экспозиции и продолжительности курса. Этот обзор литературы направлен на дальнейшее изучение клинической эффективности различных методов локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде.

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Поиск литературы проводился по ключевым словам «криотерапия», «эндопротезирование коленного

сустава» в базах данных Medline.ru, «КиберЛенинка», E-Library. Для баз данных PubMed и Cochrane ключевыми словами были «cryotherapy», «knee arthroplasty». Дата проведения поиска — 01.07.2023 г. Ограничение поиска по языку и времени публикации и фильтр для баз данных Medline.ru, E-Library, «КиберЛенинка» и Cochrane не применялись. При поиске в базе данных PubMed использовался фильтр по типу статей, из поиска были исключены обзоры, систематические обзоры и статьи с метаанализом данных.

*Критерием включения* были клинические исследования, в которых:

- проводилась оценка эффективности применения локальной криотерапии у пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава;
- сравнивалась эффективность использования любой формы локальной криотерапии в остром послеоперационном периоде (до 48 часов);
- выполнялась оценка эффективности одним и более из интересующих нас показателей.

*Критерии невключения:*

- применение криотерапии в комбинированном лечении с другими методиками, за исключением компрессии;
- использование криотерапии через 48 и более часов после оперативного вмешательства;
- обзоры литературы, систематические обзоры, метаанализы;
- неполнотекстовые статьи.

Компрессионное воздействие на сустав исключить не представляется возможным, так как в раннем послеоперационном периоде использовался компрессионный трикотаж с целью профилактики тромбозомболических осложнений. К тому же большинство устройств для криотерапии оказывают компрессионное воздействие на сустав.

Из включённых в исследование статей извлекались общая информация, методика применения криотерапии и критерии оценки эффективности. Общая информация включала в себя дизайн исследования, авторов, количество участников исследования и конфликт интересов. Методика применения включала способ криотерапевтического воздействия (с применением пузыря со льдом, гелем или с помощью устройств), время старта криотерапии (непосредственно после операции или отсроченно), а также продолжительность воздействия, частоту применения и длительность курса терапии.

Критериями оценки эффективности были:

- боль (шкалы);
- отёк (окружность сустава вокруг фиксированной точки в миллиметрах);
- объём кровопотери (измерялся в миллилитрах содержимого дренажа/снижение гемоглобина);
- объём движения сустава (в градусах);
- сила мышц (выбранная автором оценка);

- продолжительность стационарного лечения (изменялась в количестве дней, проведённых в стационаре после операции);
- потребность в опиоидах (миллиграмм на килограмм массы тела).

Сила мышц является собирательным понятием, которое складывается из данных альгофункциональных шкал, выбранных автором (KSS, 6MWT, ходьба без посторонней помощи и т.д.).

Согласно стратегии электронного поиска найдено 562 реферата: Medline.ru — 0 исследований, «КиберЛенинка» — 44 исследования, E-Library — 424, PubMed — 29, Cochrane Database — 65. После анализа рефератов 546 исследований были исключены из обзора, так как не отвечали критериям включения и/или соответствовали критериям невключения (рис. 1).

В данный обзор было включено 16 исследований [21–36]. Всего в них было изучено влияние криотерапии на 1300 коленных суставов после эндопротезирования коленного сустава у 1241 пациента (у 59 пациентов выполнено двустороннее ТЭКС).

В табл. 1 представлена сводная оценка каждого включённого в обзор исследования. Все исследования были проспективными. В одном из них не была проведена рандомизация [25]. Слепение для криотерапии затруднено из-за характера вмешательства, но было достигнуто в 3 исследованиях [27, 34, 35]. Стоит отметить, что двое авторов докладывают о существующем конфликте интересов, в трёх исследованиях отмечено финансовое участие коммерческих организаций, в двух работах информации о конфликте интересов и финансировании не предоставлено.

Хотя пациенты имели схожие характеристики, между исследованиями наблюдалась значительная

гетерогенность по способам криотерапии, длительности, кратности холодового воздействия и оценке эффективности. В пяти исследованиях [21, 24, 25, 30, 31] сравниваемые группы различались наличием либо отсутствием воздействия холода на коленный сустав. В четырёх из них использовалось устройство для непрерывной локальной криотерапии, в пятом исследовании применяли колотый лёд. Подробная информация о методиках криотерапии данной группы исследований представлена в табл. 2.

В одиннадцати работах [22, 23, 26–29, 32–36] проводилось сравнение разных способов криотерапии. В восьми из одиннадцати исследований сравнивалась эффективность традиционного способа криотерапии (пакет со льдом/гелем) с эффективностью криотерапевтических устройств с манжетой на сустав [23, 27–29, 32–35]. В двух из одиннадцати исследований сравнивалась эффективность разных температурных режимов [22, 36]. В одном исследовании автор проводил сравнительную оценку эффективности трёх методов криотерапии: пакета с гелем, воздушной криотерапии и устройства для криотерапии с манжетой на сустав [26]. Подробная информация о методике локальной криотерапии представлена в приложении 1.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В данный систематический обзор включено 16 исследований. Была ожидаема проблема гетерогенности исследований по методике вмешательства (температура, частота и длительность воздействия, продолжительность курса) и критериям оценки. Для оценки эффективности все исследования были разделены на две группы. В первой группе исследований сравнивалась эффективность криотерапии с контрольной группой, где пациентам

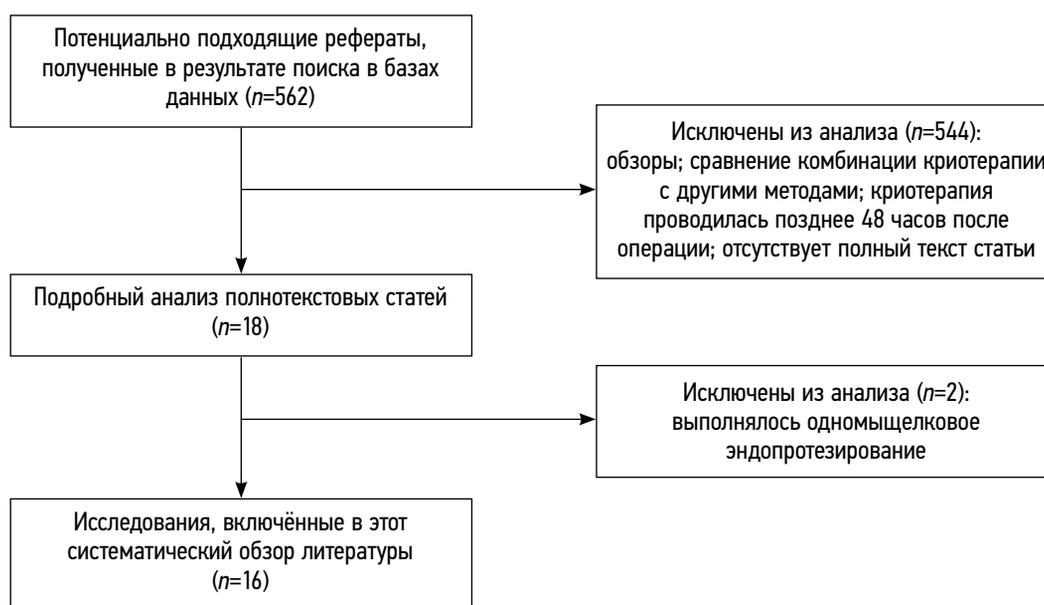


Рис. 1. Схема отбора источников литературы по криотерапии после эндопротезирования коленного сустава.

Fig. 1. A literature source selection scheme for cryotherapy after knee endoprosthesis.

Таблица 1. Общая характеристика включённых в обзор исследований  
Table 1. General characteristics of the studies included in the review

Автор	Год публикации	Количество пациентов	Проспективное исследование	Рандомизация	Ослепление	Конфликт интересов
Levy A.	1993	80	Да	Да	Нет	Есть
Ivey M.	1994	88	Да	Да	Нет	Нет информации
Healy W.	1994	76	Да	Да	Нет	Есть
Gibbons C.	2001	60	Да	Да	Нет	Нет информации
Morsi E.	2002	30	Да	Нет	Нет	Нет
Demoulin C.	2012	66	Да	Да	Нет	Нет, но есть финансирование
Su E.	2012	187	Да	Да	Да	Нет
Thienpont E.	2014	100	Да	Да	Нет	Нет
Bech M.	2015	71	Да	Да	Нет	Нет, но есть финансирование
Witting-Wells D.	2015	29	Да	Да	Нет	Нет
Kuyucu E.	2015	60	Да	Да	Нет	Нет
Schinsky M.	2016	97	Да	Да	Нет	Нет
Ruffilli A.	2017	50	Да	Да	Нет	Нет
Sadoghi P.	2018	97	Да	Да	Да	Нет, но есть финансирование
Karaduman Z.	2019	90	Да	Да	Нет	Нет
Thijs E.	2019	60	Да	Да	Да	Нет

Таблица 2. Результаты исследования оценки эффективности криотерапии (контрольная группа — отсутствие холодового воздействия)  
Table 2. Results of a study to evaluate the effectiveness of cryotherapy (control group — no cold exposure)

Автор	Год публикации	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Способ криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса (дн.)	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность лечения	Потребность в опиоидах
Levy A.	1993	80	День операции	Сгуо/Cuff, Aircast, USA	Нет информации	Непрерывно, замена воды в системе каждые 90 минут	3	2 недели	$p < 0,01$	—	$p < 0,001$	$p < 0,01$	—	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Gibbons C.	2001	60	День операции	Сгуо/Cuff, Aircast, UK	Нет информации	Не менее 6 часов в день	11–13	Нет информации	$p > 0,05$	—	$p < 0,05$	$p > 0,05$	—	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Morsi E.	2002	30	День операции	Устройство для непрерывной криотерапии	Первые 2 часа — $7 \pm 2^\circ$ , затем $12 \pm 3^\circ$ (температура кожи)	Непрерывно с короткими интервалами на ЛФК	6	6 недель	$p < 0,05$	$p > 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	—	—	—
Witting-Wells D.	2015	29	День операции	Пакет со льдом	Нет информации	30 минут 1 раз в день	1	Нет информации	$p > 0,05$	—	—	—	—	—	—
Куусу Е.	2015	60	Перед операцией	Waegeneer®, Beergse, Belgium	Нет информации	2 часа перед операцией. 2 часа 1 раз в день	4	12 месяцев	$p < 0,05$	—	$p > 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	—	—

Примечание.  $p < 0,05$  — значимая разница между сравниваемыми группами,  $p > 0,05$  — значимой разницы между сравниваемыми группами нет, — — не исследовалось.  
Note.  $p < 0,05$  — significant difference between the compared groups,  $p > 0,05$  — no significant difference between the compared groups, — — not investigated.

не применялось холодное воздействие. Во второй группе исследований проводилась оценка способов криотерапии.

### **Эффективность применения криотерапии (контрольная группа — отсутствие холодного воздействия)**

В трёх из пяти исследований криотерапия показала эффективность в отношении болевого синдрома [21, 25, 31]. А. Levy отметил снижение потребности в опиоидах в группе криотерапии [21]. В двух работах значимой разницы по болевому синдрому выявлено не было [24, 30]. С. Gibbons не выявил преимуществ криотерапии относительно потребности в опиоидах [24]. Вероятно, это связано с различной температурой охлаждения кожных покровов. Исследователи L. Jutte [37] и R. Bugaj [38] в своих работах сообщили, что температура кожных покровов 13,6° вызывает местную анальгезию, а снижение температуры кожи до 12,5° приводит к десятипроцентному снижению нервной проводимости. В данной группе исследований только Е. Morsi [25] контролировал температуру кожных покровов на протяжении всего испытания. Можно сделать вывод, что гетерогенность результата связана с разным температурным режимом воздействия на сустав.

Оценка объёма кровопотери была проведена в четырёх исследованиях [21, 24, 25, 31]. В трёх из них выявлено значимое преимущество криотерапии [21, 24, 25]. Стоит отметить, что объём кровопотери был значимо меньше в исследованиях, где криотерапия применялась непрерывно либо не менее 6 часов в день. Е. Киуиси оказывал воздействие на сустав 2 часа в день, преимуществ криотерапии относительно объёма кровопотери выявлено не было [31]. Вероятно, объём кровопотери был меньше за счёт длительной дополнительной компрессии коленного сустава, которая привела к уменьшению полости сустава. Но данная гипотеза требует дальнейшего исследования.

Объём движений был исследован в четырёх работах [21, 24, 25, 31], эффективность криотерапии доказана в трёх из них [21, 25, 31]. В современной литературе описывается несколько факторов, влияющих на объём движений коленного сустава после эндопротезирования: исходная деформация сустава, выбор имплантата, хирургическая техника, сопутствующая патология, реабилитационный потенциал пациента. J. Lützner [39] в своей работе провёл многофакторный анализ и пришёл к выводу, что дооперационный объём движений коленного сустава был единственным значимым фактором, влияющим на объём движений при последующем наблюдении. В нашем обзоре отмечена корреляция между болевым синдромом и объёмом движений в суставе: чем меньше болевой синдром в группе, тем больше объём движений в суставе, при условии, что между сравниваемыми группами не было статистически значимых различий по альгофункциональным шкалам и объёму движений перед вмешательством [24, 31].

Проводилась оценка влияния криотерапии на отёк коленного сустава, силу мышц и продолжительность стационарного лечения. Е. Morsi в своём исследовании не выявил преимуществ криотерапии для отёка сустава, несмотря на доказанную эффективность в отношении болевого синдрома, объёма кровопотери и объёма движений [25]. Сила мышц имела положительную корреляцию с объёмом движений и отрицательную — с болевым синдромом [31]. С. Gibbons не выявил влияния криотерапии на продолжительность стационарного лечения, а также на болевой синдром, потребность в опиоидах и объём движений [24].

Критерии выписки из стационара включают в себя способность к самообслуживанию [40]. Пациент должен самостоятельно передвигаться, производить смену положения тела, ходить с костылями более 70 метров. Реализация данных критериев возможна в условиях умеренного болевого синдрома, достаточного объёма движений, силы мышц и отсутствия потребности в парентеральных обезболивающих, в том числе опиатах.

Высокая гетерогенность методик локальной криотерапии неизбежно приводит к различным результатам, что не позволяет нам однозначно утверждать о преимуществе одной из них. К такому же заключению пришёл в своей работе Р. Крампе: исследования, включённые в его систематический обзор, имели множество методологических ошибок, и проведённый им метаанализ не смог подтвердить клиническую эффективность локальной криотерапии [18].

### **Эффективность применения криотерапии (исследуемые группы отличаются способом холодного воздействия)**

М. Ivey [22] и Е. Thijs [36] в своих исследованиях оценили эффективность криотерапии в зависимости от температурного режима. М. Ivey сравнивал влияние трёх температурных режимов (10, 16, 21°) на уровень болевого синдрома и потребность в опиоидах [22]. Значимой разницы между сравниваемыми группами ни по одному критерию получено не было. Е. Thijs сравнил эффективность двух температурных режимов (10–12, 21°) в отношении болевого синдрома, отёка сустава и потребности в опиоидах, была получена значимая разница между сравниваемыми группами по болевому синдрому и потребности в опиоидах, но не было отмечено различий в отношении отёка сустава [36]. Из этого исследования можно сделать вывод, что температурный режим влияет на болевой синдром. Отсутствие разницы между сравниваемыми группами в отношении отёчности сустава можно объяснить одинаковым режимом компрессионного воздействия на коленный сустав. Противоположные результаты этих исследований в отношении болевого синдрома и потребности в опиатах, вероятно, связаны с применением разных послеоперационных повязок: М. Ivey применял марлевую повязку для закрытия послеоперационной

раны [22], E. Thijs — адгезивную повязку [36]. T. Ibrahim в своём экспериментальном исследовании доказал влияние толщины послеоперационной повязки на температуру кожных покровов при проведении криотерапии у здоровых пациентов [41]. Адгезивная повязка не оказывает значимого теплоизолирующего действия на кожные покровы в сравнении с группой, где повязка отсутствовала. Температура кожных покровов под объёмными повязками значимо отличалась.

Традиционная криотерапия включает в себя использование пакетов со льдом или гелем. Современная криотерапия представляет собой устройства, способные удерживать заданную температуру длительное время, а также оказывать контролируруемую компрессию на сустав. В семи исследованиях авторы оценивали клиническую эффективность современных устройств в сравнении с традиционными способами криотерапии [23, 27–29, 32–34]. Важно отметить, что все пациенты в той или иной мере получали компрессию прооперированного сустава, так как в большинстве клиник применение компрессионного трикотажа с целью профилактики тромбозных осложнений в послеоперационном периоде является обязательным.

Возможно, этим фактом объясняется отсутствие значимой разницы в объёме кровопотери и отёке сустава между традиционной и аппаратной криотерапией во всех семи исследованиях. К тому же компрессионный трикотаж создаёт дополнительную теплоизоляцию, что препятствует достижению терапевтически значимой температуры кожных покровов [37, 38]. Это объясняет отсутствие значимых различий в раннем послеоперационном периоде по болевому синдрому и потребности в опиатах в пяти из семи исследований [23, 27–29, 33]. M. Schinsky получил значимое снижение болевого синдрома в группе с традиционной криотерапией через 6 недель после операции. В других исследованиях такого результата не наблюдалось [32]. Вероятно, в этом исследовании имелись дополнительные факторы, влияющие на болевой синдром.

E. Su получил значимое снижение потребности в опиатах в группе с криотерапевтическим устройством [27]. Пакет со льдом накладывался на компрессионно-эластическую повязку, что теоретически могло послужить препятствием для достижения целевой температуры кожных покровов. Криопневматическое устройство накладывалось на сустав без дополнительной компрессионной повязки.

В исследовании P. Sadoghi накладывались одинаковые послеоперационные повязки и компрессионный трикотаж [34], однако длительность холодового воздействия традиционными способами криотерапии была значительно меньше. К тому же в группе с применением устройства для криотерапии холодовое воздействие оказывалось перед оперативным вмешательством. Это могло послужить причиной меньшего уровня болевого синдрома у пациентов с использованием устройства.

Объём движений сустава изучался во всех семи исследованиях, где проводилось сравнение традиционной и аппаратной криотерапии, а сила мышц — в трёх [27–29]. В вышеперечисленных исследованиях отмечается взаимосвязь между болевым синдромом, объёмом движений и силой мышц. Исключение составляет исследование E. Thienpont [28]. В данном исследовании нет предоперационной оценки объёма движений сустава в сравниваемых группах, что гипотетически могло привести к статистической ошибке. Значимой разницы в длительности стационарного лечения в данных исследованиях выявлено не было.

Вышеперечисленные исследования различаются по выбору послеоперационной повязки, эластического трикотажа, продолжительности холодового воздействия, контролю температуры кожных покровов и предоперационной функциональной оценке. В настоящем обзоре мы не нашли данных о явных клинических преимуществах криотерапевтических устройств перед традиционной криотерапией. В этом наш вывод совпадает с A. Thasoo и M. Liu [17, 19], которые в своих работах также отмечают значительную гетерогенность методик локальной криотерапии.

C. Demoulin сравнивал эффективность трёх способов криотерапии: воздушной криотерапии, пакета с гелем и устройства для криотерапии с манжетой [26]. В данном исследовании проводился контроль температуры кожных покровов. Терапевтически значимая температура кожи была достигнута только в группе воздушной криотерапии, но воздействие длилось 90 секунд. Температура кожных покровов достигла 22–24° в группах традиционной криотерапии и с применением устройства, но информация об экспозиции данной температуры отсутствует. В группе с применением геля дополнительно использовалось полотенце, что могло повлиять на результат. Автор использовал сравнение болевого синдрома после операции с предоперационным уровнем боли. В связи с этим  $p < 0,05$  в группах воздушной и традиционной криотерапии говорит о значительной разнице болевого синдрома в сторону его увеличения.

Z. Karaduman провёл сравнение трёх групп [35]. В двух группах использовалось устройство для криотерапии: в одной из них криотерапия применялась до и после операции, во второй группе — только после операции. Третья группа пациентов получала традиционную криотерапию. В группах, где применялось устройство для криотерапии, показатели боли, отёка сустава, объёма кровопотери и продолжительности стационарного лечения были значимо лучшими, чем в группе традиционной криотерапии. В группе, где криотерапия применялась перед операцией, показатель боли и объём движений в суставе были значительно лучше, чем во второй и третьей группах. Вероятно, применение криотерапии перед операцией оказывает положительный эффект на болевой синдром и, как следствие, на объём движений в раннем послеоперационном периоде.

В пяти работах учитывался индекс массы тела (ИМТ) пациентов [26, 28, 33, 35, 36]. Сравнимые группы были однородны по ИМТ. Существует гипотеза, что на внутрисуставную температуру во время криотерапии может повлиять толщина мягких тканей. У.Н. Kim в своём исследовании оценивал влияние газовой криотерапии на температуру кожных покровов и внутрисуставную температуру [42]. Значимой корреляции между ИМТ и динамикой изменения температуры кожных покровов или в полости коленного сустава ни во время криотерапии, ни после неё не выявлено. Стоит отметить, что ИМТ может неточно отражать толщину подкожно-жировой клетчатки области коленного сустава. Представляется необходимым изменение толщины подкожно-жировой клетчатки области коленного сустава при определении соотношения динамики охлаждения кожных покровов и полости сустава во время криотерапии.

Во всех 16 исследованиях не было отмечено осложнений, ассоциированных с охлаждением кожных покровов. Встречались тромбозы глубоких вен нижних конечностей, поверхностная и глубокая перипротезные инфекции [21, 24, 35]. Однако значимой разницы в количестве осложнений в сравниваемых группах не было обнаружено ни в одном исследовании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контроль болевого синдрома после эндопротезирования коленного сустава по-прежнему является важным аспектом в раннем послеоперационном периоде. Локальная криотерапия как метод немедикаментозного воздействия на болевой синдром становится всё более популярной. Результаты данного обзора по оценке эффективности применения локальной криотерапии достаточно противоречивы. Вероятно, это связано

с гетерогенностью холодового воздействия: способом криотерапии, температурой воздействия, частотой применения, длительностью экспозиции и продолжительностью курса.

В настоящее время трудно сделать однозначный вывод о преимуществах и недостатках использования криотерапии. Необходимы высококачественные исследования по оценке эффективности локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава.

## 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.

## 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.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Felson D.T., Lawrence R.C., Hochberg M.C., et al. Osteoarthritis: new insights. Part 2: treatment approaches // *Ann Intern Med.* 2000. Vol. 133, № 9. P. 726–37. doi: 10.7326/0003-4819-133-9-200011070-00015
2. Naylor J.M., Harmer A.R., Heard R.C., et al. Patterns of recovery following knee and hip replacement in an Australian cohort // *Aust Health Rev.* 2009. Vol. 33, № 1. P. 124–35. doi: 10.1071/ah090124
3. Bourne R.B., McCalden R.W., MacDonald S.J., et al. Influence of patient factors on TKA outcomes at 5 to 11 years followup // *Clin Orthop.* 2007. Vol. 464. P. 27–31. doi: 10.1097/BLO.0b013e318159c5ff
4. Harris W.H., Sledge C.B. Total hip and total knee replacement (2) // *N Engl J Med.* 1990. Vol. 323, № 12. P. 801–7. doi: 10.1056/NEJM199009203231206
5. Hawker G., Wright J., Coyte P., et al. Health-related quality of life after knee replacement // *J Bone Joint Surg Am.* 1998. Vol. 80, № 2. P. 163–73. doi: 10.2106/00004623-199802000-00003
6. Sorrells R.B., Voorhorst P.E., Murphy J.A., et al. Uncemented rotating-platform total knee replacement: a five to twelve-year follow-up study // *J Bone Joint Surg Am.* 2004. Vol. 86, № 10. P. 2156–62.
7. Kurtz S., Ong K., Lau E., Mowat F., Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 // *J Bone Joint Surg Am.* 2007. Vol. 89, № 4. P. 780–5. doi: 10.2106/JBJS.F.00222
8. Patel A., Pavlou G., Mújica-Mota R.E., Toms A.D. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the national joint registry dataset // *Bone Joint J.* 2015. Vol. 97-B, № 8. P. 1076–81. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170
9. Jamison R.N., Ross M.J., Hoopman P., et al. Assessment of postoperative pain management: patient satisfaction and perceived helpfulness // *Clin J Pain.* 1997. Vol. 13, № 3. P. 229–36. doi: 10.1097/00002508-199709000-00008
10. Berman A.T., Geissele A.E., Bosacco S.J. Blood loss with total knee arthroplasty // *Clin Orthop.* 1988. № 234. P. 137–8.
11. Sehat K.R., Evans R.L., Newman J.H. Hidden blood loss following hip and knee arthroplasty. Correct management of blood loss should

- take hidden loss into account // *J Bone Joint Surg Br.* 2004. Vol. 86, № 4. P. 561–5.
- 12.** Matsen 3<sup>rd</sup> F.A., Questad K., Matsen A.L. The effect of local cooling on postfracture swelling. A controlled study // *Clin Orthop Relat Res.* 1975. № 109. P. 201–6. doi: 10.1097/00003086-197506000-00029
- 13.** Hecht P.J., Bachmann S., Booth Jr R.E., Rothman R.H. Effects of thermal therapy on rehabilitation after total knee arthroplasty. A prospective randomized study // *Clin Orthop Relat Res.* 1983. № 178. P. 198–201.
- 14.** Guillot X., Tordi N., Prati C., et al. Cryotherapy decreases synovial Doppler activity and pain in knee arthritis: A randomized-controlled trial // *Joint Bone Spine.* 2017. Vol. 84, № 4. P. 477–483. doi: 10.1016/j.jbspin.2016.09.004
- 15.** Zhong Y., Zheng C., Du W., et al. Mirabilite with ice pack after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial study // *Evid Based Complement Alternat Med.* 2021. Vol. 2021. P. 6611614. doi: 10.1155/2021/6611614
- 16.** Adie S., Kwan A., Naylor J.M., Harris I.A., Mittal R. Cryotherapy following total knee replacement // *Cochrane Database Syst Rev.* 2012. № 9. P. CD007911. doi: 10.1002/14651858.CD007911
- 17.** Thacoor A., Sandiford N.A. Cryotherapy following total knee arthroplasty: What is the evidence? // *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019. Vol. 27, № 1. P. 2309499019832752. doi: 10.1177/2309499019832752
- 18.** Krampe P.T., Bendo A.J.P., Barros M.I.G., Bertolini G.R.F., Buzanello Azevedo M.R. Cryotherapy in Knee Arthroplasty: Systematic Review and Meta-Analysis // *Ther Hypothermia Temp Manag.* 2023. Vol. 13, № 2. P. 45–54. doi: 10.1089/ther.2022.0043
- 19.** Liu M.M., Tian M., Luo C., Wang S., Shao L. Continuous cryotherapy vs. traditional cryotherapy after total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Front Surg.* 2023. Vol. 9. P. 1073288. doi: 10.3389/fsurg.2022.1073288
- 20.** Wyatt P.B., Nelson C.T., Cyrus J.W., Goldman A.H., Patel N.K. The Role of Cryotherapy After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review // *J Arthroplasty.* 2023. Vol. 38, № 5. P. 950–956. doi: 10.1016/j.arth.2022.12.004
- 21.** Levy A.S., Marmar E. The role of cold compression dressings in the postoperative treatment of total knee arthroplasty // *Clin Orthop Relat Res.* 1993. № 297. P. 174–8.
- 22.** Ivey M., Johnston R.V., Uchida T. Cryotherapy for postoperative pain relief following knee arthroplasty // *J Arthroplasty.* 1994. Vol. 9, № 3. P. 285–90. doi: 10.1016/0883-5403(94)90083-3
- 23.** Healy W.L., Seidman J., Pfeifer B.A., Brown D.G. Cold compressive dressing after total knee arthroplasty // *Clin Orthop Relat Res.* 1994. № 299. P. 143–6.
- 24.** Gibbons C.E., Solan M.C., Ricketts D.M., Patterson M. Cryotherapy compared with Robert Jones bandage after total knee replacement: a prospective randomized trial // *Int Orthop.* 2001. Vol. 25, № 4. P. 250–2. doi: 10.1007/s002640100227
- 25.** Morsi E. Continuous-flow cold therapy after total knee arthroplasty // *J Arthroplasty.* 2002. Vol. 17, № 6. P. 718–22. doi: 10.1054/arth.2002.33562
- 26.** Demoulin C., Brouwers M., Darot S., et al. Comparison of gaseous cryotherapy with more traditional forms of cryotherapy following total knee arthroplasty // *Ann Phys Rehabil Med.* 2012. Vol. 55, № 4. P. 229–40. doi: 10.1016/j.rehab.2012.03.004
- 27.** Su E.P., Perna M., Boettner F., et al. A prospective, multi-center, randomised trial to evaluate the efficacy of a cryopneumatic device on total knee arthroplasty recovery // *J Bone Joint Surg Br.* 2012. Vol. 94, № 11 Suppl A. P. 153–6. doi: 10.1302/0301-620X.94B11.30832
- 28.** Thienpont E. Does advanced cryotherapy reduce pain and narcotic consumption after knee arthroplasty? // *Clin Orthop Relat Res.* 2014. Vol. 472, № 11. P. 3417–23. doi: 10.1007/s11999-014-3810-8
- 29.** Bech M., Moorhen J., Cho M., et al. Device or ice: the effect of consistent cooling using a device compared with intermittent cooling using an ice bag after total knee arthroplasty // *Physiother Can.* 2015. Vol. 67, № 1. P. 48–55. doi: 10.3138/ptc.2013-78
- 30.** Wittig-Wells D., Johnson I., Samms-McPherson J., et al. Does the use of a brief cryotherapy intervention with analgesic administration improve pain management after total knee arthroplasty? // *Orthop Nurs.* 2015. Vol. 34, № 3. P. 148–53. doi: 10.1097/NOR.0000000000000143
- 31.** Kuyucu E., Bülbül M., Kara A., Koçyiğit F., Erdil M. Is cold therapy really efficient after knee arthroplasty? // *Ann Med Surg (Lond).* 2015. Vol. 4, № 4. P. 475–8. doi: 10.1016/j.amsu.2015.10.019
- 32.** Schinsky M.F., McCune C., Bonomi J. Multifaceted Comparison of Two Cryotherapy Devices Used After Total Knee Arthroplasty: Cryotherapy Device Comparison // *Orthop Nurs.* 2016. Vol. 35, № 5. P. 309–16. doi: 10.1097/NOR.0000000000000276
- 33.** Ruffilli A., Castagnini F., Traina F., et al. Temperature-Controlled Continuous Cold Flow Device after Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial Study // *J Knee Surg.* 2017. Vol. 30, № 7. P. 675–681. doi: 10.1055/s-0036-1593874
- 34.** Sadoghi P., Hasenhütl S., Gruber G., et al. Impact of a new cryotherapy device on early rehabilitation after primary total knee arthroplasty (TKA): a prospective randomised controlled trial // *Int Orthop.* 2018. Vol. 42, № 6. P. 1265–1273. doi: 10.1007/s00264-018-3766-5
- 35.** Karaduman Z.O., Turhal O., Turhan Y., et al. Evaluation of the Clinical Efficacy of Using Thermal Camera for Cryotherapy in Patients with Total Knee Arthroplasty: A Prospective Study // *Medicina (Kaunas).* 2019. Vol. 55, № 10. P. 661. doi: 10.3390/medicina55100661
- 36.** Thijs E., Schotanus M.G.M., Bemelmans Y.F.L., Kort N.P. Reduced opiate use after total knee arthroplasty using computer-assisted cryotherapy // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019. Vol. 27, № 4. P. 1204–1212. doi: 10.1007/s00167-018-4962-y
- 37.** Jutte L.S., Merrick M.A., Ingersoll C.D., Edwards J.E. The relationship between intramuscular temperature, skin temperature, and adipose thickness during cryotherapy and rewarming // *Arch Phys Med Rehabil.* 2001. Vol. 82, № 6. P. 845–50. doi: 10.1053/apmr.2001.23195
- 38.** Bugaj R. The cooling, analgesic, and rewarming effects of ice massage on localized skin // *Phys Ther.* 1975. Vol. 55, № 1. P. 11–9. doi: 10.1093/ptj/55.1.11
- 39.** Lützner J., Hartmann A., Lützner C., Kirschner S. Is range of motion after cruciate-retaining total knee arthroplasty influenced by prosthesis design? A prospective randomized trial // *J Arthroplasty.* 2014. Vol. 29, № 5. P. 961–5. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.046
- 40.** Wainwright T.W., Gill M., McDonald D.A., et al. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations // *Acta Orthop.* 2020. Vol. 91, № 1. P. 3–19. doi: 10.1080/17453674.2019.1683790

41. Ibrahim T., Ong S.M., Saint Clair Taylor G.J. The effects of different dressings on the skin temperature of the knee during cryotherapy // *Knee*. 2005. Vol. 12, № 1. P. 21–3. doi: 10.1016/j.knee.2004.02.006

42. Kim Y.H., Baek S.S., Choi K.S., Lee S.G., Park S.B. The effect of cold air application on intra-articular and skin temperatures in the knee // *Yonsei Med J*. 2002. Vol. 43, № 5. P. 621–6. doi: 10.3349/yjmj.2002.43.5.621

## REFERENCES

1. Felson DT, Lawrence RC, Hochberg MC, et al. Osteoarthritis: new insights. Part 2: treatment approaches. *Ann Intern Med*. 2000;133(9):726–37. doi: 10.7326/0003-4819-133-9-200011070-00015
2. Naylor JM, Harmer AR, Heard RC, et al. Patterns of recovery following knee and hip replacement in an Australian cohort. *Aust Health Rev*. 2009;33(1):124–35. doi: 10.1071/ah090124
3. Bourne RB, McCalden RW, MacDonald SJ, et al. Influence of patient factors on TKA outcomes at 5 to 11 years followup. *Clin Orthop*. 2007;464:27–31. doi: 10.1097/BLO.0b013e318159c5ff
4. Harris WH, Sledge CB. Total hip and total knee replacement (2). *N Engl J Med*. 1990;323(12):801–7. doi: 10.1056/NEJM199009203231206
5. Hawker G, Wright J, Coyte P, et al. Health-related quality of life after knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(2):163–73. doi: 10.2106/00004623-199802000-00003
6. Sorrells RB, Voorhorst PE, Murphy JA, et al. Uncemented rotating-platform total knee replacement: a five to twelve-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(10):2156–62.
7. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(4):780–5. doi: 10.2106/JBJS.F.00222
8. Patel A, Pavlou G, Mújica-Mota RE, Toms AD. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the national joint registry dataset. *Bone Joint J*. 2015;97-B(8):1076–81. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170
9. Jamison RN, Ross MJ, Hoopman P, et al. Assessment of postoperative pain management: patient satisfaction and perceived helpfulness. *Clin J Pain*. 1997;13(3):229–36. doi: 10.1097/00002508-199709000-00008
10. Berman AT, Geissele AE, Bosacco SJ. Blood loss with total knee arthroplasty. *Clin Orthop*. 1988;(234):137–8.
11. Sehat KR, Evans RL, Newman JH. Hidden blood loss following hip and knee arthroplasty. Correct management of blood loss should take hidden loss into account. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(4):561–5.
12. Matsen 3<sup>rd</sup> FA, Questad K, Matsen AL. The effect of local cooling on postfracture swelling. A controlled study. *Clin Orthop Relat Res*. 1975;(109):201–6. doi: 10.1097/00003086-197506000-00029
13. Hecht PJ, Bachmann S, Booth Jr RE, Rothman RH. Effects of thermal therapy on rehabilitation after total knee arthroplasty. A prospective randomized study. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;(178):198–201.
14. Guillot X, Tordi N, Prati C, et al. Cryotherapy decreases synovial Doppler activity and pain in knee arthritis: A randomized-controlled trial. *Joint Bone Spine*. 2017;84(4):477–483. doi: 10.1016/j.jbspin.2016.09.004
15. Zhong Y, Zheng C, Du W, et al. Mirabilite with ice pack after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2021;2021:6611614. doi: 10.1155/2021/6611614
16. Adie S, Kwan A, Naylor JM, Harris IA, Mittal R. Cryotherapy following total knee replacement. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;(9):CD007911. doi: 10.1002/14651858.CD007911
17. Thacoor A, Sandiford NA. Cryotherapy following total knee arthroplasty: What is the evidence? *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2019;27(1):2309499019832752. doi: 10.1177/2309499019832752
18. Krampe PT, Bendo AJP, Barros MIG, Bertolini GRF, Buzanello Azevedo MR. Cryotherapy in Knee Arthroplasty: Systematic Review and Meta-Analysis. *Ther Hypothermia Temp Manag*. 2023;13(2):45–54. doi: 10.1089/ther.2022.0043
19. Liu MM, Tian M, Luo C, Wang S, Shao L. Continuous cryotherapy vs. traditional cryotherapy after total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Surg*. 2023;9:1073288. doi: 10.3389/fsurg.2022.1073288
20. Wyatt PB, Nelson CT, Cyrus JW, Goldman AH, Patel NK. The Role of Cryotherapy After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *J Arthroplasty*. 2023;38(5):950–956. doi: 10.1016/j.arth.2022.12.004
21. Levy AS, Marmar E. The role of cold compression dressings in the postoperative treatment of total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;(297):174–8.
22. Ivey M, Johnston RV, Uchida T. Cryotherapy for postoperative pain relief following knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1994;9(3):285–90. doi: 10.1016/0883-5403(94)90083-3
23. Healy WL, Seidman J, Pfeifer BA, Brown DG. Cold compressive dressing after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(299):143–6.
24. Gibbons CE, Solan MC, Ricketts DM, Patterson M. Cryotherapy compared with Robert Jones bandage after total knee replacement: a prospective randomized trial. *Int Orthop*. 2001;25(4):250–2. doi: 10.1007/s002640100227
25. Morsi E. Continuous-flow cold therapy after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002;17(6):718–22. doi: 10.1054/arth.2002.33562
26. Demoulin C, Brouwers M, Darot S, et al. Comparison of gaseous cryotherapy with more traditional forms of cryotherapy following total knee arthroplasty. *Ann Phys Rehabil Med*. 2012;55(4):229–40. doi: 10.1016/j.rehab.2012.03.004
27. Su EP, Perna M, Boettner F, et al. A prospective, multi-center, randomised trial to evaluate the efficacy of a cryopneumatic device on total knee arthroplasty recovery. *J Bone Joint Surg Br*. 2012;94(11 Suppl A):153–6. doi: 10.1302/0301-620X.94B11.30832
28. Thienpont E. Does advanced cryotherapy reduce pain and narcotic consumption after knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2014;472(11):3417–23. doi: 10.1007/s11999-014-3810-8
29. Bech M, Moorhen J, Cho M, et al. Device or ice: the effect of consistent cooling using a device compared with intermittent cooling using an ice bag after total knee arthroplasty. *Physiother Can*. 2015;67(1):48–55. doi: 10.3138/ptc.2013-78
30. Wittig-Wells D, Johnson I, Samms-McPherson J, et al. Does the use of a brief cryotherapy intervention with analgesic administration improve pain management after total knee arthroplasty? *Orthop Nurs*. 2015;34(3):148–53. doi: 10.1097/NOR.0000000000000143
31. Kuyucu E, Bülbül M, Kara A, Koçyiğit F, Erdil M. Is cold therapy really efficient after knee arthroplasty? *Ann Med Surg (Lond)*. 2015;4(4):475–8. doi: 10.1016/j.amsu.2015.10.019

- 32.** Schinsky MF, McCune C, Bonomi J. Multifaceted Comparison of Two Cryotherapy Devices Used After Total Knee Arthroplasty: Cryotherapy Device Comparison. *Orthop Nurs.* 2016;35(5):309–16. doi: 10.1097/NOR.0000000000000276
- 33.** Ruffilli A, Castagnini F, Traina F, et al. Temperature-Controlled Continuous Cold Flow Device after Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial Study. *J Knee Surg.* 2017;30(7):675–681. doi: 10.1055/s-0036-1593874
- 34.** Sadoghi P, Hasenhüttl S, Gruber G, et al. Impact of a new cryotherapy device on early rehabilitation after primary total knee arthroplasty (TKA): a prospective randomised controlled trial. *Int Orthop.* 2018;42(6):1265–1273. doi: 10.1007/s00264-018-3766-5
- 35.** Karaduman ZO, Turhal O, Turhan Y, et al. Evaluation of the Clinical Efficacy of Using Thermal Camera for Cryotherapy in Patients with Total Knee Arthroplasty: A Prospective Study. *Medicina (Kaunas).* 2019;55(10):661. doi: 10.3390/medicina55100661
- 36.** Thijs E, Schotanus MGM, Bemelmans YFL, Kort NP. Reduced opiate use after total knee arthroplasty using computer-assisted cryotherapy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(4):1204–1212. doi: 10.1007/s00167-018-4962-y
- 37.** Jutte LS, Merrick MA, Ingersoll CD, Edwards JE. The relationship between intramuscular temperature, skin temperature, and adipose thickness during cryotherapy and rewarming. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(6):845–50. doi: 10.1053/apmr.2001.23195
- 38.** Bugaj R. The cooling, analgesic, and rewarming effects of ice massage on localized skin. *Phys Ther.* 1975;55(1):11–9. doi: 10.1093/ptj/55.1.11
- 39.** Lützner J, Hartmann A, Lützner C, Kirschner S. Is range of motion after cruciate-retaining total knee arthroplasty influenced by prosthesis design? A prospective randomized trial. *J Arthroplasty.* 2014;29(5):961–5. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.046
- 40.** Wainwright TW, Gill M, McDonald DA, et al. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations. *Acta Orthop.* 2020;91(1):3–19. doi: 10.1080/17453674.2019.1683790
- 41.** Ibrahim T, Ong SM, Saint Clair Taylor GJ. The effects of different dressings on the skin temperature of the knee during cryotherapy. *Knee.* 2005;12(1):21–3. doi: 10.1016/j.knee.2004.02.006
- 42.** Kim YH, Baek SS, Choi KS, Lee SG, Park SB. The effect of cold air application on intra-articular and skin temperatures in the knee. *Yonsei Med J.* 2002;43(5):621–6. doi: 10.3349/ymj.2002.43.5.621

## ОБ АВТОРАХ

### \* Казанцев Дмитрий Игоревич;

адрес: Россия, 656024, Барнаул, ул. Ляпидевского, д. 1/3;  
ORCID: 0000-0002-5498-3861;  
e-mail: dmitry.kazantsev@inbox.ru

**Очкуренко Александр Алексеевич**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-1078-9725;  
eLibrary SPIN: 8324-2383;  
e-mail: cito-omo@mail.ru

**Пелеганчук Владимир Алексеевич**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-2386-4421;  
e-mail: 297501@mail.ru

**Батрак Юрий Михайлович**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0003-0489-1480;  
e-mail: dr\_yu.batrak@mail.ru

## AUTHORS' INFO

### \* Dmitriy I. Kazantsev;

address: 1/3 Lyapidevskogo str., 656024 Barnaul, Russia;  
ORCID: 0000-0002-5498-3861;  
e-mail: dmitry.kazantsev@inbox.ru

**Aleksandr A. Ochurenko**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: 0000-0002-1078-9725;  
eLibrary SPIN: 8324-2383;  
e-mail: cito-omo@mail.ru

**Vladimir A. Peleganchuk**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: 0000-0002-2386-4421;  
e-mail: 297501@mail.ru

**Yurii M. Batrak**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0003-0489-1480;  
e-mail: dr\_yu.batrak@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

**Приложение 1. Эффективность применения криотерапии (исследуемые группы отличаются способом холододового воздействия)  
Suppl 1. Effectiveness of cryotherapy application (study groups differ in the way of cold exposure)**

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Healy W.	1994	76	День операции	Сгуо/Cuff, Aircast, USA + компрессионный трикотаж	Нет информации	I фаза (4 дня) — замена воды каждые 4 часа, II фаза (7 дней) — замена воды каждые 2 часа	7–14 дней	6 недель	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	—	$p > 0,05$
				Пакет со льдом + эластичный бинт	Нет информации	Нет информации	Нет данных								
Ivey M.	1994	88	День операции	Proaction medical, Texas	10° на устройстве	Непрерывно	3 дня	Нет информации	$p > 0,05$	—	—	—	—	—	$p > 0,05$
				Proaction medical, Texas	16° на устройстве	Непрерывно	3 дня	Нет информации							
				Proaction medical, Texas	21° на устройстве	Непрерывно	3 дня								
Demoulin C.	2012	66	Первый день после операции	Воздушная криотерапия + компрессионный трикотаж	-78° (температура кожи 14°)	90 секунд 3 раза в день	5–7 дней	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	—	—	—
				Пакет с гелем (накладывался на полотноце)	2 часа заморозки (температура кожи 22–24°)	20 минут 5 раз в день	5–7 дней								
				Сгуо/Cuff, Aircast, UK + компрессионный трикотаж	Неизвестно (температура кожи 22–24°)	20 минут 5 раз в день	5–7 дней	$p > 0,05$							

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности									
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объем кровопотери	Объем движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах		
Su E.	2012	187	День операции	Game Ready	Охлаждение и давление титровалось до уровня комфорта пациента	2 часа охлаждения, перерыв минимум 1 час, 4 цикла в день. После выписки 1 час охлаждения, 30 минут перерыв	14 дней	6 недель	$p > 0,05$	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	-	$p < 0,05$	
																	Пакет со льдом + статическая компрессия
Thierpont E.	2014	100	День операции	Пакет со льдом + повязка Роберта-Джонса первые 12 часов	11 (6–15)° на устройстве	Однократно в течение 4 часов после операции. Со следующего дня — по 2 часа 2 раза в день. Разрешалось дополнительно применять холод ночью, 47 из 50 пациентов использовали зовали устройство дополнительно на протяжении всей ночи	Весь период госпитализации (количество койко-дней не указывается)	6 недель — оценка эффективности.	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Bech M.	2015	71	День операции	DonJoy Icecap, DJO Sapha (манжета накладывалась на слой трикотажа)	2-6° на устройстве	Непрерывно	48 часов	6 недель	p > 0,05	-	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Schinsky M.	2016	97	День операции	Polar Care Glacier (Breg, Inc.) + эластичный бинт	Нет информации	Стационарный период — 135,77 минуты за 3,72 раза в день. Со дня выписки до 3 недель — 83,93 минуты за 3,27 раза в день. С 3 до 6 недель — 65,63 минуты за 1,57 раза в день.	С 2,27 дня (выписка) до 6 недель	6 недель	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	-	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Ruffilli A.	2017	50	День операции	Hilotherm GmbH, Бетману + эластично-компрессионная повязка первые сутки	12° на устройстве	Непрерывно	7 дней (выписка)	1 неделя	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	–	–	$p > 0,05$
				Пакет со льдом + эластично-компрессионная повязка	Нет информации	Непрерывно, смена пакета со льдом каждые 30 минут	7 дней (выписка)								
Sadoghi P.	2018	97	Перед операцией	Waegeler®, Beerse, Belgium + компрессионный трикотаж	Нет информации	1 час перед операцией. 6 часов после операции. Со следующего дня — по 2 часа 2 раза в день	6 дней	6 дней	$p < 0,05$	$p > 0,05$	–	$p < 0,05$	–	$p > 0,05$	$p > 0,05$
			День операции	Пакет со льдом + компрессионный трикотаж	Нет информации	20 минут 3 раза в день	6 дней								

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии						Критерии эффективности						
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Karaduman Z.	2019	90	Перед операцией	Waegeler®, Beergse, Belgium + компрессионный трикотаж	11 (8–12)° на устройстве	4 часа перед операцией. 6 часов после операций. Первый послеоперационный день с интервалом 2 часа. Второй, третий день охлаждали каждые 6 часов по 2 часа	3 дня	12–24 месяца	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	-	$p < 0,05$	-
			День операции	Пакет с гелем + компрессионный трикотаж	Нет информации	Каждые 2 часа по 20 минут	3 дня								

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравнимые криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Thijs E.	2019	60	День операции	Zamar Therapy Cube, Vrsag, Croatia + компрессионный трикотаж	10–12° на устройстве	После операции — 6 часов, затем в первую ночь 4 часа. В первый день после операции — 2 раза в день по 2 часа, плюс ночью 4 часа. Во второй и последующие дни после операции — 2 раза в день по 2 часа, разрешалось дополнительно применять устройство ночью	7 дней	6 недель	$p < 0,05$	$p > 0,05$	-	-	-	-	$p < 0,05$
			День операции	Zamar Therapy Cube, Vrsag, Croatia + компрессионный трикотаж	21° на устройстве		7 дней								

Примечание.  $p < 0,05$  — значимая разница между сравниваемыми группами,  $p > 0,05$  — значимой разницы между сравниваемыми группами нет, — — не исследовалось. Статистически значимое отличие зарегистрировано через 6 недель, в группе с применением геля болевой синдром меньше.

Note.  $p < 0,05$  — significant difference between the compared groups,  $p > 0,05$  — no significant difference between the compared groups, — — not investigated. Statistically significant difference was registered after 6 weeks, the pain syndrome is less in the group with gel application.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto627302>

## Приоровские чтения — 2023

### АННОТАЦИЯ

15 и 16 декабря 2023 года в отеле «Рэдиссон Славянская» в г. Москве в торжественной обстановке проходила X Всероссийская научно-практическая конференция «Приоровские чтения», посвящённая 100-летию со дня рождения академика Мстислава Васильевича Волкова. В сообщении приведён краткий обзор мероприятия.

**Ключевые слова:** Приоровские чтения; травматология; ортопедия; 2023.

### Как цитировать:

Приоровские чтения — 2023 // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 127–131.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto627302>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto627302>

## Priorovsky Readings — 2023

### ABSTRACT

On December 15 and 16, 2023, the X All-Russian Scientific and Practical Conference “Priorovsky Readings” dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of Academician Mstislav Vasilievich Volkov was held in a solemn atmosphere at the Radisson Slavyanskaya Hotel in Moscow. The report gives a brief overview of the event.

**Keywords:** Priorovsky Readings; traumatology; orthopedics; 2023.

### To cite this article:

Priorovsky Readings — 2023. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):127–131. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto627302>

Received: 21.02.2024

Accepted: 21.02.2024

Published online: 11.03.2024

15 и 16 декабря 2023 года в отеле «Рэдиссон Славянская» в г. Москве в торжественной обстановке проходила X Всероссийская научно-практическая конференция «Приоровские чтения», посвящённая 100-летию со дня рождения академика Мстислава Васильевича Волкова.

Конференцию открыл директор Национального медицинского исследовательского центра (НМИЦ) травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова (ЦИТО) Минздрава России, доктор медицинских наук, профессор Российской академии наук (РАН) Антон Герасимович Назаренко. Он поздравил участников конференции с началом работы, подчеркнул важность ежегодных встреч для развития российской травматологии и ортопедии.

От имени Министерства здравоохранения РФ с приветственной речью выступил заместитель директора Департамента организации медицинской помощи и санаторно-курортного дела Минздрава России Дмитрий Юрьевич Батулин. «Уверен, что сегодняшнее мероприятие позволит участникам повысить свой профессиональный уровень, расширить кругозор, творческий потенциал молодых учёных и практиков!» — сказал Дмитрий Юрьевич.

С приветствием к гостям обратился председатель Самарской губернской думы, президент Ассоциации травматологов-ортопедов России (АТОР), президент и почётный ректор Самарского государственного медицинского университета (СамГМУ), академик РАН Геннадий Петрович Котельников.

Валерий Васильевич Береговых, заместитель академика-секретаря отделения медицинских наук, академик РАН, в своей речи приветствовал участников конференции, призвал и в дальнейшем укреплять взаимосвязи клинической и фундаментальной науки, подчеркнул важность развития научных основ травматологии и ортопедии.

Профессор Галина Евгеньевна Иванова, председатель «Союза реабилитологов России», главный специалист по медицинской реабилитации Минздрава РФ, заведующая отделом медико-социальной реабилитации инсульта Научно-исследовательского института (НИИ) цереброваскулярной патологии и инсульта, заведующая кафедрой медицинской реабилитации факультета дополнительного профессионального образования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», призвала к тесному сотрудничеству травматологов-ортопедов и реабилитологов, что поможет существенно улучшить результаты лечения травм и ортопедических заболеваний.

С тёплыми напутственными и приветственными словами к участникам «Приоровских чтений» обратились президент Федерального государственного бюджетного учреждения (ФГБУ) «НМИЦ детской травматологии и ортопедии

им. Г.И. Турнера» Минздрава России, вице-президент АТОР, академик РАН Алексей Георгиевич Баиндурашвили и президент Восточно-Европейской группы по изучению сарком EESG, академик РАН Мамед Джавадович Алиев. От имени коллег из Санкт-Петербурга приветствовал открытие «Приоровских чтений» и пожелал успешной работы директор ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, вице-президент АТОР, член-корреспондент РАН Рашид Муртузалиевич Тихилов.

С онлайн-приветствиями и пожеланиями успешной работы выступили Леонид Михайлович Рашаль, президент НИИ неотложной детской хирургии и травматологии, Герой Труда России, президент «Национальной медицинской палаты»; Александр Григорьевич Румянцев, президент НМИЦ детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачёва, академик РАН; Андрей Дмитриевич Каприн, директор ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, главный внештатный онколог Минздрава России, академик РАН; Александр Михайлович Лиля, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой», главный внештатный специалист-ревматолог Минздрава России, член-корреспондент РАН.

От имени белорусских коллег, травматологов-ортопедов, приветствовал участников и выразил уверенность в успешной работе конференции Михаил Александрович Герасименко, директор Республиканского научно-практического центра травматологии и ортопедии, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Белорусского государственного медицинского университета.

Особыми гостями конференции стали дочь и внучка академика М.С. Волкова, которые поделились воспоминаниями о Мстиславе Васильевиче и произнесли слова благодарности организаторам мероприятия.

В X Всероссийской научно-практической конференции «Приоровские чтения» приняли участие делегации специалистов из стран СНГ, Италии и Мексики. Очно на конференции присутствовали 700 участников, дистанционно подключились более 400 специалистов. Научная программа состояла из 21 секции, проходила в 4 залах и включала обсуждения докладов по ключевым направлениям — артроскопия, эндопротезирование, патология костной системы, хирургия позвоночника, боевая травма; одной из главных тем конференции стало обсуждение улучшения ортопедической помощи детям. Суммарно 136 очных спикеров и 15 подключённых онлайн прочитали порядка 200 уникальных докладов. На выставке оборудования 30 партнёров продемонстрировали инновационные технологии.

В рамках «Приоровских чтений» прошли совещание на тему подготовки кадров в травматологии и ортопедии, сателлитный симпозиум по применению

современных материалов и методик для улучшения клинических результатов, а также круглый стол на тему нормативно-правового регулирования тканевых банков. Отдельная секция была выделена для конференции молодых учёных.

На совещании по образованию в травматологии и ортопедии модераторами являлись председатель Самарской губернской думы, президент АТОР, президент и почётный ректор СамГМУ, академик РАН Геннадий Петрович Котельников; главный травматолог-ортопед г. Москвы, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и чрезвычайных ситуаций Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова профессор Вадим Эрикович Дубров; профессор кафедры травматологии и ортопедии НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Минздрава России Александр Алексеевич Очкуренко.

Открывая обсуждение, Г.П. Котельников обратил особое внимание на важность подготовки клинических и научно-педагогических кадров в области травматологии и ортопедии для дальнейшего развития специальности и совершенствования медицинской помощи населению. В выступлении кандидата медицинских наук Д.С. Ершова, сотрудника кафедры, и профессора К.А. Егизаряна, заведующего кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова, детально была представлена современная система обучения студентов по травматологии и ортопедии в медицинском вузе. Главный врач ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Смоленск) А.В. Овсянник рассказал об опыте обучения врачей травматологов-ортопедов и подготовки кадров высокой квалификации. Профессора Е.А. Литвина и В.Э. Дубров выступили с докладом о школе молодого травматолога как форме постдипломного образования. Предложено распространять этот опыт в стране для качественной подготовки специалистов. Профессор Александр Алексеевич Очкуренко рассказал о постдипломном образовании в НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, подготовке в ординатуре, путях достижения качественных показателей в образовании будущего специалиста. Особый интерес вызвал опыт ЦИТО по созданию специализированной образовательной лаборатории оперативной хирургии и топографической анатомии. В заключение проведена дискуссия о возможности увеличения сроков обучения в ординатуре по травматологии и ортопедии.

Большое внимание привлёк круглый стол «Состояние травматолого-ортопедической службы в странах Содружества независимых государств. Современные мировые тенденции, опыт зарубежных стран. Перспективы развития травматологии и ортопедии. Актуальные проблемы образовательной деятельности» под председательством

член-корреспондента РАН, профессора Н.В. Загороднего. С приветствием к участникам обратился по телесвязи Бадма Николаевич Башанкаев, заместитель руководителя комитета Государственной думы РФ по охране здоровья. В своём выступлении ректор Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, депутат Государственной думы РФ Александр Георгиевич Мажуга выделил важные направления деятельности — совершенствование стандартов образования, внедрение искусственного интеллекта, развитие научных коммуникаций на русскоязычном пространстве СНГ, издание профессиональных журналов. Директор ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, профессор РАН, вице-президент АТОР, главный внештатный специалист травматолог-ортопед Минздрава России Антон Герасимович Назаренко выступил с серьёзным многоплановым докладом «Перспективы развития травматологии и ортопедии». Особое внимание в нём было уделено как современным клиническим разработкам в области вертебрологии, эндопротезирования, новых материалов, так и научным перспективам, развитию стыковых направлений, включая регенеративную медицину, аддитивные и информационные технологии, искусственный интеллект.

Большое внимание привлекли доклады участников из стран СНГ — заместителя директора по научной работе Республиканского научно-практического центра травматологии и ортопедии Республики Беларусь В.С. Аносова «Травматолого-ортопедическая служба Республики Беларусь. Современное состояние, перспективы развития», а также главного травматолога Министерства здравоохранения и социальной защиты населения Республики Татарстан, доктора медицинских наук, профессора кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Государственного образовательного учреждения «Таджикский государственный медицинский университет им. Абу али ибн Сина», председателя общества травматологов и ортопедов Республики Таджикистан С.Х. Курбонова, директора Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра травматологии и ортопедии Минздрава Республики Узбекистан, доктора медицинских наук М.Э. Ирисметова, министра здравоохранения Республики Каракалпакстан М.И. Курбанова, заведующего кафедрой травматологии и ортопедии Национального института здравоохранения республики Армения Н.Г. Захаряна. Была представлена подробная информация о состоянии травматолого-ортопедической помощи в Республике Беларусь, Республике Таджикистан, Республике Узбекистан, Республике Каракалпакстан, Республике Армения.

Особой частью мероприятия стало вручение премии Ассоциации травматологов-ортопедов России «Сила движения». Торжественную церемонию вручения премии вёл известный журналист «НТВ» Марат Сетдинов. Присутствовали

крупнейшие травматологи-ортопеды и нейрохирурги России. Победителями в номинациях стали:

- «лучшая операция, обеспечившая (восстановившая) подвижность больного» — профессор Д.А. Пташников;
- «новая разработка, новый метод лечения в травматологии-ортопедии» — директор Новосибирского НИИ травматологии и ортопедии профессор А.А. Корыткин;
- «вклад в российскую травматологию и ортопедию представителя организаторов здравоохранения или немедицинских специальностей» — компания «Остеомед»;
- «ветеран отечественной травматологии и ортопедии» — профессор А.Ф. Лазарев;
- «за лучшую научную работу молодого (до 35 лет) травматолога-ортопеда» — Г.А. Куковенко;
- «за оказание травматолого-ортопедической помощи в чрезвычайных ситуациях» — группа врачей из Луганска во главе с Д.Ю. Котуха, а также И.С. Базаров из Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова;
- «за вклад в развитие вертебрологии в России» — профессор М.В. Михайловский.

***Редколлегия журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»***

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626761>

## Поздравляем академика РАН Г.П. Котельникова с 75-летием!

### АННОТАЦИЯ

Краткая биографическая справка и научные достижения Геннадия Петровича Котельникова, поздравление с 75-летним юбилеем.

**Ключевые слова:** Котельников Геннадий Петрович; юбилей; травматология и ортопедия.

### Как цитировать:

Поздравляем академика РАН Г.П. Котельникова с 75-летием! // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 133–136.  
DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626761>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626761>

## **Congratulations to Academician of the Russian Academy of Sciences Gennadiy P. Kotelnikov on his 75<sup>th</sup> anniversary!**

### **ABSTRACT**

Brief biographical information and scientific achievements of Gennadiy P. Kotelnikov, congratulations on the 75<sup>th</sup> anniversary.

**Keywords:** Gennadiy P. Kotelnikov; anniversary; traumatology and orthopedics.

### **To cite this article:**

Congratulations to Academician of the Russian Academy of Sciences Gennadiy P. Kotelnikov on his 75<sup>th</sup> anniversary! *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):133–136. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626761>

**Received:** 11.02.2024

**Accepted:** 11.02.2024

**Published online:** 16.02.2024



Статья посвящена юбилею доктора медицинских наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации (РФ), лауреата Государственной премии РФ и трижды лауреата премии Правительства РФ, академика Российской академии наук (РАН) Геннадия Петровича Котельникова. 11 января 2024 года выдающемуся отечественному травматологу-ортопеду, академику РАН Геннадию Петровичу Котельникову исполнилось 75 лет.

Геннадий Петрович родился 11 января 1949 года в селе Лещиново Пензенской области. В 1966 году окончил с отличием среднюю школу и в 1972 году — Куйбышевский медицинский институт имени Д.И. Ульянова (впоследствии — Самарский государственный медицинский университет, СамГМУ). С тех пор вся учебная и трудовая деятельность Геннадия Петровича неразрывно связана с медицинским университетом — от студента и ординатора до ректора и президента вуза. В период обучения Г.П. Котельников избирался председателем студенческого профкома и секретарём комитета ВЛКСМ института. Работая ассистентом, одновременно заведовал поликлиническим блоком кафедры травматологии и ортопедии, возглавлял деканат лечебного факультета. В 1984 году был избран секретарём парткома института и работал на этой должности до 1989 года. В 1989 году был назначен на должность проректора по учебной и воспитательной работе.

Будучи учеником и последователем академика РАН А.Ф. Краснова, в стенах родного вуза он защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертацию, посвящённые лечению пациентов с посттравматическими деформациями нижних конечностей и патологией крупных суставов. Эти научные направления заложили основу его последующей научной деятельности. В 1998 г. Геннадий Петрович возглавил СамГМУ. Приняв руководство вузом, он не только сумел сохранить университет и клиники как единое образовательное, лечебное и научное учреждение, но и превратил

СамГМУ в один из лучших медицинских вузов Российской Федерации. С его именем связано открытие на базе СамГМУ новых научно-исследовательских институтов и факультетов, центров хирургии и трансплантации, инновационных подразделений — института инновационного развития, центра прорывных исследований «Информационные технологии в медицине», научно-производственного технопарка, международных научно-инновационных лабораторий. В 2003, 2008 и 2013 годах коллектив вуза единогласно переизбрал Г.П. Котельникова на должность ректора, а в 2019 году он стал первым президентом и почётным ректором родного университета.

Г.П. Котельников внёс весомый вклад в развитие отечественной травматологии и ортопедии. С 2003 года по настоящее время он заведует кафедрой и клиникой травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова. В 2002 году избран членом-корреспондентом, а в 2005 году — академиком Российской академии медицинских наук (РАМН), с 2013 года он — академик Российской академии наук. С 29 сентября 2023 г. Г.П. Котельников — президент Общероссийской общественной организации «Ассоциация травматологов-ортопедов России».

Основными направлениями его научной деятельности являются: совершенствование методов диагностики и лечения деструктивно-дистрофических заболеваний опорно-двигательной системы; оптимизация диагностических и лечебных мероприятий при посттравматической нестабильности суставов; разработка проблемы сухожильно-мышечной пластики в травматологии и ортопедии; развитие концепции травматической болезни; исследования по применению гравитационной терапии в травматологии и хирургии; изучение остеопороза; развитие методов системного анализа, математического моделирования и доказательной медицины.

За разработку и внедрение сухожильно-мышечной пластики в систему комплексного лечения травматолого-ортопедических больных в 1997 году Г.П. Котельникову была присуждена Государственная премия РФ в области науки и техники. За разработку нового направления в медицине — гравитационной терапии — он стал лауреатом премии Правительства РФ и Национальной премии «Призвание». Лауреатом премии Правительства РФ Геннадий Петрович становился трижды.

Г.П. Котельников — автор более 900 научных трудов, в числе которых 22 монографии, 13 учебников для студентов и последиplomной подготовки врачей, 15 руководств для врачей и студентов, а также 17 монотематических сборников научных работ, 16 учебных пособий и 16 методических рекомендаций, 163 авторских свидетельства на изобретения. Он является соавтором национальных руководств для врачей «Травматология» и «Ортопедия». Под руководством Г.П. Котельникова защищены 26 докторских и 59 кандидатских диссертаций.

Имя Геннадия Петровича неразрывно связано с общественной деятельностью. Он — председатель совета ректоров вузов Самарской области с 1999 г., основатель совета ректоров медицинских и фармацевтических вузов России (с 2007 по 2014 г. — председатель, с 2014 г. — заместитель председателя), член правления Российского союза ректоров с 2002 по 2014 г., член совета Российского союза ректоров с 2014 г. Геннадий Петрович является членом коллегии Минздрава России с 2012 г., членом президиума Научного совета Минздрава России с 2013 г., членом Межведомственного совета по присуждению премий Правительства РФ в области науки и техники с 2008 г.

С 2012 по 2018 г. Геннадий Петрович являлся членом Высшего совета Всероссийской политической партии «Единая Россия». На выборах Президента Российской Федерации Г.П. Котельников трижды был доверенным лицом В.В. Путина. 28 сентября 2021 г. Г.П. Котельников был избран председателем Самарской губернской думы 7-го созыва. Является членом Совета законодателей Российской Федерации при Федеральном собрании РФ.

Деятельность Г.П. Котельникова как учёного-медика, организатора высшей школы, авторитетного общественного и политического деятеля отмечена высокими государственными наградами. В их числе орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2008 г.), орден Почёта (2004 г.), орден Дружбы (1996 г.), знак отличия «За наставничество» (за номером 001, 2018 г.), почётное звание

«Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1999 г.), Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники (1997 г.), премия Правительства Российской Федерации в области образования (1999 г.), премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2006, 2018 гг.), благодарности и почётные грамоты Президента РФ (2002, 2004, 2019 гг.), почётные знаки Государственной думы и Совета Федерации Федерального собрания РФ «За заслуги в развитии парламентаризма» (2019 г.).

Многочисленны и общественные награды Геннадия Петровича. В их числе Национальная премия лучшим врачам России «Призвание» (2003, 2004 гг.), Первая премия РАМН, медаль Н.Н. Приорова «За вклад в развитие травматологии и ортопедии» (2005 г.), орден Гиппократ (2008 г.), орден Николая Пирогова (2010 г.), почётный знак губернатора Пензенской области «Во славу земли Пензенской» (2003 г.), орден Русской православной церкви преподобного Сергия Радонежского III степени (2004 г.), звание почётного доктора Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова (2014 г.), почётного доктора Самарского университета (2018 г.).

В числе ведомственных наград Геннадия Петровича — медаль Министерства здравоохранения Российской Федерации «За заслуги перед отечественным здравоохранением» (2014 г.), медаль Министерства обороны Российской Федерации «За укрепление боевого содружества» (2002 г.), медаль Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков «За содействии органам наркоконтроля» (2013 г.).

В числе областных наград — почётный знак губернатора Самарской области «За труд во благо земли Самарской» (2005 г.), знак отличия «За заслуги перед Самарской областью» (2009 г.). Г.П. Котельников — лауреат Губернской премии (2005 г.), премии губернатора Самарской области (2007 г.).

В 2013 г. Геннадию Петровичу присвоено звание «Почётный гражданин Самарской области», а в 2019 г. он стал 66-м почётным гражданином городского округа Самара.

Сердечно поздравляем Геннадия Петровича Котельникова с юбилеем, желаем здоровья, успехов и новых начинаний в дальнейшем труде на благо российской медицины, травматологии и ортопедии.

*Редколлегия журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»*

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626762>

# К столетию лауреата Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР профессора К.М. Сиваша

## АННОТАЦИЯ

В 2024 году исполняется 100 лет со дня рождения лауреата Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР профессора Константина Митрофановича Сиваша.

**Ключевые слова:** Константин Митрофанович Сиваш; юбилей; столетие; травматология и ортопедия.

## Как цитировать:

К столетию лауреата Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР профессора К.М. Сиваша // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 137–140. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626762>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626762>

# On the 100<sup>th</sup> anniversary of the laureate of the USSR State Prize, the USSR Council of Ministers Prize, Professor Konstantin M. Sivash

## ABSTRACT

2024 marks the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of the laureate of the USSR State Prize, the USSR Council of Ministers Prize, Professor Konstantin Mitrofanovich Sivash.

**Keywords:** Konstantin M. Sivash; anniversary; 100<sup>th</sup> anniversary; traumatology and orthopedics.

## To cite this article:

On the 100<sup>th</sup> anniversary of the laureate of the USSR State Prize, the USSR Council of Ministers Prize, Professor Konstantin M. Sivash. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):137–140. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto626762>

Received: 11.02.2024

Accepted: 11.02.2024

Published online: 16.02.2024



Константин Митрофанович Сиваш родился 23 февраля 1924 года в г. Конотопе Сумской области Украинской ССР. После окончания средней школы он поступил в Московский технологический институт лёгкой промышленности, но доучиться не успел: началась Великая Отечественная война. К.М. Сиваш вступил добровольцем в Красную армию и участвовал в боях по обороне Москвы. Затем он закончил курс обучения Рязанского пехотного училища и после этого был направлен в действующую армию, воевал на Брянщине. Дослужился до заместителя командира полка в звании капитана и в боях под Брянском в 1943 году получил тяжёлое ранение в живот и лёгкое. До 1944 года в тыловых госпиталях вместе с врачами боролся за свою жизнь. Под впечатлением от работы медиков, которую ему пришлось наблюдать воочию, поступил в 1-й Московский медицинский институт и успешно окончил его в 1949 г. Медицинскую деятельность К.М. Сиваш начал хирургом в Московском научно-исследовательском институте туберкулёза. Здесь он разработал новый метод резекции и артродеза коленного сустава при туберкулёзном гоните с использованием компрессирующего аппарата собственной конструкции (1950). Впервые в Советском Союзе К.М. Сивашом были изучены процессы репаративной регенерации губчатой кости в резецированных эпифизах коленного сустава в эксперименте на собаках.

После защиты кандидатской диссертации (1959) и издания двух монографий по костно-суставному туберкулёзу К.М. Сиваш перешёл на работу в Научно-исследовательский институт хирургической аппаратуры и инструментов (НИИИХАИ) и одновременно работал хирургом в больнице № 40 г. Москвы. В НИИИХАИ Константин Митрофанович разрабатывал пластины и интрамедуллярные штифты, distractionно-компрессионные пластины и аппараты.

В 1959 году он получил авторское свидетельство на первый вариант эндопротеза тазобедренного сустава, хотя впервые предложил его намного раньше — в 1956 году. Это был первый в мире цельнометаллический бесцементный неразъёмный тотальный эндопротез с металло-металлическим узлом вращения и прессовой («пресс-фит») посадкой протеза в вертлужную впадину во время операции. В 1959 г. впервые в СССР он выполнил операцию тотального эндопротезирования при анкилозирующем спондилоартрите (болезни Бехтерева). В 1965 году К.М. Сиваш успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Метод полной замены тазобедренного сустава металлическим при анкилозирующем спондилоартрите». В 1967 году он был утверждён в качестве профессора, а в 1969 году ему было присвоено почётное звание «Заслуженный изобретатель РСФСР».

Чрезвычайно важным для К.М. Сиваша и развития эндопротезирования в целом стало приглашение его на должность руководителя научно-технического отдела Центрального научно-исследовательского института травматологии и ортопедии (ЦИТО) им. Приорова с клиническими койками со стороны директора ЦИТО — академика Академии медицинских наук СССР, профессора М.В. Волкова. На опытно-экспериментальном предприятии ЦИТО вместе с инженерами и единомышленниками К.М. Сиваш совершенствовал эндопротез, неоднократно выезжал в регионы страны с показательными операциями. Эндопротез Сиваша получил мировое признание, автор оперировал пациентов с использованием своего эндопротеза в 47 странах мира и во всех республиках Советского Союза. В 1971 г. лицензию на право изготовления эндопротеза Сиваша у СССР купили США, а в 1976 г. — Болгария и некоторые другие страны. К.М. Сиваш был членом Международного общества ортопедов-травматологов SICOT и принимал участие во многих национальных, региональных и международных научных

форумах травматологов-ортопедов, издал несколько монографий. В 1974 году К.М. Сиваш вместе с профессорами В.Н. Гурьевым и М.И. Пановой, инженерами А.А. Ковалёвым и Е.М. Гусевым был удостоен Государственной премии за внедрение собственного эндопротеза в промышленное производство и медицинскую практику. В 1990 году, уже посмертно, К.М. Сивашу вместе с группой инженеров и врачей была присуждена премия Совета Министров СССР за использование титановых сплавов в травматологии и ортопедии.

В 1989 году Константина Митрофановича Сиваша не стало. На надгробии великого травматолога-ортопеда, первопроходца эндопротезирования, высечены его любимые слова: «Я сделал всё что мог, пусть другие сделают больше...». Дело К.М. Сиваша — врача, учёного, инженера — живёт и успешно развивается его учениками и коллегами.

*Редколлегия журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»*