

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

В Е С Т Н И К травматологии и ортопедии

ИМЕНИ Н.Н. ПРИОРОВА
2023 том 30 №2

N.N. Priorov Journal
of Traumatology
and Orthopedics

2023 Volume 30 Issue 2

УЧРЕДИТЕЛЬ:

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

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

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор Ай-Пи»
Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург, Аптекарский переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н
E-mail: info@eco-vector.com
WEB: <https://eco-vector.com>

РЕКЛАМА

Отдел рекламы
Тел.: +7 (968) 545 78 20
E-mail: adv2@eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ

Зав. редакцией
Трухина Диана Аршалуйсовна
E-mail: vto@eco-vector.com
Тел.: +7 (967) 153-70-05

АДРЕС РЕДАКЦИИ

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

ПОДПИСКА

Подписка на печатную версию через интернет:
www.journals.eco-vector.com/
www.pressa-rf.ru

ИНДЕКСАЦИЯ

- РИНЦ
- Google Scholar
- Ulrich's International Periodicals Directory
- WorldCat

Оригинал-макет изготовлен

ООО «Эко-Вектор».

Корректор: *С.И. Яли*

Верстка: *Ф.А. Игнащенко*

Обложка: *Ф.А. Игнащенко*

Сдано в набор 29.08.2023.

Подписано в печать 07.09.2023.

Формат 60 × 88/8. Печать офсетная.

Печ. л. 17,5. Усл. печ. л. 16,3.

Уч.-изд. л. 9,5. Тираж 500 экз. Заказ No 3-7533-lv

Отпечатано в ООО «Типография Фурсова».

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

ISSN 0869-8678 (Print)

ISSN 2658-6738 (Online)

Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова

Том 30 | Выпуск 2 | 2023

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Алиев М.Б.Д. — акад. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

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

Бодрова Р.А. — д-р мед. наук, доцент, КГМА — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Казань, Россия

Буйлова Т.В. — д-р мед. наук, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

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

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

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

Гуща А.О. — д-р мед. наук, ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

Коновалов Н.А. — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

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

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

Лежнев Д.А. — д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Салтыкова В.Г. — д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия

Сергеев Н.И. — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «РНЦРП» Минздрава России, Москва, Россия

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

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

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

Хубутия М.Ш. — акад. РАН, д-р мед. наук, проф., ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

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

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

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

Кириенко А. — Клинический институт, Роццано, Италия

Чаудхари М. — Госпиталь Чодри, Акола, Индия

Миткович М.Б. — проф. Нишский университет, Ниш, Сербия

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

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

Кавагути Е. — Университет Тоамы, Япония

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

FOUNDER:

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

PUBLISHER

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky
pereulok, 191186, Saint Petersburg,
Russian Federation

E-mail: info@eco-vector.com

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

ADVERTISE

Adv. department

Phone: +7 (968) 545 78 20

E-mail: adv2@eco-vector.com

EDITORIAL OFFICE

Executive editor

Diana A. Trukhina

Email: vto@eco-vector.com

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

EDITORIAL OFFICE ADDRESS

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

SUBSCRIPTION

For print version:

www.journals.eco-vector.com

INDEXATION

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

TYPESET

complete in Eco-Vector

Proofreader: *S.I. Yali*

Layout editor: *Ph. Ignashchenko*

Cover: *Ph. Ignashchenko*

ISSN 0869-8678 (Print)

ISSN 2658-6738 (Online)

N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics

Volume 30 | Issue 2 | 2023

QUARTERLY PEER-REVIEW MEDICAL JOURNAL

EDITOR-IN-CHIEF

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

EXECUTIVE SECRETARY

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

EDITORIAL BOARD

Aliev M.B.D. — M.D., Professor, academician of the Russian Academy of Sciences, National Medical Research Center for Radiology, Moscow, Russia.

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

Bodrova R.A. — MD, Professor, KSMA — Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, Kazan, Russia.

Buylova T.V. — MD, N.I. Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University (UNN), Nizhny Novgorod, Russia

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

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

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

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

Gushcha A.O. — Research Center of Neurology, Moscow, Russia.

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

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

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

Ivanov P.A. — MD, docent, Scientific Research Institute for Emergency Medicine named after N.V. Sklifosovsky of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia.

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

Karpenko V.Y. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

Konovalov N.A. — MD, Professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russia.

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

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

Lezhnev D.A. — MD, Professor, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russia.

Machak G.N. — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Saltykova V.G. — MD, Professor, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia.

Sergeev N.I. — MD, Professor, Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR), Moscow, Russia.

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

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

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

Khubutiy 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.

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

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

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

Kirienko A. — Clinical Institute, Rozzano, Italy.

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

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

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

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

Kawaguchi Y. — Toyama University, Toyama, Japan.

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://journals.eco-vector.com/0869-8678/>. Full or partial reproduction of materials published in the journal is allowed only with the written permission of the publisher — the Eco-Vector publishing house.

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

Функциональные состояния тазобедренного сустава в раннем послеоперационном периоде при эндопротезировании прямым передним доступом с кожным разрезом «бикини» 131

А.В. Соколовский, В.А. Соколовский, Г.Н. Мачак, И.Н. Петухова, А.А. Курильчик, А.А. Жеравин

Отдалённые результаты профилактики и лечения перипротезной инфекции в онкоортопедии 143

И.Ж. Осмоналиев, М.Г. Бильгильдеев, Х.Х. Эргашев, Р.В. Абдурахманов, Р.Ф. Байкеев

Шкалы оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию и технического состояния эксплуатируемого протеза 161

Д.Ю. Усачёв, А.Г. Назаренко, Н.А. Коновалов, А.А. Докукин, О.И. Шарипов,

П.Л. Калинин, М.А. Шульц, А.А. Сычёв, А.И. Баранич

Метод интегральной оценки эффективности работы нейрохирургической клиники на основе оценки степени достижения ключевых показателей деятельности 175

С.В. Андреев, М.Б. Цыкунов

Изменение нейромышечных, скелетных и связанных с движением функций у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации 187

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

А.В. Филиппова, О.Г. Хурцилава, Д.А. Пташников

Опыт применения индивидуального резекционного блока «5 в 1» при выполнении тотального эндопротезирования коленного сустава 199

О.А. Алексанян, Г.А. Чрагян, С.В. Каграманов, Р.А. Ханмуратов, Н.В. Загородний

Применение индивидуального вертлужного компонента при дефекте вертлужной впадины: клинический случай 209

ОБЗОРЫ

Г.П. Котельников, Ю.В. Ларцев, Д.С. Кудашев, С.Д. Зуев-Ратников, В.Г. Асатрян, Н.Д. Щербатов

Патогенетические и клинические аспекты остеоартроза и остеоартроз-ассоциированных дефектов хряща коленного сустава с позиций представлений о роли субхондральной кости 219

И.О. Голубев, М.В. Меркулов, В.Д. Кузнецов, О.М. Бушуев, И.А. Кутепов, Г.Г. Балюра

Лечение внутрисуставных переломов и переломовывихов в проксимальном межфаланговом суставе пальцев кисти в остром и отдалённом периодах травмы 233

А.А. Кулешов, А.Н. Шкарубо, В.А. Шаров, М.С. Ветрилз, И.Н. Лисянский, С.Н. Макаров

Зубовидная кость второго шейного позвонка: история и современные подходы к лечению. Обзор литературы. Часть 2 245

ЮБИЛЕИ

Поздравляем профессора Н.С. Гаврюшенко с 80-летием! 259

Поздравляем А.А. Кулешова с 60-летием! 263

CONTENTS

ORIGINAL STUDY ARTICLES

Ivan K. Eremin, Armen A. Daniliyants, Egor V. Ogarev, Nikolai V. Zagorodniy

Functional states of the hip joint in the early postoperative period
with direct anterior arthroplasty with a skin incision «bikini» 131

*Anatolii V. Sokolovskii, Vladimir A. Sokolovskii, Gennadii N. Machak, Irina N. Petukhova,
Alexandr A. Kurilchik, Alexandr A. Geravin*

Long-term results of periprosthetic infection prevention and treatment in oncoorthopedics 143

*Ikar Zh. Osmonaliyev, Murat G. Bilgildeev, Khalim Kh. Ergashev,
Rakhmonzhon V. Abdurakhmanov, Rustem F. Baikeev*

Morphometric scale of readiness of the limb stump for prosthetics and assessment
of the technical condition of the operated prosthesis 161

*Dmitry Yu. Usachev, Anton G. Nazarenko, Nikolai A. Konovalov, Alexander A. Dokukin, Oleg I. Sharipov,
Pavel L. Kalinin, Maria A. Shults, Alexander A. Sychev, Anastasia I. Baranich*

The method of integral evaluation of the efficiency of the neurosurgical clinic based
on the assessment of the degree of achievement of key performance indicators 175

Sergei V. Andreev, Mikhail B. Tsykunov

Changes in neuromuscular, skeletal and movement-related functions in children
with dorsalgia during medical rehabilitation 187

CLINICAL CASES

Anastasia V. Filippova, Otari G. Khurtsilava, Dmitrii A. Ptashnikov

Experience of use of the individual cutting block «5 in 1» using total knee arthroplasty 199

Ovakim A. Aleksanyan, Gamlet A. Chragyan, Sergey V. Kagramanov, Ruslan A. Khanmuradov, Nikolay V. Zagorodniy

The use of an individual acetabular component for acetabular defect: a clinical case 209

REVIEWS

*Gennadiy P. Kotelnikov, Yuriy V. Lartsev, Dmitry S. Kudashev, Sergey D. Zuev-Ratnikov,
Vardan G. Asatryan, Nikita D. Shcherbatov*

Pathogenetic and clinical aspects of osteoarthritis and osteoarthritis-associated defects
of the cartilage of the knee joint from the standpoint of understanding the role of the subchondral bone 219

*Igor O. Golubev, Maksim V. Merkulov, Vasiliy D. Kuznetsov, Oleg M. Bushuev,
Ilya A. Kutepov, Grigoriy G. Baliura*

Treatment of intra-articular fractures and fracture-dislocations fingers
of the wrist in acute and long-distant periods 233

*Alexander A. Kuleshov, Alexey N. Shkarubo, Vladislav A. Sharov, Marchel S. Vetrile,
Igor N. Lisyansky, Sergey N. Makarov*

Os odontoideum of C₂ vertebra: History and current options to treatment. Literature review. Part 2 245

ANNIVERSARY

Congratulations to Professor Nikolay S. Gavriushenko on his 80th anniversary! 259

Congratulations to Alexander A. Kuleshov on his 60th anniversary! 263

Open Access online

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321177>

Функциональные состояния тазобедренного сустава в раннем послеоперационном периоде при эндопротезировании прямым передним доступом с кожным разрезом «бикини»

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

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В последние годы распространённость коксартроза у лиц в возрасте 18 лет и старше достигает 13%. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава рассматривается в качестве золотого стандарта лечения поздних стадий коксартроза и других патологий тазобедренного сустава. В связи с более частым выполнением вмешательства в последние годы и растущими ожиданиями пациентов выбор оптимального доступа позволит улучшить результаты применения этого метода лечения. Однако ввиду нехватки статистических данных о качественном отличии послеоперационного состояния пациентов при использовании различных доступов в процессе выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава отсутствует единое мнение в вопросе выбора оптимального доступа.

Цель. Провести сравнительную оценку функциональных состояний тазобедренного сустава в послеоперационном периоде после эндопротезирования с применением прямого переднего и прямого бокового доступов.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 163 пациента с коксартрозом, в том числе 71 мужчина и 92 женщины, которые впоследствии были разделены на 2 группы: сравнения и основную. Для исследования эффективности предложенного подхода к эндопротезированию использовали результаты динамической оценки функционального состояния поражённого сустава с помощью шкалы Barthel, теста «Встань и иди», альгофункционального индекса Лекена, шкалы Harris Hip Score, опросника Health Assessment Questionnaire. Статистический анализ результатов настоящего исследования был выполнен с помощью пакетов программного обеспечения StatSoft Statistica 10 и Microsoft Excel 2016. Межгрупповые сравнения по количественным показателям проводились с использованием рангового непараметрического критерия Манна–Уитни в случае непараметрического распределения значений показателей и/или значительной разницы дисперсий в группах.

Результаты. Полученные данные свидетельствовали, что в послеоперационном периоде применение прямого переднего доступа при эндопротезировании тазобедренного сустава ассоциировано с более быстрым восстановлением функциональности тазобедренного сустава и меньшей длительностью стационарного этапа лечения по сравнению с прямым боковым доступом, что было подтверждено статистически значимыми межгрупповыми различиями.

Заключение. Клиническая эффективность использования прямого переднего доступа проявляется статистически значимо ($p < 0,05$) более высокими показателями шкалы самообслуживания Barthel, результатами теста «Встань и иди» через 2–6 недель после операции, а также лучшей динамикой показателей опросника Harris Hip Score, индекса Лекена и опросника Health Assessment Questionnaire через 1–3 месяца после эндопротезирования тазобедренного сустава.

Ключевые слова: коксартроз; эндопротезирование тазобедренного сустава; минимально инвазивный метод; прямой передний доступ; боковой доступ; послеоперационный период.

Как цитировать:

Ерёмин И.К., Данильянц А.А., Огарёв Е.В., Загородний Н.В. Функциональные состояния тазобедренного сустава в раннем послеоперационном периоде при эндопротезировании прямым передним доступом с кожным разрезом «бикини» // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 131–142. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321177>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321177>

Functional states of the hip joint in the early postoperative period with direct anterior arthroplasty with a skin incision «bikini»

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

¹ LLC «Neuro-clinic», Moscow, Russian Federation;

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

³ National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russian Federation;

⁴ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The prevalence of coxarthrosis at age of 18 years and older has reached 13% in recent years. Total hip arthroplasty is considered the gold standard for the treatment of late-stage coxarthrosis and other hip pathologies. Due to the more frequent intervention performed in recent years and increasing patient expectations, the choice of optimal surgical access will improve the outcomes of the treatment method. However, given the lack of statistical data on the qualitative difference in the postoperative condition of patients using different surgical accesses during hip arthroplasty, there is no consensus on the optimal access choice.

AIM: To carry out a comparative assessment of the hip joint functional states in the postoperative period after endoprosthesis using direct anterior and anterolateral accesses.

MATERIALS AND METHODS: The study included 163 patients with coxarthrosis, 71 men and 92 women, who were subsequently divided into 2 groups: the comparison and the main one. To investigate the effectiveness of the proposed approach to endoprosthesis, the results were evaluated by dynamic assessment of joint function using the Barthel scale, the Stand and Walk test, the Leken algo-functional index, the Harris Hip Score scale, and the Health Assessment Questionnaire. The Statistical analysis was performed using StatSoft Statistica 10 and Microsoft Excel 2016 software packages. Intergroup comparisons of quantitative indicators were performed using the Mann-Whitney rank test in case of nonparametric distribution of indicator values and/or significant difference in groups.

RESULTS: The findings showed that in the postoperative period, the use of direct anterior access in hip arthroplasty was associated with faster recovery of hip joint functionality and shorter inpatient stay compared with anterolateral access, which was confirmed by statistically significant intergroup differences.

CONCLUSION: The clinical efficacy from using the direct anterior access can be seen in statistically significantly ($p < 0.05$) higher scores on the Barthel self-care scale, the results of the "Stand up and walk" test 2–6 weeks after surgery, as well as better dynamics of the Harris Hip Score, Leken Index, and Health Assessment Questionnaire 1–3 months after hip arthroplasty.

Keywords: coxarthrosis; endoprosthesis of the hip joint; minimally invasive method; direct anterior access; anterolateral access; postoperative period.

To cite this article:

Eremin IK, Daniliyants AA, Ogarev EV, Zagorodniy NV. Functional states of the hip joint in the early postoperative period with direct anterior arthroplasty with a skin incision «bikini». *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):131–142. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321177>

ВВЕДЕНИЕ

С возрастом распространённость дегенеративных заболеваний суставов увеличивается: в популяции лиц в возрасте 25 лет и старше частота выявления остеоартроза (ОА) как минимум одного сустава составляет 13,9%, в то время как в возрасте старше 65 лет ОА страдают уже 33,6% населения. По последним оценкам Центра по контролю и профилактике заболеваний, в США дегенеративными заболеваниями различных суставов страдают свыше 32,5 миллиона человек [1]. По данным российских авторов, в последние годы распространённость коксартроза в пересчёте на взрослое население (в возрасте 18 лет и старше) достигает 13% [2].

Приведённые факты свидетельствуют о необходимости совершенствования методов лечения ОА. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ЭТС) в настоящее время рассматривается в качестве золотого стандарта лечения поздних стадий ОА и других патологий тазобедренного сустава. В связи с более частым выполнением вмешательства в последние годы и растущими ожиданиями пациентов выбор оптимального доступа позволит улучшить результаты применения этого метода лечения.

Экспертами ортопедии было предложено использовать различные хирургические доступы при выполнении данного вмешательства. Такие традиционные доступы, как задний [3] и прямой боковой [4], при выполнении ЭТС применяются наиболее часто. В то же время в последние десятилетия прямой передний доступ (ППД) рассматривают в качестве истинно минимально травматичного метода [5], поскольку при выполнении операции осуществляется небольшой по размерам разрез, доступ к суставу производится через естественные анатомические пространства с сохранением мышечных структур, в первую очередь ягодичных мышц и сухожилия широкой фасции бедра с одноимённой мышцей [6]. Применение этого подхода позволяет как можно раньше начать реабилитационные мероприятия у данной категории пациентов, что обусловлено минимальной травматизацией мышц.

Сторонники ППД указывают на уменьшение боли, продолжительности пребывания в стационаре, снижение риска послеоперационного вывиха и ускорение восстановления в качестве обоснования для операций с использованием ППД [7].

Однако ввиду нехватки статистических данных о качественном отличии состояния пациентов в раннем послеоперационном периоде при использовании различных доступов в процессе выполнения ЭТС отсутствует единое мнение в вопросе выбора оптимального доступа при схожих показаниях [8, 9].

Цель исследования — провести сравнительную оценку функциональных состояний тазобедренного сустава в раннем послеоперационном периоде после

эндопротезирования с применением прямого переднего и прямого бокового доступов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проспективное исследование проведено на базе клинической больницы № 1 «МЕДСИ» с 2019 по 2021 г. с участием пациентов с коксартрозом, направленных в клинику для проведения эндопротезирования тазобедренного сустава. Всего в исследовании приняли участие 163 пациента с коксартрозом, в том числе 71 мужчина и 92 женщины, которые далее были разделены на 2 группы:

- группа 1 (сравнения) — 78 пациентов, которым проводилось ЭТС с применением стандартного прямого бокового доступа;
- группа 2 (основная) — 85 пациентов, которым проводилось ЭТС с использованием прямого переднего доступа.

В табл. 1 представлено распределение пациентов с коксартрозом по полу. Доля мужчин в основной группе составила 44,7% (38 пациентов). В группе сравнения доля мужчин была несколько ниже — 42,3% (33 пациента). Доля женщин была выше, чем доля мужчин, в обеих группах больных: 55,3% (47 пациенток) в основной группе и 57,7% (45 пациенток) в группе сравнения.

Средний возраст пациентов в основной группе был равен $64,2 \pm 9,3$ года, в группе сравнения он был незначительно выше и составил $66,5 \pm 10,2$ года. В целом половозрастной состав пациентов с коксартрозом был сопоставим в обеих группах исследования ($p > 0,05$).

Первичный отбор пациентов осуществлялся в соответствии со следующими критериями включения:

- пациенты мужского и женского пола в возрасте от 18 до 79 лет;
- идиопатический коксартроз 1–3-й стадии по классификации Н.С. Косинской, диспластический коксартроз 1–2-й степени по классификации Crowe, асептический некроз головки бедренной кости;
- добровольное согласие пациента на участие в исследовании и готовность к адекватному сотрудничеству в ходе его проведения;
- диагноз артроза тазобедренного сустава, подтверждённый данными клинического и рентгенологического обследования согласно критериям EULAR;

Таблица 1. Распределение пациентов по полу

Table 1. Distribution of patients by sex

Пол	Группа 1 (сравнения), n=78		Группа 2 (основная), n=85	
	абс.	%	абс.	%
Мужской	33	42,3	38	44,7
Женский	45	57,7	47	55,3

- выявление при первичной диагностике выраженных дегенеративных изменений и стойкого нарушения функции поражённого сустава, соответствующих остеоартрозу III стадии по клинико-рентгенологической классификации Н.С. Косинской.

Окончательный отбор участников проводился путём исключения ряда пациентов из числа кандидатов при наличии следующих критериев не включения:

- предшествующее хирургическое лечение по поводу коксартроза;
- наличие выраженного остеофитоза вертлужной впадины, значительно ограничивающего визуализацию оперативного поля, а также дефекты бедренной кости, такие как разрушение или отсутствие костномозгового канала бедренной кости, делающие невозможной корректную установку бедренного компонента эндопротеза;
- наличие на момент включения в исследование остеомиелита в области предполагаемого операционного поля (в области костей таза, головки, шейки или вертелов бедренной кости у пациентов с коксартрозом);
- гнойный артрит поражённого сустава в течение 6 месяцев, предшествующих планируемой операции;
- гнойная инфекция мягких тканей в области поражённого сустава в течение 3 месяцев, предшествующих операции;
- выраженное рубцевание в предполагаемой области оперативного вмешательства, затрагивающее костные компоненты поражённого сустава;
- выраженная остеопения;
- острый тромбоз;
- иммобилизация пациента, не связанная с поражением сустава, которая не позволяет мобилизовать больного путём эндопротезирования (например, вследствие гемипареза в результате инсульта, нейродегенеративных заболеваний и т.п.);
- первичный артродез с удовлетворительным или относительно удовлетворительным функциональным исходом в отсутствие болевого синдрома;
- беременность и/или лактация;
- острые инфекционно-воспалительные заболевания любой этиологии или сопутствующие хронические инфекционные заболевания в активной фазе (например, туберкулёз, вирусные гепатиты, ВИЧ-инфекция и пр.);
- хронические воспалительные очаги, требующие санации, любой локализации;
- анемия любой степени и любого происхождения;
- эрозивно-язвенное поражение желудочно-кишечного тракта;
- морбидное ожирение 3-й степени;
- тяжёлая сопутствующая соматическая патология со значительным нарушением функции соответ-

Таблица 2. Распределение пациентов в зависимости от стадии артроза по классификации Н.С. Косинской

Table 2. The distribution of patients depending on the stage of arthrosis according to the classification of N.S. Kosinskaya

Стадия артроза	Группа 1 (сравнения), n=78		Группа 2 (основная), n=85	
	абс.	%	абс.	%
I	6	7,7	4	4,7
II	29	37,2	32	37,6
III	43	55,1	49	57,6

ствующих органов (неконтролируемая артериальная гипертензия, декомпенсированный сахарный диабет, гемодинамически значимые нарушения ритма и проводимости сердца, недавно перенесённый инфаркт миокарда или инсульт, тяжёлые пороки сердца, острые и хронические заболевания лёгких, печени и/или почек в стадии обострения с развитием сердечной, дыхательной, печёночной и/или почечной недостаточности);

- наличие тяжёлых психических расстройств или неврологических заболеваний.

Распределение пациентов в зависимости от стадии артроза согласно классификации Н.С. Косинской в основной и контрольной группах было схожим (табл. 2). В обеих группах преобладала третья стадия артроза, которая была диагностирована в 55,1% случаев (у 43 больных) в группе 1 и 57,6% (у 49 пациентов) в группе 2. Вторая стадия артроза отмечалась значительно реже — у 37,2% (29 пациентов) и 37,6% (32 больных) соответственно. Наименее часто оперативное вмешательство планировалось в случае артроза первой стадии, сопровождавшегося выраженным болевым синдромом и нарушением качества жизни, который был подтверждён только у 7,7% (6 пациентов) в группе сравнения и 4,7% (4 больных) в основной группе. Все межгрупповые различия по частоте различных стадий артроза были незначимыми ($p > 0,05$ для всех сравнений).

Всем пациентам, включённым в исследование, по результатам первичного скрининга было выполнено расширенное предоперационное обследование, в ходе которого проводился сбор клинико-анамнестических данных, применялся комплекс лабораторных и инструментальных исследований, по результатам которых осуществлялось планирование процедуры эндопротезирования. В ходе динамического наблюдения пациентов в послеоперационном периоде выполнялись повторные клинические обследования с оценкой выраженности болевого синдрома, функционального состояния суставов и качества жизни больных в динамике в различные сроки в течение 12 месяцев последующего наблюдения после хирургического вмешательства.

Для исследования эффективности предложенного подхода к ЭТС использовали результаты динамической

оценки функционального состояния поражённого сустава с помощью следующих тестов.

Шкала Barthel

Шкала Barthel предназначена для оценки функционального статуса пациентов в постинсультном периоде и предполагает исследование сферы самообслуживания и мобильности. Данная шкала включает ответы на 10 вопросов, баллы за которые затем суммируются для получения общего балла. Максимальный возможный суммарный балл составляет 100, оценка от 0 до 20 баллов рассматривается как полная зависимость пациента от посторонней помощи и ухода, от 21 до 60 баллов — как выраженная зависимость, от 61 до 90 баллов — умеренная зависимость, от 91 до 99 баллов — лёгкая зависимость от посторонней помощи и ухода.

Оценка по шкале Barthel проводилась до операции и в первые три месяца в течение послеоперационного периода — через 2, 4, 6 и 12 недель после вмешательства.

Тест «Встань и иди»

В ходе выполнения этого теста с помощью секундомера засекали время, которое необходимо пациенту, чтобы подняться из положения сидя на стуле и начать ходьбу. Тест выполняли до операции и в первые три месяца в течение послеоперационного периода — через 2, 4, 6 и 12 недель после вмешательства.

Альгофункциональный индекс Лекена

При оценке функционального состояния с применением альгофункционального индекса Лекена учитывается как объективная функциональная составляющая, при оценке которой пациент указывает дистанцию безболезненной ходьбы, потребность во вспомогательных средствах для передвижения, способность сохранять повседневную активность, такую как подъём и спуск по лестнице, возможность сидения на корточках или на коленях и ходьбы по пересечённой местности, так и характеристики боли и дискомфорта в суставах, такие как возникновение симптомов суставного синдрома в течение ночи, продолжительность утренней скованности или боли после подъёма с постели, развитие боли при ходьбе, в положении стоя в течение 30 минут или при вставании без помощи рук. Варианты ответов на все вопросы анкеты Лекена имеют определённую градацию, и по сумме рангов ответов на каждый вопрос определяется степень функциональных нарушений коленного сустава: сумма 1–4 балла соответствует слабой выраженности коксартроза, 5–7 баллов — средней выраженности, 8–10 баллов — тяжёлым функциональным нарушениям, 11–13 баллов — очень тяжёлым нарушениям, а свыше 13 баллов — крайне тяжёлым нарушениям функции поражённого сустава. Оценка альгофункционального индекса Лекена проводилась до операции и в послеоперационном периоде — через 1, 3, 6 и 12 месяцев после вмешательства.

Шкала Harris Hip Score

Шкала Harris Hip Score (HHS) учитывает:

- выраженность болевого синдрома (не выражен, незначительный, лёгкий, умеренный или тяжёлый болевой синдром);
- его вклад в нарушение повседневной активности пациента с коксартрозом (несколько не ограничивает; не влияет на обычную активность и купируется аспирином; может ограничивать обычную активность и трудовую деятельность и не купируется аспирином; значительно нарушает повседневную активность; вызывает полную инвалидизацию);
- потребность в дополнительных средствах опоры для передвижения (одна трость для долгих прогулок; одна трость для постоянного использования; один костыль; две трости; два костыля или полная невозможность самостоятельной ходьбы);
- переносимость ходьбы по ровной местности (может идти в течение 30 минут, может идти в течение 10–15 минут, ходит только в помещении или прикован к постели или креслу);
- переносимость ходьбы по лестнице (свободно ходит по лестнице без использования дополнительной опоры; свободно ходит по лестнице с опорой на перила; ходьба по лестнице затруднена, но возможна; ходьба по лестнице невозможна);
- переносимость повседневной активности (надевание носков и обувание — с лёгкостью, затруднено или невозможно; нахождение в положении сидя — комфортно на обычном стуле в течение часа, комфортно только на высоком стуле в течение 30 минут, некомфортно при любой высоте сидения; использование общественного транспорта — возможно или невозможно);
- наличие хромоты (отсутствует, лёгкая, умеренная, тяжёлая хромота или полная невозможность ходить);
- наличие ограниченной подвижности в суставе;
- непосредственный объём сгибания, отведения, приведения и ротации кнаружи в поражённом суставе в градусах.

Оценка по HHS от 90 до 100 баллов соответствует отличному функциональному состоянию тазобедренного сустава, от 80 до 89 баллов — хорошему, от 70 до 79 баллов — удовлетворительному, а сумма баллов менее 70 свидетельствует о плохой функциональности поражённого сустава. Все показатели функции суставов оценивались до хирургического вмешательства, а также через 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции.

Опросник Health Assessment Questionnaire

Опросник Health Assessment Questionnaire (HAQ) разработан для оценки функциональных нарушений у пациентов с заболеваниями суставов. HAQ включает 20 вопросов, относящихся к активности пациента

в повседневной жизни, сгруппированных в 8 шкал по 2–3 вопроса в каждой. Для ответа на вопрос пациент ранжирует функциональные ограничения по 4-балльной шкале — от 0 («выполняю без труда») до 3 баллов («не могу выполнить совсем»), где более высокая оценка свидетельствует о более выраженных функциональных нарушениях. Для подсчёта индекса по каждой шкале выбирается максимальный ответ, причём учитывается, выполняет ли пациент действия в повседневной жизни самостоятельно или прибегает к помощи других лиц или же специальных приспособлений (средства опоры и пр.). Если пациент прибегает к помощи других лиц или вспомогательных приспособлений, к оценке по шкале прибавляют дополнительные баллы. Суммарный балл по НАQ рассчитывается как среднее арифметическое сумм максимальных ответов по каждой шкале с учётом дополнительных баллов.

Оценка с использованием опросника НАQ проводилась до операции и в послеоперационном периоде — через 1, 3, 6 и 12 месяцев после вмешательства.

Статистический анализ результатов настоящего исследования был выполнен с помощью пакетов программного обеспечения StatSoft Statistica 10 и Microsoft Excel 2016. Для представления всех непрерывных и дискретных количественных показателей рассчитывались средние значения со стандартной ошибкой среднего, в то время как качественные параметры были представлены в виде частот встречаемости признаков в процентах от общего числа пациентов в соответствующих группах.

Межгрупповые сравнения по количественным показателям проводились с использованием рангового непараметрического критерия Манна–Уитни в случае непараметрического распределения значений показателей и/или значительной разницы дисперсий в группах. Для анализа различий по качественным параметрам применялся критерий хи-квадрат или точный критерий Фишера. Различия считались значимыми при недостижении p порогового значения уровня статистической значимости нулевой гипотезы (альфа), равного 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ изменений показателя самообслуживания по шкале Barthel после выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием различных доступов показал, что через 2 недели после операции его значение у больных основной группы составило $70,4 \pm 6,3$ балла, при этом оно статистически значимо ($p < 0,05$) превышало соответствующий уровень в группе сравнения — $63,6 \pm 6,7$ балла (табл. 3).

Спустя 4–6 недель после вмешательства было отмечено дальнейшее увеличение показателя оценки самообслуживания по шкале Barthel в обеих группах пациентов. В эти сроки значение данного показателя в группе 2 было

значимо ($p < 0,05$) выше соответствующих уровней в группе 1. Однако через 12 недель величина этого показателя в группах 1 и 2 составила $86,5 \pm 5,7$ и $89,3 \pm 5,9$ балла соответственно, при этом статистически значимых межгрупповых различий в этот срок наблюдения отмечено не было ($p > 0,05$).

Изучение динамики показателя теста «Встань и иди» показало, что через 2 недели после операции значение этого параметра у больных основной группы составило $17,4 \pm 2,1$ балла и было статистически значимо ($p < 0,05$) ниже соответствующего уровня в группе сравнения — $26,7 \pm 3,4$ балла (табл. 4).

Спустя 4 недели после вмешательства было выявлено дальнейшее снижение значения показателя этого теста в обеих группах пациентов, выявленная тенденция сохранялась спустя 6 недель после выполнения ЭТС. При этом значения данного показателя в группе 2 были значимо ($p < 0,05$) ниже таковых в группе 1 в оба срока.

Таблица 3. Динамика оценки самообслуживания по шкале Barthel, баллы ($M \pm m$)

Table 3. Dynamics of self-service assessment according to the Barthel scale, points ($M \pm m$)

Срок исследования после вмешательства	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
Через 2 недели	$63,6 \pm 6,7$	$70,4 \pm 6,3^*$
Через 4 недели	$71,4 \pm 5,3$	$81,3 \pm 7,3^*$
Через 6 недель	$77,3 \pm 4,5$	$86,2 \pm 6,5^*$
Через 12 недель	$86,5 \pm 5,7$	$89,3 \pm 5,9$

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

Note. * Statistically significant intergroup differences ($p < 0,05$) when compared with the corresponding indicator of group 1 (Mann–Whitney test).

Таблица 4. Динамика результата теста «Встань и иди», баллы ($M \pm m$)

Table 4. Dynamics of the result of the «Get up and go» test, points ($M \pm m$)

Срок исследования после вмешательства	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
Через 2 недели	$26,7 \pm 3,4$	$17,4 \pm 2,1^*$
Через 4 недели	$21,2 \pm 2,7$	$13,3 \pm 1,7^*$
Через 6 недель	$16,1 \pm 2,1$	$10,6 \pm 1,2^*$
Через 12 недель	$10,9 \pm 1,8$	$9,7 \pm 0,8$

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

Note. * Statistically significant intergroup differences ($p < 0,05$) when compared with the corresponding indicator of group 1 (Mann–Whitney test).

Однако через 12 недель уровни показателей теста «Встань и иди» в группах пациентов, которым было произведено ЭТС, снизились по сравнению с предыдущим сроком, но статистически значимых межгрупповых отличий при этом выявлено не было ($p > 0,05$).

Оценка динамики индекса Лекена в группах пациентов, которым выполнялось ЭТС с использованием различных доступов, показала, что до операции уровни этого показателя не различались и составили 8,38–8,64 балла (табл. 5).

Через 1 месяц значение этого параметра у больных основной группы снизилось до $6,93 \pm 0,71$ балла и было статистически значимо ($p < 0,05$) ниже такового в группе сравнения — $7,83 \pm 0,86$ балла.

Через 3 месяца значение этого индекса в обеих группах продолжало снижаться, при этом выявленные соотношения сохранялись: величина показателя в основной группе была значимо ($p < 0,05$) ниже, чем в группе сравнения. Однако через 6 и 12 месяцев уровни данного параметра в группах пациентов не различались независимо от использованного хирургического доступа при выполнении ЭТС ($p > 0,05$).

Анализ показателя боли по HHS в группах пациентов, которым выполнялось ЭТС с использованием различных доступов, показал, что до операции уровни этого показателя не различались и составили 16,7–18,3 балла (табл. 6).

Через 1 месяц значение этого параметра у больных основной группы увеличилось до $32,7 \pm 2,9$ балла и было статистически значимо ($p < 0,05$) выше соответствующей величины в группе сравнения — $25,3 \pm 2,7$ балла.

Спустя 3 месяца значение данного параметра продолжало повышаться в обеих группах пациентов, при этом выявленные соотношения сохранялись: уровень показателя боли по HHS в основной группе был значимо ($p < 0,05$) выше такового в группе сравнения. В то же время через 6

Таблица 5. Динамика альгофункционального индекса Лекена, баллы ($M \pm m$)

Table 5. Dynamics of the algofunctional Lequesne index, points ($M \pm m$)

Срок исследования	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
До операции	$8,64 \pm 0,73$	$8,38 \pm 0,65$
Через 1 месяц	$7,83 \pm 0,86$	$6,93 \pm 0,71^*$
Через 3 месяца	$6,85 \pm 0,58$	$6,03 \pm 0,59^*$
Через 6 месяцев	$5,76 \pm 0,47$	$5,49 \pm 0,41$
Через 12 месяцев	$4,32 \pm 0,31$	$4,18 \pm 0,26$

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

Note. * Statistically significant intergroup differences ($p < 0,05$) when compared with the corresponding indicator of group 1 (Mann–Whitney test).

Таблица 6. Оценка боли по шкале Harris Hip Score, баллы ($M \pm m$)

Table 6. Harris Hip Score pain scores, points ($M \pm m$)

Срок исследования	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
До операции	$16,7 \pm 2,3$	$18,3 \pm 1,4$
Через 1 месяц	$25,3 \pm 2,7$	$32,7 \pm 2,9^*$
Через 3 месяца	$32,2 \pm 3,0$	$38,6 \pm 3,2^*$
Через 6 месяцев	$37,4 \pm 3,1$	$40,2 \pm 2,8$
Через 12 месяцев	$38,5 \pm 2,9$	$39,6 \pm 2,7$

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

Note. * Statistically significant intergroup differences ($p < 0,05$) when compared with the corresponding indicator of group 1 (Mann–Whitney test).

и 12 месяцев не было отмечено статистически значимых межгрупповых различий по этому показателю в зависимости от использованного хирургического доступа ($p > 0,05$).

Оценка функции сустава по HHS показала, что до операции уровни этого показателя не различались, составляя 33,3–34,1 балла (табл. 7). Через 1 месяц значения этого параметра несколько увеличились в обеих группах, при этом у больных основной группы величина показателя была несколько выше, хотя статистически значимых различий в этот срок наблюдения выявлено не было.

Через 3 месяца уровень показателя функции сустава в основной группе возрос до $44,5 \pm 3,9$ балла и был статистически значимо ($p < 0,05$) выше соответствующей величины в группе сравнения, где она составила $39,8 \pm 3,5$ балла.

Таблица 7. Оценка функции сустава по шкале Harris Hip Score, баллы ($M \pm m$)

Table 7. Assessment of joint function according to the Harris Hip Score, points ($M \pm m$)

Срок исследования	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
До операции	$33,3 \pm 4,0$	$34,1 \pm 3,6$
Через 1 месяц	$36,4 \pm 3,7$	$40,0 \pm 4,3$
Через 3 месяца	$39,8 \pm 3,5$	$44,5 \pm 3,9^*$
Через 6 месяцев	$42,3 \pm 4,1$	$43,9 \pm 3,7$
Через 12 месяцев	$40,1 \pm 3,8$	$44,2 \pm 3,3$

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

Note. * Statistically significant intergroup differences ($p < 0,05$) when compared with the corresponding indicator of group 1 (Mann–Whitney test).

Таблица 8. Оценка амплитуды движений по шкале Harris Hip Score, баллы ($M \pm m$)

Table 8. Assessment of the amplitude of movements according to the Harris Hip Score, points ($M \pm m$)

Срок исследования	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
До операции	1,02±0,08	1,11±0,10
Через 1 месяц	1,52±0,12	2,03±0,15*
Через 3 месяца	1,73±0,16	2,26±0,19*
Через 6 месяцев	2,19±0,22	2,31±0,28
Через 12 месяцев	2,67±0,27	2,78±0,31

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

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

Спустя 6 и 12 месяцев значение данного параметра существенно не изменялось в обеих группах пациентов, при этом в основной группе в данные сроки наблюдения уровень шкалы HHS был несколько выше, чем в группе сравнения, при этом не было отмечено статистически значимых межгрупповых различий в зависимости от использованного хирургического доступа ($p > 0,05$).

Анализ амплитуды движений по шкале HHS в группах пациентов, которым выполнялось ЭТС с использованием различных доступов, показал, что до операции уровни этого показателя не различались и составили 1,02–1,11 балла (табл. 8). Через 1 месяц значение этого параметра у больных основной группы увеличилось до 2,03±0,15 балла и было статистически значимо ($p < 0,05$) выше соответствующей величины в группе сравнения — 1,52±0,12 балла.

Спустя 3 месяца значение показателя этой шкалы ещё несколько увеличилось в обеих группах пациентов, при этом выявленные соотношения сохранялись: уровень показателя амплитуды движений по шкале HHS в основной группе был значимо ($p < 0,05$) выше такового в группе сравнения.

Через 6 и 12 месяцев после ЭТС не было отмечено статистически значимых межгрупповых различий по этому показателю в зависимости от использованного хирургического доступа ($p > 0,05$), хотя в группе 2 уровень данной шкалы был несколько выше, чем в группе 1.

Оценка суммарного балла шкалы HHS свидетельствовала, что до проведения ЭТС его значение было несколько выше в основной группе, чем в группе сравнения, хотя при этом значимых межгрупповых различий отмечено не было (табл. 9).

Через 1 месяц значение этого параметра у больных основной группы увеличилось до 80,9±7,8 балла и было

Таблица 9. Оценка суммарного балла шкалы Harris Hip Score, баллы ($M \pm m$)

Table 9. Assessment of the total score of the Harris Hip Score, points ($M \pm m$)

Срок исследования	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
До операции	40,7±3,3	41,3±3,9
Через 1 месяц	72,2±6,7	80,9±7,8
Через 3 месяца	79,7±7,3	91,8±8,4*
Через 6 месяцев	85,3±5,9	93,2±6,5
Через 12 месяцев	84,8±3,8	92,8±4,7

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

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

статистически значимо ($p < 0,05$) выше соответствующей величины в группе сравнения — 72,2±6,7 балла.

Спустя 3 месяца значение данного параметра повысилось в обеих группах пациентов, при этом суммарный балл шкалы HHS в основной группе был значимо ($p < 0,05$) выше такового в группе сравнения: 91,8±8,4 и 79,7±7,3 балла соответственно.

Через 6 и 12 месяцев величина этого параметра в основной группе была несколько выше, чем в группе сравнения, хотя при этом выявленные различия не достигали статистической значимости ($p=0,094$).

Изучение динамики показателя HAQ показало, что до операции его уровни в группах пациентов не различались и составили 2,59–2,63 балла (табл. 10). Через 1 месяц значение этого параметра у больных основной группы

Таблица 10. Динамика индекса Health Assessment Questionnaire, баллы ($M \pm m$)

Table 10. Dynamics of the Health Assessment Questionnaire index, points ($M \pm m$)

Срок исследования	Группа 1 (сравнения), $n=78$	Группа 2 (основная), $n=85$
До операции	2,63±0,41	2,59±0,27
Через 1 месяц	2,41±0,09	2,23±0,11*
Через 3 месяца	2,11±0,13	1,79±0,17*
Через 6 месяцев	1,63±0,18	1,48±0,11*
Через 12 месяцев	1,31±0,13	1,08±0,09*

Примечание. * Статистически значимые межгрупповые различия ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующим показателем группы 1 (критерий Манна–Уитни).

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

снизилось до $2,23 \pm 0,11$ балла и было статистически значимо ($p < 0,05$) ниже соответствующей величины в группе сравнения — $2,41 \pm 0,09$ балла.

Значимые межгрупповые различия сохранялись и спустя 3 месяца после выполнения ЭТС, при этом индекс НАQ в основной группе был статистически значимо ($p < 0,05$) ниже такового в группе сравнения. Аналогичные соотношения сохранялись и через 6 и 12 месяцев после проведённого лечения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Эндопротезирование является основным хирургическим методом лечения поздних стадий патологии тазобедренного сустава. В настоящее время это лучший метод лечения коксартроза III–IV стадии, использование которого позволяет в короткие сроки достичь реабилитационного эффекта и существенно повысить качество жизни больных.

В настоящее время предложены различные подходы к выполнению эндопротезирования, однако до сих пор не получено убедительных клинических доказательств недостатков и преимуществ использования различных доступов при выполнении первичного эндопротезирования тазобедренного сустава [9].

На сегодняшний день нет точных данных, подтверждающих улучшение долгосрочных результатов. Однако итоги некоторых исследований свидетельствуют о положительных средне- и долгосрочных клинических результатах ППД по сравнению с другими доступами.

Так, в ретроспективном исследовании, проведённом в Южной Африке, оценивались результаты применения ППД в среднем за 7,35 года с использованием данных, сообщаемых пациентами. После выполнения 522 эндопротезирований было проведено 13 ревизий, а общая 5-летняя приживаемость имплантатов составила 97,5%. Оценка восприятия суставов пациентами показала, что 65,5% испытуемых воспринимали сустав как полностью естественный. Среднее значение шкалы Forgotten Joint Score-12 составило 90, а модифицированная оценка HHS — 88 [10].

Другое ретроспективное исследование было проведено в Швейцарии. В нём в течение 10 лет наблюдались 256 пациентов, которым ЭТС было выполнено с применением ППД. Согласно результатам исследования, было проведено 9 ревизионных вмешательств, а общая выживаемость имплантатов через 10 лет после операции составила 96,8%. Медиана субъективного значения тазобедренного сустава составила 90%, а индекс WOMAC достиг медианы 0,2 балла [11].

Основным преимуществом прямого переднего доступа является сохранение мышечных структур, в первую очередь ягодичных мышц, которые при использовании этого доступа остаются неповреждёнными во время первичного ЭТС.

Лечение переломов шейки бедренной кости у пожилых пациентов (часто с большим количеством сопутствующих патологий) требует применения щадящей и экономичной

по времени хирургической техники. Первичное ЭТС соответствует всем этим требованиям, вмешательство может быть выполнено достаточно быстро, при этом не требуется осуществлять разделение или рассечение мышц.

Применение этого доступа позволяет как можно раньше начать реабилитационные мероприятия у данной категории пациентов, что обусловлено минимальной травматизацией тканей.

Согласно данным недавно проведённого K.H. Cichos et al. исследования [12], применение переднего доступа при переломах бедра способствует снижению летальности больных, которым выполняется эта операция. Для использования ППД характерен относительно небольшой объём кровопотери [13]. Благодаря низкой выраженности болевого синдрома пациент легко и быстро восстанавливает подвижность [14]. Меньшая выраженность послеоперационного болевого синдрома по сравнению с другими доступами приводит к снижению потребности в опиоидной анальгезии [15].

Исследование, проведённое Zhonghua Xu et al., показало, что китайские хирурги всё чаще отдают предпочтение ППД. Согласно результатам этого исследования, преимущества ППД выходят далеко за рамки минимальной инвазивности и экономии тканей. Ещё больше потенциальных преимуществ может быть достигнуто за счёт персонализации функционального положения таза, достижения подлинно безопасной зоны вертлужного компонента, адаптации к пространственно-временным изменениям координации тазобедренного сустава и позвоночника [16].

Вышеизложенное обусловило формулировку цели нашего исследования: провести сравнительную оценку клинической эффективности эндопротезирования прямым передним и прямым боковым доступами по такому критерию, как функция тазобедренного сустава в раннем послеоперационном периоде.

В качестве основных способов оценки функционального состояния тазобедренного сустава были выбраны такие шкалы, как НАQ и HHS, а также альгофункциональный индекс Лекена.

Исследователи из Сиднея [17] оценивали функциональное состояние тазобедренного и коленного суставов после тотального эндопротезирования, используя опросник НАQ. В послеоперационном периоде каждые 3 месяца на протяжении года пациенты заполняли данную шкалу.

Kevin Moerenhout et al. [18] проводили клиническое исследование в период с февраля 2011 г. по июль 2013 г., средний период наблюдения составил 55 месяцев. В исследование были включены пациенты, у которых применялся прямой передний или задний доступ при ЭТС. Шкала HHS использовалась для мониторинга функционального состояния суставов в течение 5 лет после операции.

В исследовании, проведённом L.D. Roorda et al. [19] в Амстердаме, шкалы НАQ и HHS оцениваются как широко распространённые и зарекомендовавшие себя способы функциональной оценки.

H. Grimmig et al. [20] провели исследование на базе реабилитационного центра Бад-Айльзен в Германии и доказали, что, используя опросники Лекена в качестве инструмента самоотчёта в повседневной жизни пациента, специалист может получить хорошее отражение состояния здоровья и качества результатов реабилитации больного.

Knut Erik Mjaaland et al. [21] проводили сравнительное исследование с января 2012 г. по июнь 2013 г. В него были включены 164 пациента с терминальной стадией остеоартрита, которые были рандомизированы для прямого переднего и прямого латерального доступа. Перед операцией и через 3, 6, 12 и 24 месяца физиотерапевт регистрировал шкалу NHS для тазобедренного сустава. Результаты исследования сопоставимы с результатами, полученными в нашем исследовании: к концу 1-го месяца функциональная эффективность была выше у пациентов, прооперированных ППД. Процент добровольного отказа пациентов от использования вспомогательных средств для передвижения был выше среди лиц, прооперированных ППД, что также отражено в шкале NHS. К 8-й неделе количество пациентов, вернувшихся к повседневной жизни, было больше в группе лиц, прооперированных ППД, что отмечено в шкале NHS.

ВЫВОДЫ

Полученные данные свидетельствовали, что в раннем послеоперационном периоде применение прямого переднего доступа при ЭТС ассоциировано с более быстрым восстановлением функциональности тазобедренного сустава и меньшей длительностью стационарного этапа лечения по сравнению с прямым боковым доступом, что было подтверждено следующими статистически значимыми межгрупповыми различиями:

- более высокой оценкой по шкале самообслуживания Barthel через 2 недели (70,4 против 63,6 балла), 4 недели (81,3 против 71,4 балла) и 6 недель (86,2 против 77,3 балла) после операции;
- лучшими результатами теста «Встань и иди» через 2 недели (17,4 против 26,7 балла), 4 недели (13,3 против 21,2 балла) и 6 недель (10,6 против 16,1 балла) после операции;
- более низкими значениями альгофункционального индекса Лекена через 1 месяц (6,93 против 7,83 балла) и через 3 месяца (6,03 против 6,85 балла) после операции;
- более высокими оценками по субшкале боли опросника NHS через 1 месяц (32,7 против 25,3 балла) и через 3 месяца (38,6 против 32,2 балла) после операции;
- более высокими оценками по субшкале функции опросника NHS через 3 месяца после операции (44,5 против 39,8 балла);

- более низкими показателями индекса HAQ через 1 месяц (2,23 против 2,41 балла) и через 3 месяца (1,79 против 2,11 балла) после операции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Клиническая эффективность использования прямого переднего доступа в раннем послеоперационном периоде проявляется статистически значимо ($p < 0,05$) более высокими по сравнению с применением прямого бокового доступа показателями шкалы самообслуживания Barthel, результатами теста «Встань и иди» через 2–6 недель после операции, а также лучшей динамикой показателей опросника Harris Hip Score, индекса Лекена и индекса Health Assessment Questionnaire через 1–3 месяца после эндопротезирования тазобедренного 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). Наибольший вклад распределён следующим образом: Н.В. Загородний — идея и разработка концепции статьи, окончательное редактирование статьи; И.К. Ерёмин — хирургическое лечение пациентов, идея и разработка концепции статьи, интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи, поиск и анализ публикаций по теме обзора; А.А. Данильянц — интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и написание текста статьи; Е.В. Огарёв — интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, поиск и анализ публикаций по теме обзора.

Источник финансирования. Не указан.

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. N.V. Zagorodny — idea and development of the concept of the article, final editing of the article; I.K. Eremin — surgical treatment of patients, the idea and development of the concept of the article, interpretation of the data obtained, editing the text of the article, search and analysis of publications on the topic of the review; A.A. Danilyants — interpretation of the obtained data, statistical data processing, preparation and writing of the text of the article; E.V. Ogarev — interpretation of the obtained data, statistical data processing, search and analysis of publications on the topic of the review.

Funding source. Not specified.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Centers for Disease Control and Prevention. Osteoarthritis. Режим доступа: <https://www.cdc.gov/arthritis/basics/osteoarthritis.htm>. Дата обращения: 11.11.2021.
- Галушко Е.А., Насонов Е.Л. Распространённость ревматических заболеваний в России // Альманах клинической медицины. 2018. Т. 46, № 1. С. 32–9. doi: 10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39
- Waddell J., Johnson K., Hein W., et al. Orthopaedic practice in total hip arthroplasty and total knee arthroplasty: results from the Global Orthopaedic Registry (GLORY) // *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2010. Vol. 39, № 9 (Suppl). P. 5–13.
- Руководство по хирургии тазобедренного сустава / под ред. Р.М. Тихилова, И.И. Шубнякова. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2014. Т. I. 368 с.
- Realyvasquez J., Singh V., Shah A.K., et al. The direct anterior approach to the hip: a useful tool in experienced hands or just another approach? // *Arthroplasty*. 2022. Vol. 4, № 1. P. 1. doi: 10.1186/s42836-021-00104-5
- McLawhorn A.S., Christ A.B., Morgenstern R., et al. Prospective evaluation of the posterior tissue envelope and anterior capsule after anterior total hip arthroplasty // *J Arthroplasty*. 2020. Vol. 35, № 3. P. 767–773. doi: 10.1016/j.arth.2019.09.045
- Yue C., Kang P., Pei F. Comparison of direct anterior and lateral approaches in total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis (PRISMA) // *Medicine (Baltimore)*. 2015. Vol. 94, № 50. P. e2126. doi: 10.1097/md.0000000000002126
- Fullam J., Theodosi P.G., Charity J., et al. A scoping review comparing two common surgical approaches to the hip for hemiarthroplasty // *BMC Surg*. 2019. № 19. P. 32. doi: 10.1186/s12893-019-0493-9
- Ries M.D. Relationship between functional anatomy of the hip and surgical approaches in total hip arthroplasty // *Orthopedics*. 2019. Vol. 42, № 4. P. 356–363. doi: 10.3928/01477447-20190624-03
- Pietrzak J.R.T., Maharaj Z., Cakic J.N. Good long-term outcomes for direct anterior approach total hip arthroplasty in South Africa // *J Orthop*. 2020. № 22. P. 352–357. doi: 10.1016/j.jor.2020.08.014
- Rahm S., Tondelli T., Steinmetz S., et al. Uncemented total hip arthroplasty through the direct anterior approach: analysis of a consecutive series of 275 hips with a minimum follow-up of 10 years // *J Arthroplasty*. 2019. 34, № 6. P. 1132–1138. doi: 10.1016/j.arth.2019.01.062
- Cichos K.H., Mabry S.E., Spittler C.A., et al. Comparison between the direct anterior and posterior approaches for total hip arthroplasty performed for femoral neck fracture // *J Orthop Trauma*. 2021. Vol. 35, № 1. P. 41–48. doi: 10.1097/bot.0000000000001883
- Van der Sijp M.P.L., van Delft D., Krijnen P., et al. Surgical approaches and hemiarthroplasty outcomes for femoral neck fractures: a meta-analysis // *J Arthroplasty*. 2018. Vol. 33, № 5. P. 1617–1627.e9. Epub 2017 Dec 29. Erratum in: *J Arthroplasty*. 2020. Vol. 35, № 2. P. 603–604. doi: 10.1016/j.arth.2017.12.029
- Kunkel S.T., Sabatino M.J., Kang R., et al. A systematic review and meta-analysis of the direct anterior approach for hemiarthroplasty for femoral neck fracture // *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018. Vol. 28, № 2. P. 217–232. doi: 10.1007/s00590-017-2033-6
- Makhdoum A.M., Hozack W.J. Direct anterior versus direct lateral hip approach in total hip arthroplasty with the same perioperative protocols one year post fellowship training // *J Orthop Surg Res*. 2023. Vol. 18, № 1. P. 216. doi: 10.1186/s13018-023-03716-6
- Xu Z., Zhang J., Li J., et al. Direct anterior approach in total hip arthroplasty: more indications and advantages than we found // *Arthroplasty*. 2022. Vol. 4, № 1. P. 29. doi: 10.1186/s42836-022-00130-x
- March L.M., Barcenilla A.L., Cross M.J., et al. Costs and outcomes of total hip and knee joint replacement for rheumatoid arthritis // *Clin Rheumatol*. 2008. Vol. 27, № 10. P. 1235–42. doi: 10.1007/s10067-008-0891-3
- Moerenhout K., Derome P., Laflamme G.Y., et al. Direct anterior versus posterior approach for total hip arthroplasty: a multicentre, prospective, randomized clinical trial // *Can J Surg*. 2020. Vol. 63, № 5. P. E412–E417. doi: 10.1503/cjs.012019
- Roorda L.D., Jones C.A., Waltz M., et al. Satisfactory cross cultural equivalence of the Dutch WOMAC in patients with hip osteoarthritis waiting for arthroplasty // *Ann Rheum Dis*. 2004. Vol. 63, № 1. P. 36–42. doi: 10.1136/ard.2002.001784
- Grimmig H., Melzer C., Ludwig F.J., et al. Der routinemässige Einsatz des Lequesne-Index zur Ergebnismessung in der orthopädischen Rehabilitation bei Hüft- und Knieerkrankungen // *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2002. 140, № 4. P. 452–9. doi: 10.1055/s-2002-33399
- Mjaaland K.E., Kivle K., Svenningsen S., et al. Do postoperative results differ in a randomized trial between a direct anterior and a direct lateral approach in THA? // *Clin Orthop Relat Res*. 2019. Vol. 477, № 1. P. 145–155. doi: 10.1097/corr.0000000000000439

REFERENCES

- Centers for Disease Control and Prevention. Osteoarthritis. Available from: <https://www.cdc.gov/arthritis/basics/osteoarthritis.htm>. Accessed: 11.11.2021.
- Galushko EA, Nasonov EL. Prevalence of rheumatic diseases in Russia. *Almanac of Clinical Medicine*. 2018;46(1):32–9. (In Russ). doi: 10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39
- Waddell J, Johnson K, Hein W, et al. Orthopaedic practice in total hip arthroplasty and total knee arthroplasty: results from the Global Orthopaedic Registry (GLORY). *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2010;39(9 Suppl):5–13.
- Tikhilov PM, Shubnyakov II, editors. Guidelines for hip joint surgery. St. Petersburg: P.P. Vreden RNIITO; 2014. Vol. I. 368 p. (In Russ).
- Realyvasquez J, Singh V, Shah AK, et al. The direct anterior approach to the hip: a useful tool in experienced hands or just another approach? *Arthroplasty*. 2022;4(1):1. doi: 10.1186/s42836-021-00104-5
- McLawhorn AS, Christ AB, Morgenstern R, et al. Prospective evaluation of the posterior tissue envelope and anterior capsule after anterior total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2020;35(3):767–773. doi: 10.1016/j.arth.2019.09.045
- Yue C, Kang P, Pei F. Comparison of direct anterior and lateral approaches in total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis (PRISMA). *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(50):e2126. doi: 10.1097/md.0000000000002126

8. Fullam J, Theodosi PG, Charity J, et al. A scoping review comparing two common surgical approaches to the hip for hemiarthroplasty. *BMC Surg.* 2019;(19):32. doi: 10.1186/s12893-019-0493-9
9. Ries MD. Relationship between functional anatomy of the hip and surgical approaches in total hip arthroplasty. *Orthopedics.* 2019;42(4):356–363. doi: 10.3928/01477447-20190624-03
10. Pietrzak JRT, Maharaj Z, Cakic JN. Good long-term outcomes for direct anterior approach total hip arthroplasty in South Africa. *J Orthop.* 2020;(22):352–357. doi: 10.1016/j.jor.2020.08.014
11. Rahm S, Tondelli T, Steinmetz S, et al. Uncemented total hip arthroplasty through the direct anterior approach: analysis of a consecutive series of 275 hips with a minimum follow-up of 10 years. *J Arthroplasty.* 2019;34(6):1132–1138. doi: 10.1016/j.arth.2019.01.062
12. Cichos KH, Mabry SE, Spittler CA, et al. Comparison between the direct anterior and posterior approaches for total hip arthroplasty performed for femoral neck fracture. *J Orthop Trauma.* 2021;35(1):41–48. doi: 10.1097/bot.0000000000001883
13. Van der Sijp MPL, van Delft D, Krijnen P, et al. Surgical approaches and hemiarthroplasty outcomes for femoral neck fractures: a meta-analysis. *J Arthroplasty.* 2018;33(5):1617–1627.e9. Epub 2017 Dec 29. Erratum in: *J Arthroplasty.* 2020;35(2):603–604. doi: 10.1016/j.arth.2017.12.029
14. Kunkel ST, Sabatino MJ, Kang R, et al. A systematic review and meta-analysis of the direct anterior approach for hemiarthroplasty for femoral neck fracture. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(2):217–232. doi: 10.1007/s00590-017-2033-6
15. Makhdom AM, Hozack WJ. Direct anterior versus direct lateral hip approach in total hip arthroplasty with the same perioperative protocols one year post fellowship training. *J Orthop Surg Res.* 2023;18(1):216. doi: 10.1186/s13018-023-03716-6
16. Xu Z, Zhang J, Li J, et al. Direct anterior approach in total hip arthroplasty: more indications and advantages than we found. *Arthroplasty.* 2022;4(1):29. doi: 10.1186/s42836-022-00130-x
17. March LM, Barcenilla AL, Cross MJ, et al. Costs and outcomes of total hip and knee joint replacement for rheumatoid arthritis. *Clin Rheumatol.* 2008;27(10):1235–42. doi: 10.1007/s10067-008-0891-3
18. Moerenhout K, Derome P, Laflamme GY, et al. Direct anterior versus posterior approach for total hip arthroplasty: a multicentre, prospective, randomized clinical trial. *Can J Surg.* 2020;63(5):E412–E417. doi: 10.1503/cjs.012019
19. Roorda LD, Jones CA, Waltz M, et al. Satisfactory cross cultural equivalence of the Dutch WOMAC in patients with hip osteoarthritis waiting for arthroplasty. *Ann Rheum Dis.* 2004;63(1):36–42. doi: 10.1136/ard.2002.001784
20. Grimmig H, Melzer C, Ludwig FJ, et al. Der routinemässige Einsatz des Lequesne-Index zur Ergebnismessung in der orthopädischen Rehabilitation bei Hüft- und Knieerkrankungen [Using the Lequesne questionnaires for patients with hip and knee disabilities in daily routine to reflect the quality of outcome in rehabilitation]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2002;140(4):452–9. (In German). doi: 10.1055/s-2002-33399
21. Mjaaland KE, Kivle K, Svenningsen S, et al. Do postoperative results differ in a randomized trial between a direct anterior and a direct lateral approach in THA? *Clin Orthop Relat Res.* 2019;477(1):145–155. doi: 10.1097/corr.0000000000000439

ОБ АВТОРАХ

Ерёмин Иван Константинович,

врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0002-0992-0706;
eLibrary SPIN: 9019-4184;
e-mail: eremindocor@yandex.ru

* **Данильянц Армен Альбертович,** студент;

адрес: Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1;
ORCID: 0000-0001-6692-0975;
e-mail: armendts@mail.ru

Огарёв Егор Витальевич, к.м.н.,

врач-рентгенолог, старший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-0621-1047;
e-mail: evogarev@yandex.ru

Загородний Николай Васильевич, д.м.н., профессор,

член-корреспондент РАН, врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0002-6736-9772;
eLibrary SPIN: 6889-8166;
e-mail: zagorodniy51@mail.ru

AUTHORS' INFO

Ivan K. Eremin,

orthopedic traumatologist;
ORCID: 0000-0002-0992-0706;
eLibrary SPIN: 9019-4184;
e-mail: eremindocor@yandex.ru

* **Armen A. Danilyants,** student;

address: 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia;
ORCID: 0000-0001-6692-0975;
e-mail: armendts@mail.ru

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

radiologist, senior researcher;
ORCID: 0000-0003-0621-1047;
e-mail: evogarev@yandex.ru

Nikolay V. Zagorodniy, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,

Corresponding member of RAS, traumatologist-orthopedist;
ORCID: 0000-0002-6736-9772;
eLibrary SPIN: 6889-8166;
e-mail: zagorodniy51@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto322787>

Отдалённые результаты профилактики и лечения перипротезной инфекции в онкоортопедии

А.В. Соколовский¹, В.А. Соколовский¹, Г.Н. Мачак², И.Н. Петухова¹,
А.А. Курильчик³, А.А. Жеравин⁴

¹ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина, Москва, Российская Федерация;

² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

³ Национальный медицинский исследовательский центр радиологии им. А.Ф. Цыба, Обнинск, Российская Федерация;

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Эндопротезирование после резекции костей и суставов является методом выбора лечения пациентов со злокачественными опухолями костей, особенно при благоприятном онкологическом прогнозе. Инфекция ложа эндопротеза и рецидив основного заболевания являются одними из значимых, труднокупируемых осложнений. Развитие перипротезной инфекции влечёт за собой утрату функционального потенциала после окончания лечения этого осложнения, ухудшает онкологический прогноз.

Цель. Изучить и улучшить долгосрочные результаты лечения больных с диагностированной перипротезной инфекцией, перенёсших онкологическое эндопротезирование, разработать профилактический комплекс мер, направленных на снижение перипротезной инфекции.

Материалы и методы. В исследование были включены 1292 пациента с первичными саркомами кости, мягких тканей, метастатическими и доброкачественными опухолями кости, которым с января 1992 по январь 2020 г. было выполнено 1671 первичное и повторное эндопротезирование. В исследовании участвовали 677 (52,4%) мужчин и 615 (47,6%) женщин. Возраст пациентов варьировал от 10 лет до 81 года. Онкологическое эндопротезирование было проведено 886 (68,6%) пациентам с первичными злокачественными опухолями, 144 (11,1%) — с метастатическим поражением костей и 262 (20,3%) — с доброкачественными новообразованиями. Средний период наблюдения после эндопротезирования различных сегментов кости составил 82,8 мес (0–335,7 мес).

Результаты. Частота перипротезной инфекции за весь период наблюдения при первичном эндопротезировании составила 7,1%, при повторном эндопротезировании — 6,2%. Регресс частоты инфекции эндопротеза при первичном эндопротезировании за период наблюдения составил 83%, при повторном эндопротезировании — 61,5%. Снизить частоту перипротезной инфекции удалось благодаря изменениям в стратегии эндопротезирования. В исследовании при первичном и повторном эндопротезировании выявлено превалирование доли ранних (тип IVA по ISOLS 2013) инфекционных осложнений, составивших 15 и 11,9%, над поздними (тип IVB) — 5 и 4,4% соответственно. После первичного эндопротезирования наиболее часто был верифицирован *Staphylococcus aureus* (38,1%), после повторного — *Staphylococcus epidermidis* (53%). Наиболее часто для лечения перипротезной инфекции использовалось двухэтапное резэндопротезирование: после первичного эндопротезирования — в 58,3% случаев, после повторного — в 65,4%. Разработанный в исследовании превентивный комплекс мер позволил снизить частоту ранней инфекции ложа эндопротеза на 15,3% при первичном эндопротезировании и на 7,1% при повторном.

Заключение. Режим периоперационной антибиотикопрофилактики должен обеспечивать равномерную фармакологическую концентрацию антибактериального препарата в течение всего хода операции и периода времени, сопряжённого с наиболее высоким риском ранней инфекции ложа эндопротеза (продлённый до 5 суток режим антибиотикопрофилактики), что позволяет снизить микробную контаминацию раны до безопасного уровня. Полученные данные свидетельствуют, что основным способом лечения перипротезной инфекции остаётся двухэтапное резэндопротезирование.

Ключевые слова: опухоль кости; саркома; онкоортопедия; онкологическое эндопротезирование; осложнения эндопротезирования; инфекция эндопротеза.

Как цитировать:

Соколовский А.В., Соколовский В.А., Мачак Г.Н., Петухова И.Н., Курильчик А.А., Жеравин А.А. Отдалённые результаты профилактики и лечения перипротезной инфекции в онкоортопедии // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 143–159.
DOI: <https://doi.org/10.17816/vto322787>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto322787>

Long-term results of periprosthetic infection prevention and treatment in oncoorthopedics

Anatolii V. Sokolovskii¹, Vladimir A. Sokolovskii¹, Gennadii N. Machak²,
Irina N. Petukhova¹, Alexandr A. Kurilchik³, Alexandr A. Geravin⁴

¹ Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russian Federation;

² Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation;

³ Tsyba Medical Radiological Research Center, Obninsk, Russian Federation;

⁴ Meshalkin National Medical Research Center of Oncology, Novosibirsk, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Endoprosthesis after bone and joint resection is the treatment of choice for patients with malignant bone tumors, especially in case of a favorable oncological prognosis. Endoprosthesis bone site infection and relapse associated with the underlying disease are important complications that are difficult to treat. The development of periprosthetic infection leads to the loss of functional potential after the end of this complication treatment and worsens oncologic prognosis.

AIM: To study and improve the long-term results of treatment in patients with diagnosed periprosthetic infection who underwent oncologic endoprosthesis, to develop a preventive complex of measures aimed at reducing periprosthetic infection.

MATERIAL AND METHODS: The study included 1292 patients with primary bone sarcomas, soft tissue sarcomas, metastatic and benign bone tumors who underwent 1671 primary and recurrent endoprosthetic replacements between January 1992 and January 2020. A total of 677 (52.4%) men and 615 (47.6%) women participated in the study. Patients ranged in age from 10 years to 81 years. Oncologic endoprosthetics were performed in 886 (68.6%) patients with primary malignancies, 144 (11.1%) with metastatic bone lesions, and 262 (20.3%) with benign neoplasms. The mean follow-up period after endoprosthetic replacement with various bone segments was 82.8 months (0–335.7 months).

RESULTS: The incidence of periprosthetic infection during the entire follow-up period in primary endoprosthesis was 7.1%, and in repeat endoprosthesis — 6.2%. The recurrence rate of endoprosthesis infection in primary endoprosthesis during the observation period was 83%, in repeat endoprosthesis — 61.5%. The frequency of periprosthetic infection was reduced by changes in the endoprosthetic strategy. The prevalence of early (type IVA according to ISOLS 2013) infectious complications (15 and 11.9%) over late (type IVB) complications (5 and 4.4%, respectively) in both primary and repeat arthroplasty was higher. *Staphylococcus aureus* was most frequently identified after primary endoprosthetic replacement (38.1%) and *Staphylococcus epidermidis* was most commonly verified after repeat endoprosthetic replacement (53%). Two-stage reendoprosthesis was used most often to treat periprosthetic infection: after primary endoprosthesis — in 58.3% of cases, after repeat endoprosthesis — in 65.4%. The preventive measures developed in the study made it possible to reduce the incidence of the endoprosthesis site early infection by 15.3% in primary endoprosthesis and by 7.1% in repeat endoprosthesis.

CONCLUSION: The perioperative antibiotic prevention regimen should provide a steady antibiotic concentration during the entire course of surgery and the time associated with the highest risk of endoprosthesis site early infection (extended antibiotic treatment up to 5 days), which allows to reduce the wound microbial contamination to a safe level. The findings suggest that two-stage reendoprosthetic replacement remains the main treatment option for periprosthetic infection.

Keywords: bone tumor; sarcoma; onco-orthopedics; oncological endoprosthesis replacement; complications of endoprosthesis replacement; endoprosthesis infection.

To cite this article:

Sokolovskii AV, Sokolovskii VA, Machak GN, Petukhova IN, Kurilchik AA, Geravin AA. Long-term results of periprosthetic infection prevention and treatment in oncoorthopedics. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):143–159. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto322787>

BACKGROUND

A combined approach is the world standard of treatment of patients with primary highly malignant and most metastatic tumors with bone involvement, one of its stages is surgical treatment. Endoprosthesis following radical resection of the bones and joints is the method of choice for the treatment of patients with malignant bone tumors, particularly when the oncological prognosis is favorable. The method significantly improves the quality of life of patients and can be performed in 85%–90% of patients. Despite the improvement of oncologic endoprosthetic systems and surgical techniques, the incidence of postoperative complications in oncologic endoprosthesis remains high and, according to different sources, ranges from 5% to 50% [1–3].

Endoprosthesis bed infection following oncologic endoprosthesis along with the recurrence of the underlying disease is one of the most significant and difficult-to-recover complications, particularly in the primary treatment of patients receiving postoperative conservative treatment. The development of periprosthetic infection not only entails the loss and/or incomplete restoration of functional potential after treatment of this complication but also critically affects the quality of adjuvant conservative treatment. The latter is manifested in prolonged intervals of chemotherapy or its complete abolition, which in the long term increases the risk of disease progression.

According to various literature sources, the incidence of periprosthetic infection over the last 10 years varies from 2.5% to 22.3% [1–3], which in most cases requires two-stage re-endoprosthesis with the installation of a joint-blocking spacer and prolonged antibacterial treatment. In some cases, owing to the presence of a significant soft tissue defect, which excludes the possibility of using plastic technologies, or polyresistance to antibacterial drugs, a mutilation operation is performed.

The prolonged absence of limb-bearing capacity and functional activity of the joint muscular apparatus leads to the development of muscle atrophy and bone osteoporosis, which negatively affects both the joint functionality after stage II re-endoprosthesis and the stability of the endoprosthesis legs. According to Jeys et al., in approximately 20% of patients with endoprosthesis bed infection, subsequent surgical treatment is associated with a decrease in the functional potential of the limb or leads to amputation [4].

This study aimed to investigate and improve the results of treatment of patients with periprosthetic infection undergoing oncologic endoprosthesis and to develop a preventive complex of measures aimed at reducing the incidence of periprosthetic infections.

MATERIALS AND METHODS

Study design

This study conducted a retrospective and prospective clinical analysis of 1,292 patients with primary sarcomas of

the bone and soft tissues, metastasis, and benign bone tumors that underwent 1,671 primary and revision endoprosthetic surgeries of various bone segments from between 1992 and January 2020.

Eligibility criteria

The inclusion criteria were as follows:

- Patients aged 18–81 years
- Patients with malignant and benign tumors with lesions of various bone compartments
- Performing primary or revision oncologic endoprosthetics
- Endoprosthetic site infections

The exclusion criteria were as follows:

- Orthopedic endoprosthetics
- Nontumor bone diseases

Terms and conditions of the event

The study was conducted in the general oncology clinic at the N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Health of the Russian Federation from 1992 to January 2020.

Methods for assessing targets

- Radiography
- Computed tomography
- Microbiologic examination of endoprosthesis bed aspirate
- General blood work
- Blood biochemistry such as C-reactive protein (CRP)
- Determination of cytosis of endoprosthesis bed aspirate.

Approval by the ethics committee

No ethical review was performed. All patients participating in the study voluntarily gave written informed consent for medical intervention and publication of the study results.

Statistical analysis

The database was developed as a standardized register of patients who underwent primary and re-endoprosthetic replacement. For convenient subsequent importation into statistical programs, it was created in table format in Microsoft Office Excel. Statistical processing of the material included data grouping, calculation of intensive and extensive indices, determination of the average error of relative values, determination of statistically significant difference of the compared values (*t*), Pearson's chi-squared test, and correlation coefficient.

In the statistical processing of data, qualitative and quantitative indicators were compared in the patient populations of interest. To assess qualitative characteristics, structural indicators (shares) were calculated. The significance of differences in structural indices in the populations was determined based on the chi-square criterion. To evaluate

quantitative parameters, descriptive statistics were calculated: means, medians, 25th and 75th percentiles, and the confidence interval for the mean value was calculated. The distributions of quantitative variables were checked for normality based on the asymmetry and kurtosis coefficients. All distributions statistically significantly deviated from the normal distribution; therefore, the distributions were compared using the nonparametric Mann–Whitney U-criterion. Statistical data processing was performed using Statistica 10.0 and IBM SPSS Statistics version 21 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

RESULTS

Participants (objects) of the study

In the period from 1992 to January 2020 (27 years), retrospective and prospective clinical data of organ-preserving operations with reconstruction of bone defects with endoprosthesis performed in patients with primary or metastatic lesions of long tubular bones were accumulated in the Clinic of General Oncology of N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Health of the Russian Federation.

The study included 1,292 patients with primary sarcomas of the bones and soft tissues, metastasis, and benign bone tumors in whom 1,671 primary and revision endoprosthetic surgeries of various bone segments were performed between January 1992 and January 2020.

The total endoprosthetic group included approximately the same number of male and female patients. The study included 677 (52.4%) men and 615 (47.6%) women. The age ranged from 10 to 81 years, and the mean age of the patients was 34.7 years. The most frequent (29% of cases) endoprosthetics were performed in persons aged 21–30 years.

Oncologic endoprosthesis was performed in 886 (68.6%) patients with primary malignant tumors, 144 (11.1%) with metastatic lesions of the long tubular bones, and 262 (20.3%) with benign neoplasms. The mean follow-up period after endoprosthetic replacement of various bone segments was 82.8 (0–335.7) months.

The analysis of the morphologic structure of the diseases of the endoprosthetic group ($n=1,292$) revealed the prevalence of primary malignant sarcomas with bone involvement. In this group, the most frequent diagnosis was osteosarcoma, which was verified in 460 (35.6%) patients, followed by chondrosarcoma, in 170 patients (13.2%). Moreover, 89 (6.9%) and 82 (6.7%) patients diagnosed with Ewing's sarcoma and undifferentiated pleomorphic sarcoma underwent primary and/or repeat arthroplasty, respectively. In addition, 53 (4.1%) patients were diagnosed with "parosteal osteosarcoma" and 20 (1.5%) with "periosteal osteosarcoma." The number of patients with other morphologic types of primary sarcomas did not exceed 8, which was <1% of the total cases.

Regarding the morphological structure of metastatic tumors, primary and/or repeat endoprosthesis was most frequently performed in patients with kidney cancer and breast cancer having metastatic bone lesions, i.e., 93 (7.2%) and 47 (3.6%), respectively. The number of patients with other metastatic bone lesions of the upper and lower extremities did not exceed 4, which was <1% of the total cases.

In the morphological structure of benign tumors that affect the bones of the upper and lower extremities, the giant cell tumor group, with 253 (19.6%) patients, was the only statistically significant group for further study. The number of patients with other benign bone tumors did not exceed 9, which was <1% of the total number of patients.

Highly and moderately differentiated forms of bone sarcomas (G1 and G2) were noted in 22.2% of the patients, and highly aggressive forms of bone sarcomas (G3 and G4) were verified in 77.8% of the patients.

The pattern of complications, which were the cause of recurrent oncologic endoprosthetic replacement in this study, was identified according to the international classification ISOLS 2013.

In 27 years, endoprosthesis bed infection, including bacterial and fungal infections, was the cause of re-endoprosthetic operations in 11.6% of cases (type IV complications according to the ISOLS 2013 classification). Late infectious complications detected after ≥ 2 years and caused re-endoprosthetic replacements were found in 7.8% (type IVB) of the cases, which was 2.1 times higher than the number of infectious and inflammatory complications detected before 2 years with 3.8% (type IVA complications).

The mean follow-up period after primary arthroplasty was 82.8 (range, 0–335.7) months. The mean follow-up period after repeat arthroplasty was 54.2 (range, 0–282.8) months. The greatest statistical representativeness was found in the primary and repeat endoprosthesis group following knee arthroplasty for femoral and tibial resection.

Main results of the study

During the study period (1992–2020), the overall incidence of ISOLS 2013 type I–IV complications was 1.4 times higher in the repeat arthroplasty group (38.1%) than in the primary arthroplasty group (26.6%) ($p < 0.05$). However, the regression of this index was 1.3 times higher in the repeat arthroplasty group than in the primary arthroplasty group.

During the observation period (1992–2020), type IV complications (endoprosthesis bed infection) in 7.1% of cases in the primary endoprosthetic group and in 6.2% in the re-endoprosthetic group. The regressions of the incidence of type IV complications (endoprosthesis bed infection) in the primary endoprosthetic and re-endoprosthetics groups during the follow-up period were 83% and 61.5%, respectively.

Given the lack of standards for antibiotic prophylaxis in onco-orthopedic surgeries, the optimal timing of antibiotic prophylaxis to reduce the risk of infectious complications (type IV) was determined in this study. A statistically

significant cohort of primary ($n=490$) and repeat ($n=306$) endoprosthetic cases with untreated periprosthetic infection (type I–III complications) was formed, where the incidence of early postoperative endoprosthetic infection (type IVA) was tracked according to the timing of antibacterial prescription.

The timing of antibacterial prescriptions was categorized according to their statistical informativeness. The frequency of early infectious complications (type IVA) in different terms of drug administration in primary endoprosthetics was as follows:

- <4 days, 8.8% (3/34)
- 4–5 days, 4.0% (11/276)
- 6–9 days, 6.0% (9/150)
- >9 days, 6.7% (2/30)

The incidence of early infectious complications (type IVA) at different drug administration times in the re-endoprosthetic group was as follows:

- <4 days, 5.1% (4/78)
- 5–6 days, 2.6% (4/154)
- 6–9 days, 3.9% (2/51)
- >9 days, 4.3% (1/23)

The results indicate that in primary and repeated oncologic endoprosthetics of various joints, prophylactic antibiotic therapy within 5 days after surgery allows us to ensure the minimum frequency of early infectious complications (type IVA), which is associated with the achievement of a uniform drug concentration in the period most associated with an increased risk of periprosthetic infections. Prophylactic antibiotic therapy initiated <4 days after surgery significantly increases the risk of early infectious complications in patients with oncologic endoprosthetics (type IVA). Moreover, prophylactic antibiotic therapy initiated >5 days after surgery in the absence of the risk of contamination does not offer any advantages.

In this study, we analyzed segment-specific type IV complications according to ISOLS 2013 in statistically significant primary and repeat arthroplasty groups. The endoprosthetic segments with the most frequent complications were identified.

- Early endoprosthesis bed infection (type IVA): primary endoprosthesis, knee joint at proximal tibial resection, 23.2% of cases; repeat endoprosthesis, knee joint at the distal femoral resection, 17.6% of cases.

The high incidence of early periprosthetic infections during the replacement of the upper third of the tibial defect with knee joint endoprosthesis is associated with the development of soft tissue complications, anatomical peculiarity of this area, endoprosthesis of which requires skin flaps, muscle grafting (calf muscle) to cover the implant, and, in most cases, ligation of the anterior tibial artery and vein. The transposition of the calf muscle in the case of insufficiency of the arteries feeding it, including atherosclerosis, leads in some cases to ischemia and less often to necrosis. A similar problem can cause marginal necrosis of isolated skin or

skin-fascial flaps. These complications increase the risk of early periprosthetic infection (type IVA).

- Late endoprosthesis bed infection (type IVB): primary endoprosthesis, hip joint at proximal femur resection, 8.1% of cases; repeat endoprosthesis, hip joint at proximal femur resection, 14.3% of cases.

In this study, the use of polymer mesh of the Trevira or LARS type in primary and re-endoprosthetics significantly reduced the risk of dislocation and the dislocation of spherical joint types of endoprostheses (type IA). The reconstruction of the endoprosthesis bed with polymer mesh reduced the incidence of this complication by 83.3% (10.8%–1.8%) in the primary endoprosthesis group and 100% in the repeat endoprosthesis group (from 27.3%–0%). In addition, the incidence of infectious complications following primary endoprosthetic replacement of various bone segments decreased when soft tissue defects were reconstructed with a polymer mesh. The regression of the incidence of type IVA endoprosthesis bed infection using polymer mesh amounted to 38.6%, and the incidence of type IVB late endoprosthesis bed infection by 34.2%. The decrease in the incidence of early endoprosthesis bed infection when using polymer mesh is achieved due to the tight fixation of soft tissues to the endoprosthesis, significant reduction of the cavity around it, which reduces the volume of accumulation of postoperative exudate represented by hemorrhagic content, which is a breeding ground for bacterial colonization.

In this study, after primary and repeat oncologic endoprosthesis, the prevalence of early (type IVA) infectious complications, which amounted to 15% and 11.9%, respectively, over late (type IVB) complications, which amounted to 5% and 4.4%, respectively, in the total structure of complications, was revealed. The obtained difference in the results of early and late infections of the endoprosthesis bed is associated with a higher risk of infectious and inflammatory pathogens entering the postoperative wound before its epithelialization.

The higher incidence of early infectious complications (type IVA) following primary endoprosthesis is associated with significant traumatization of soft tissues during primary endoprosthesis and the absence of a formed endoprosthesis bed compared with repeat endoprosthesis, which increases the risk of infectious and inflammatory process development. In this study, *Staphylococcus aureus* was most frequently verified in the total structure of the reported cases of infectious inflammatory process after primary arthroplasty (38.1%) and *Staphylococcus epidermidis* was verified after repeat arthroplasty (50%). In the primary endoprosthetic replacement cohort, the proportion of infections without an identified pathogen was high at 22.6%, whereas in re-endoprosthetics, it was 7.7%. According to the literature, this figure varies from 7% to 22% [5–7]. In 85.7% of cases, identifying the causative agent of periprosthetic infection was not possible because of the start of antibacterial therapy at the place of residence before arthrocentesis. In the remaining

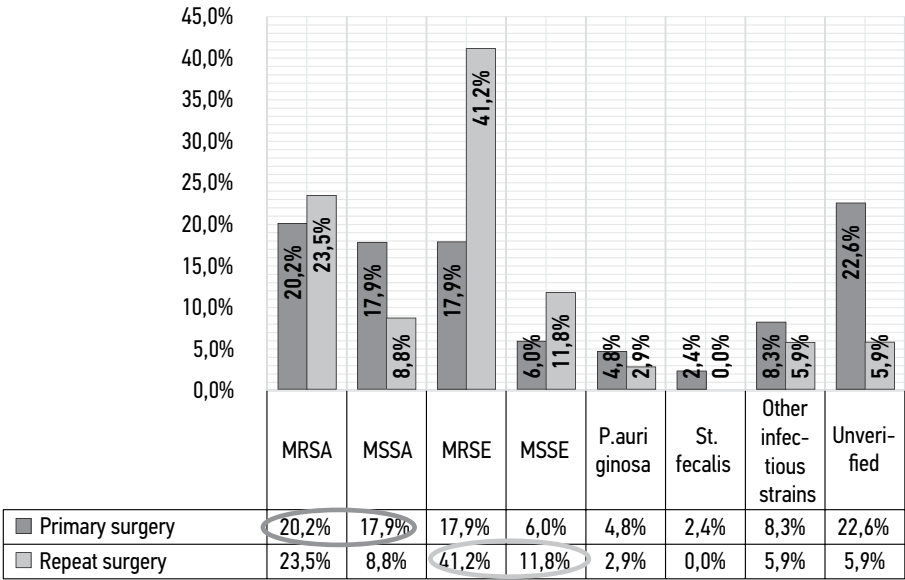


Fig. 1. The structure of bacterial microorganisms isolated during primary and repeated arthroplasty.
Note. MRSA — methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MSSA — methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus*, MRSE — methicillin-resistant *Staphylococcus epidermidis*, MSSE — methicillin-susceptible *Staphylococcus epidermidis*.

cases, pathogen diagnosis was unsuccessful, probably due to the presence of a microorganism that is difficult to culture. The frequency of detection of various bacterial microorganisms after primary and re-endoprosthetics is shown in Fig. 1.

In this study, the best treatment results of endoprosthesis bed infection following primary and repeat endoprostheses were achieved using a combined strategy, where the surgical stage was combined with preoperative and long-term etiotropic postoperative antibiotic therapy. A two-stage re-endoprosthesis strategy was most often chosen for the treatment of periprosthetic infections, i.e., 58.3% and 61.8% after primary and repeat endoprosthesis, respectively. In one-stage re-endoprosthesis, 100% of both the primary and repeat endoprosthesis groups had negative clinical experiences such as the recurrence of the infectious and inflammatory process.

The recurrence frequency of the infection and inflammatory process after a two-stage re-endoprosthesis, compared with the one-stage procedure, was 11.9% in the primary endoprosthesis group in the presence of a verified infectious agent and 15.9% in the repeat endoprosthesis group.

Conservative treatment of periprosthetic infection was given in 11.9% of cases in the primary endoprosthesis group and 15.4% in the repeat endoprosthesis group. Complete cessation of the infectious and inflammatory process was achieved in 3 of 10 patients in the primary endoprosthesis group and 3 of 4 patients in the repeat endoprosthesis group. The need for mutilation–amputations/exarticulations–in endoprosthesis bed infection was higher in the repeat endoprosthesis group.

At the first stage of periprosthetic infection treatment at the estimated infection period of not more than 5–6 days, a conservative method of treatment may be used, which is associated with glycocalyx biofilm formation on the implant surface. The possible success of the antibacterial treatment of periprosthetic infections in the above-mentioned terms following the supposed infection excludes the surgical stage in the treatment of this complication, as shown below:

- Avoid the disability period in two-stage re-endoprosthesis, which is approximately 2–3 months (when using a static spacer)
- Reduce surgical risks associated with two-stage re-endoprosthetics
- Maintain a satisfactory functional outcome
- Preserve muscle potential and reduce the risk of osteopenia/osteoporosis

Nevertheless, two-stage re-endoprosthetic replacement remains the main treatment method for endoprosthesis bed infection and inflammation. The usage frequency of different treatment methods for periprosthetic infection is presented in Fig. 2.

The following changes in primary and repeat arthroplasty strategies in 27 years have reduced the incidence of periprosthetic infections:

- Covering the skin of the surgical access area with antimicrobial, disinfectant cut film with iodoform
- Permanent sanitation of the endoprosthesis bed with antiseptic solutions during surgery
- Use of Trevira or LARS polymer mesh for the reconstruction of the endoprosthesis bed if a significant amount of soft tissues was removed and bone resection was prolonged

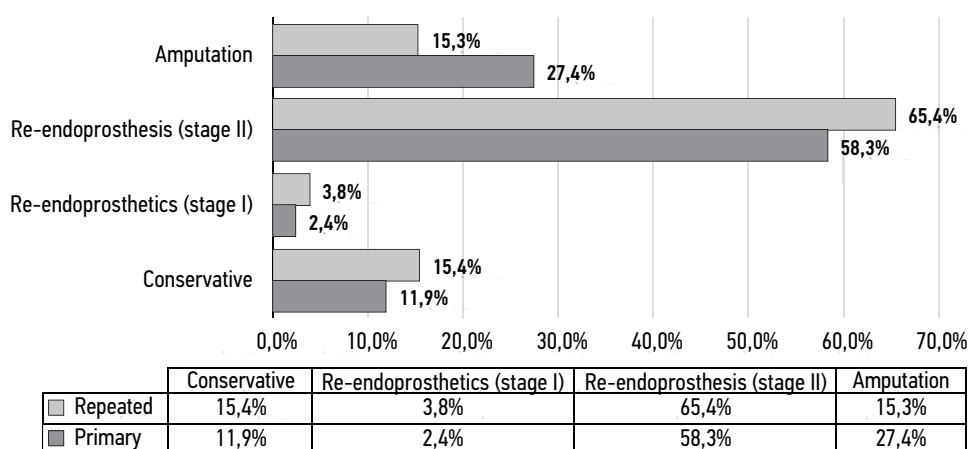


Fig. 2. Use of various treatment methods of periprosthetic infection.

- Removal of drains no later than 3–5 days after surgery
- In any endoprosthetics, mandatory use of perioperative antibiotic administration (on the day of surgery, 30–60 min before skin incision, except for vancomycin and fluoroquinolones) and compliance with the interval of repeated antibiotic administration according to its half-life
- In primary and re-endoprosthetics, with the absence of foci of infection, use perioperative antibiotic prophylaxis with first- or second-generation cephalosporins (cefazolin and cefuroxime) as the drugs of choice and fluoroquinolones as their alternative in the presence of allergy to cephalosporins. If the expected surgical duration is >6 h, administration of ceftriaxone (third-generation cephalosporin with a long half-life) is recommended 30 min before the intervention, and if there is a high risk of wound contamination with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, antibiotic prophylaxis with vancomycin is initiated
- The duration of antibacterial prophylaxis can be extended up to 5 days to reach a sufficient and uniform pharmacological concentration of the drug in the early postoperative period, which is associated with the highest risk of early endoprosthesis bed infection
- In the case of re-endoprosthesis associated with periprosthetic infections, drugs are selected based on the isolated pathogen and antibioticogram, whereas in its absence, drugs are selected empirically, taking into account the most frequently isolated pathogens. Drug administration can be started according to the therapeutic scheme several days before the operation, and on the day of surgery, the next drug dose should be administered 30–60 min before the skin incision (except for drugs administered 60–120 min, such as vancomycin, daptomycin, etc.).
- The duration of antibiotic therapy in the treatment of periprosthetic infections depends on the isolated pathogen and surgical techniques and is at least

4 weeks, including at least 2 weeks of parenteral antibiotic therapy with subsequent transition to oral treatment regimens

The preventive complex of measures developed in the study, namely, strict adherence to standardized prophylactic regimens of antibacterial drugs during and after surgery, changes in surgical technique, perioperative management of patients, and informing them about the risks of infectious complications during adjuvant conservative therapy and after treatment completion, allowed reducing the incidence of early endoprosthesis bed infection by 15.3% in the primary endoprosthetics group and 7.1% in the re-endoprosthetic group for 27 years. In the last 7 years, this rate was similar in the primary and repeat arthroplasty groups at 2.8% and 2.7%, respectively. Data are presented in Fig. 3.

The incidence of late infectious complications for 27 years was reduced by 3.2% for primary endoprosthetics and 8.3% for re-endoprosthetics. For the last 5-year follow-up period, the incidence was 1% after primary endoprosthesis and 0.8% after repeat endoprosthesis. The results showed no significant difference in the average incidence of infectious complications between primary and repeat arthroplasties. Data are presented in Fig. 4.

A clinical case study of a patient with a periprosthetic infection treated with the innovative developments from the study is presented.

Clinical example

The 32-year-old patient Z had the main diagnosis of “osteosarcoma of the distal part of the left femur (T2G3N0M0, stage IIB).” The patient had received combined treatment in 2014–2015 and a two-stage endoprosthetic replacement on September 26, 2017. The patient also had endoprosthesis bed infection. The endoprosthesis with the replacement of the defect was conducted with an articulating spacer in 2019.

Concomitant diagnosis: Psoriasis.

According to the patient, disease symptoms first appeared in August 2014 following sports activities, when he noticed pain in the left knee joint. In November 2014, he

Frequency of early (up to 2 years) endoprosthesis site infection after primary and repeat endoprosthetic replacement over a 27-year period (type IVA)

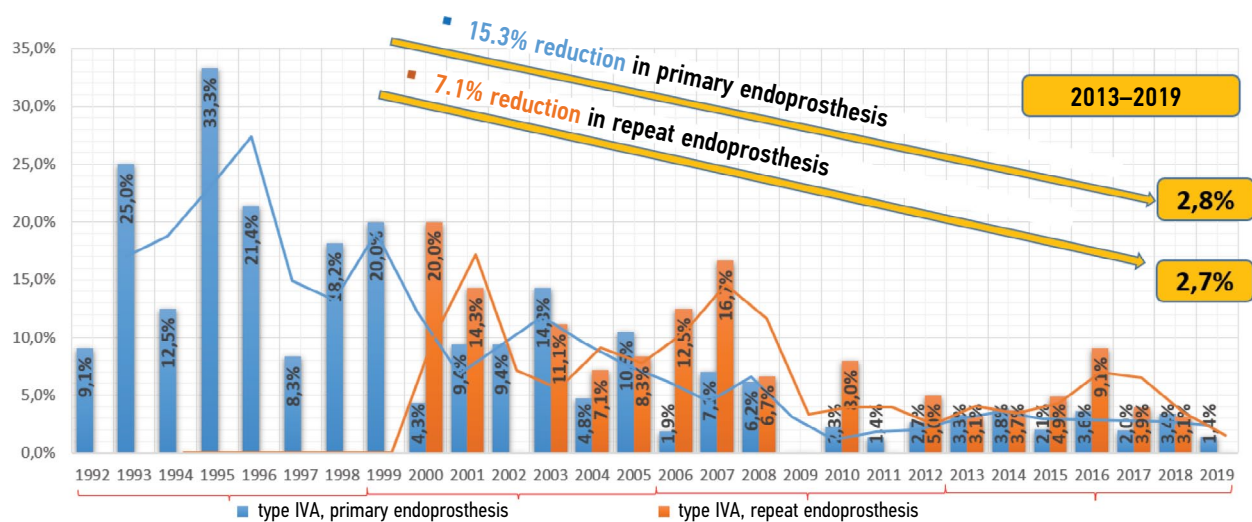


Fig. 3. The frequency of early periprosthetic infection (IVA type) after primary and repeat endoprosthesis replacement.

noted restrictions in left knee joint movements and increased volume of the left thigh. According to radiography, a bone tumor was suspected.

On November 19, 2014, a trepanobiopsy of the tumor was performed. According to the histological study, the diagnosis was osteosarcoma G3. From December 08, 2014, to February 17, 2015, 4 courses of neoadjuvant polychemotherapy (PCT) according to the AR regimen were performed.

On March 12, 2015, the distal part of the left femur with endoprosthesis was resected (Fig. 5). A modular hybrid endoprosthesis by Stryker (MI, USA) was placed, which included the cementless femoral stem of the endoprosthesis and the cemented tibial stem.

The postoperative histological study revealed osteosarcoma of the femur, osteoblastic variant, with signs

of therapeutic pathomorphosis of grade IIB (80% of tumor regression according to Huvos).

From April 6, 2015, to June 20, 2015, six courses of adjuvant PCT were performed. The drugs were administered through an intravenous infusion port.

In May 2015, after the second adjuvant course of PCT, skin hyperemia and swelling were noted in the area of the intravenous infusion port. Antibacterial therapy was performed at the patient's home, with a positive effect as complete relief of symptoms.

In September 2015, the patient noted pain in the left thigh area, periodic fever up to 38°C, and knee joint stiffness. Laboratory tests revealed an increase in CRP up to 150 mg/L.

A double microbiologic examination performed at the patient's home revealed methicillin-resistant *Staphylococcus*

Frequency of late (more than 2 years) endoprosthesis site infection after primary and repeat endoprosthetic replacement over a 27-year period (type IVB)

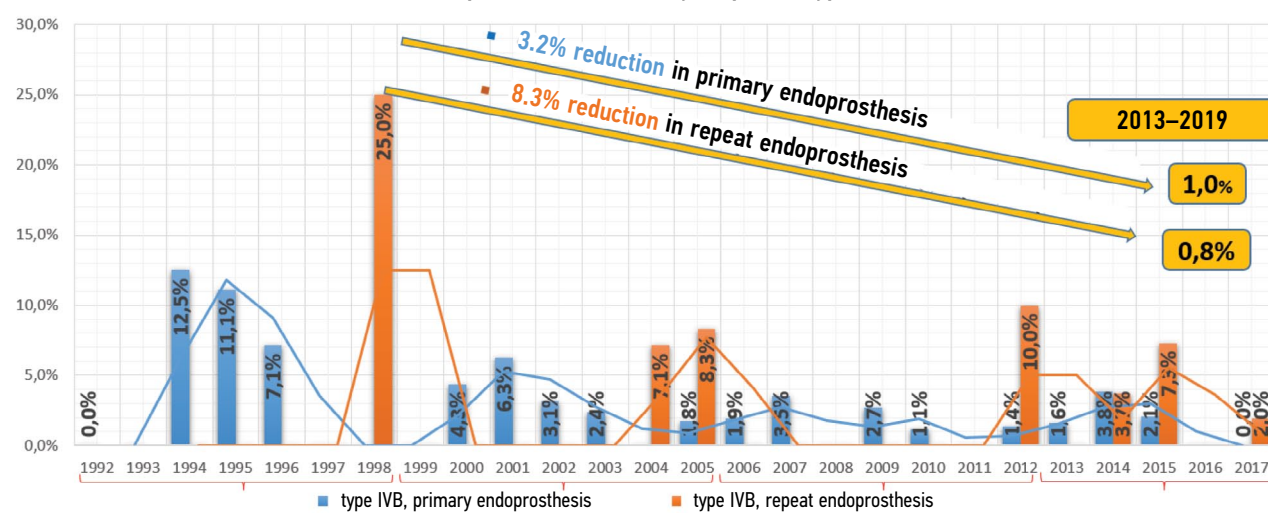


Fig. 4. The frequency of late periprosthetic infection (IVB type) after primary and revision endoprosthesis replacement.



Fig. 5. Radiography after primary endoprosthetics in 2015: *a* — femoral stem of the endoprosthesis, frontal projection; *b* — femoral stem of the endoprosthesis, lateral projection; *c* — tibial pedicle of the endoprosthesis, frontal projection; *d* — tibial pedicle of the endoprosthesis, lateral projection.

epidermidis (MRSE) (Fig. 6). Etiotropic antibacterial therapy with vancomycin was performed, showing positive effects such as fever control, reduction of the CRP to normal levels, and negative culture.

On January 17, 2017, the patient returned with symptoms of endoprosthesis bed infection. The double microbiological examination revealed MRSE. On April 21, 2017, the left knee joint endoprosthesis was removed, with replacement of the defect with a spacer (stage 1 of two-stage re-endoprosthesis). The microbiological examination of the intraoperative samples (paraprosthesis fluid, soft tissues of the endoprosthesis bed, and endoprosthesis sleeve) revealed MRSE, corresponding to a previous episode of an infectious and inflammatory process.

In the postoperative period, constant inflow and outflow lavage of the spacer bed with antiseptic "Prontosan" was performed for 5 days. Etiotropic antibacterial therapy was

carried out: 2 weeks of parenteral administration of drugs at the inpatient stage (vancomycin at a dose of 2 g/day) and 4 weeks of tablet preparations (fusidic acid 1.0 g #3 orally, clindamycin 450 mg #4 orally) at the outpatient stage.

In 2 weeks following antibiotic withdrawal, three aspirates of the spacer bed were taken at an interval of about a week. No microflora growth was detected in the microbiological examination of the obtained samples.

On September 26, 2017, re-endoprosthesis of the left knee joint (stage II) was performed. A modular endoprosthesis made by Stryker was installed.

Antibacterial therapy was carried out according to the last positive microbiological study: 2 weeks of parenteral administration of vancomycin (1 g two times a day by IV drip) at the inpatient stage and 2 weeks of tablet preparations (linezolid 600 mg No. 2 orally, rifampicin 450 mg No. 2 orally) at the outpatient stage.

Indicator	Result
Microscopy	amorphous detritus

1. *Staphylococcus epidermidis* MRS $1 \cdot 10^4$ CFU/ml

No	Name	S	No	Name	S
1	Amox/K Clav	R	10	Levofloxacin	R
2	Amp/Sulbactam	R	11	Linezolid	S
3	Cefazolin	R	12	Moxifloxacin	S
4	Cefoxitin Screen	MRS	13	Oxacillin	R
5	Ciprofloxacin	R	14	Rifampin	S
6	Clindamycin	S	15	Synercid	S
7	Daptomycin	S	16	Tetracycline	R
8	Erythromycin	S	17	Trimeth/Sulfa	S
9	Gentamicin	S	18	Vancomycin	S

Microbiological test result - Growth is present Interpretation of the results

S = susceptible
I = intermediate
R = resistant
S* = predicted susceptibility
IB = Induces beta-lactamase. Appears under "Susceptible" in species producing beta-lactamase. It is possible that they may become resistant to all beta-lactam antibiotics. Follow-up of patients during/after treatment is recommended

N/R = not reported
— untested
TFG = thymidine-dependent strain
R* = predicted resistance

EBL? = suspicion of extended spectrum beta-lactamase; confirmatory tests are required
ESBL = extended spectrum beta-lactamase
Blac = beta-lactamase positive
MRS = mecillin-resistant *Staphylococcus aureus*

Fig. 6. Microbiological examination of the endoprosthesis bed aspirate.

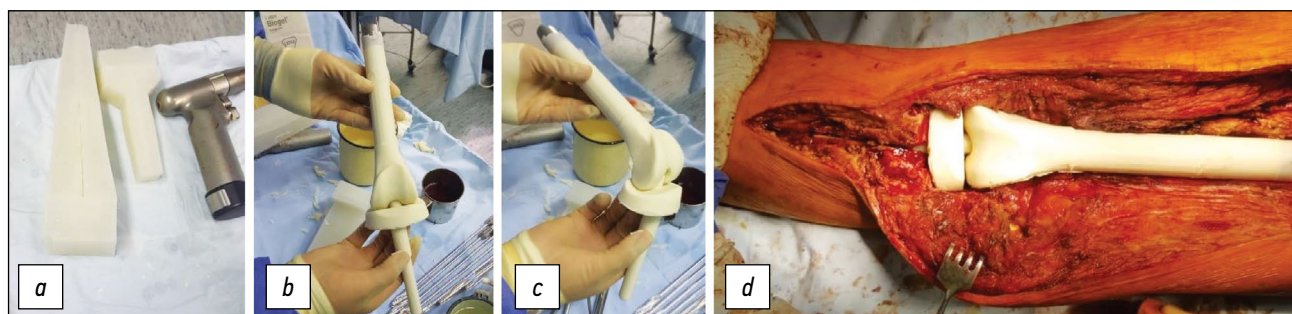


Fig. 7. Manufacturing stages of articulating 3D spacer: *a* — creating a mold for manufacturing a 3D spacer; *b, c* — fabricated articulatory 3D spacer of the knee joint; *d* — defect replacement after removal of the knee endoprosthesis with an articulatory 3D spacer.

Treatment efficacy was assessed based on the microbiological examination of the endoprosthesis bed aspirate at the hospital stage and CRP changes at the outpatient stage.

In January 2019, the patient experienced pain and swelling in the projection of the endoprosthesis, CRP levels increased to 134 mg/L. MRSE was detected in the double microbiologic examination.

Based on the previous positive effect on the background of vancomycin therapy, the patient empirically received vancomycin 1 g No. 2 v/v and cefoperazone/sulbactam 2 g No. 2 v/v (to expand the spectrum of antimicrobial therapy) as part of the attempted conservative treatment of periprosthetic infections. The treatment demonstrated a positive effect, i.e., CRP reduction to 30 mg/L; however, the full clinical effect of drug treatment could not be achieved (leukocytes in aspirate, 2.9×10^9 /L).

On February 14, 2019, the left knee joint endoprosthesis was removed, with replacement of the defect with an articulating spacer (Fig. 7).

In the postoperative period, constant inflow and outflow lavage of the spacer bed was performed with "Prontosan" for 5 days, etiotropic antibacterial therapy for 6 weeks (2 weeks of parenteral administration of the same drugs at

the inpatient stage and 4 weeks of taking tablets of linezolid and rifampicin in the same doses at the outpatient stage).

Considering the presence of concomitant chronic disease with skin lesions (psoriasis), recurrent episodes of implant infection with an identical bacterial pathogen, and similar bacteriogram, the interval between the stages of two-stage re-endoprosthesis was increased to 1 year. To preserve the functional potential and restore quality of life, a customized articulating spacer was used to replace the defect after the removal of the left knee joint endoprosthesis. This design made it possible to maintain the flexion angle of the knee joint up to 80° and provide full load on the left lower extremity 3 months after surgery, which made it possible to abandon crutches and switch to using a cane (Fig. 8).

Considering the acceptable functional result, which ensures quality of life similar to that of a permanent endoprosthesis, the patient applied for stage II re-endoprosthesis 3 years and 4 months later.

In June 2022, two aspirates were taken for microbiological examination. No signs of microflora growth were detected in the obtained samples.

On June 15, 2022, left knee joint re-endoprosthesis (stage II) was performed. A modular cemented endoprosthesis by Stryker was installed (Fig. 9).



Fig. 8. Functional result 6 months after the defect was replaced with an articulatory 3D spacer of the knee joint.

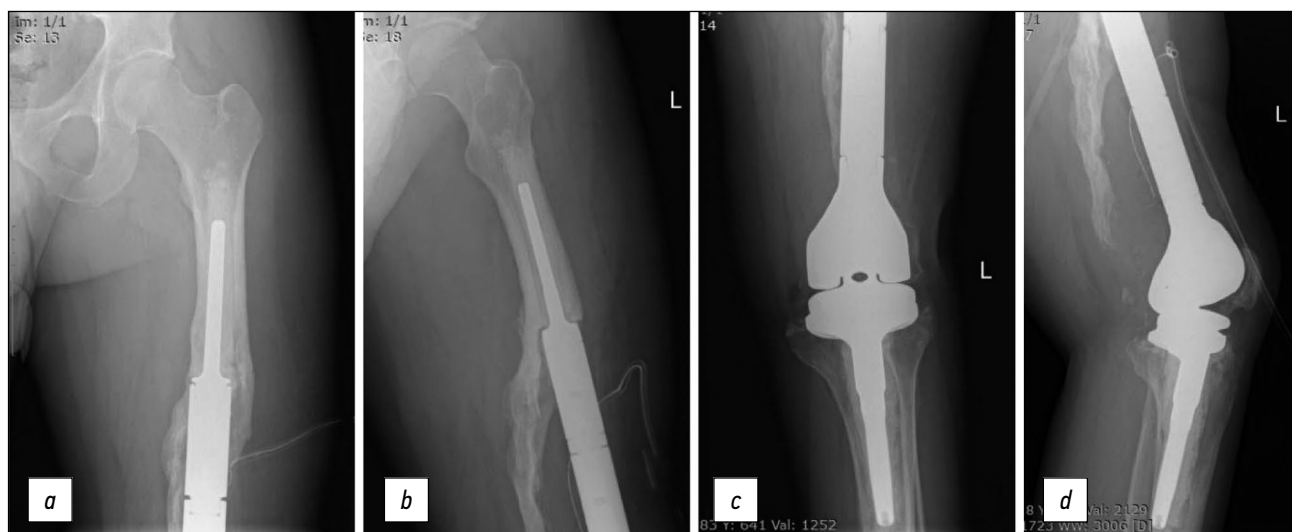


Fig. 9. X-ray after stage II knee revision endoprosthesis (2022): *a* — femoral stem of the endoprosthesis, frontal projection; *b* — femoral stem of the endoprosthesis, lateral projection; *c* — tibial pedicle of the endoprosthesis, frontal projection; *d* — tibial pedicle of the endoprosthesis, lateral projection.

Taking into account the extended period between the stages of re-endoprosthesis and the previously obtained effect of antibacterial therapy, the patient was again treated with vancomycin 1 g No. 2 intravenously and cefoperazone/sulbactam 2 g No. 2 intravenously for 2 weeks. Microbiological examination of intraoperative samples (soft tissues of the spacer bed and spacer fragment) revealed no growth.

Treatment effectiveness was evaluated based on the cytosis of the endoprosthesis bed aspirate during hospitalization ($0.2 \times 10^9/L$) and CRP (20 mg/L) upon discharge. The control of treatment efficacy at the outpatient stage included the assessment of CRP, which was 3.1 mg/L in the last control, 3 months after surgery.

At the time of writing (April 2023), no signs of disease progression and recurrence of the infectious and inflammatory process were observed.

DISCUSSION

The analysis of 40 studies covering different segments of endoprosthesis over 49 years (1969–2018) showed mean ISOLS 2013 type IV complication rate of 10.4%, which ranged from 0% [4, 8] for endoprosthesis of the diaphysis of the femur, humerus, and upper third of the humerus to 28.6% ($n=21$) [9] for the resection of the lower third of the femur and upper third of the tibia.

In the 1990s–2000s, significant progress was made in the surgical technique, perioperative strategy to reduce infectious complications was developed, and new drug groups that can correct the depth of chemotherapy-induced immunosuppression were introduced.

In the analysis of literature data, the dynamics of the average rates of endoprosthesis bed infection in different time intervals was monitored.

Between 1972 and 2003, the mean incidence of periprosthetic infections for all localizations was 16% and ranged from 1.6% ($n=67$) [10] for the upper third femoral endoprosthesis to 19.5% ($n=194$) [11] for the upper third tibial endoprosthesis.

When comparing the results obtained with the results of later observation periods (2000–2014 and 2005–2014), a more than twofold decrease in the average incidence of type IV complications was found. Thus, during the follow-up period from 2000 to 2014, the average complication rate was 8.7% and varied from 2% in the study of Benevenia et al. ($n=41$) [6] for different localizations of endoprosthesis to 28.6% in the study of Holl et al. ($n=21$) [9] for endoprosthesis of different segments of the knee joint region. During the follow-up period from 2005 to 2014, the mean type IV complication rate was 6.3%, which ranged from 0% in the study by Wang et al. ($n=16$) [12] for the upper third humerus endoprosthesis to 22.1% ($n=69$) in the study by Kostuj et al. [15] in the endoprosthesis of various segments of the upper and lower extremities.

In the study by Pala et al. ($n=247$) [13], which covered endoprosthetic surgeries of different segments of the knee joint region performed during 7 years (2003–2010), the average rates of type II complications were 11.4% and 4.1% after primary endoprosthesis and after revision endoprosthesis, respectively. The mean time to endoprosthesis bed infection after revision arthroplasty was longer than that after primary arthroplasty ($p=0.0475$). According to the literature, the incidence of periprosthetic infection varied from 2% to 20% after primary oncologic endoprosthesis and from 2% to 43% after repeated operations for various types of complications [13–16].

Given the significant variations in the average incidence of periprosthetic infections in oncoorthopedics in different studies over similar time intervals of observation, the data

obtained were also compared with the results reflecting the incidence of infectious complications in orthopedics, and the specificity of the complication rate depending on the endoprosthetic segment was assessed. The average frequency of periprosthetic infections in orthopedic endoprosthetics of various joints ranged from 1% to 7% [17, 18]. This complication occupies the first place in orthopedic endoprosthetics. According to various studies, the incidence of infectious complications in orthopedic knee arthroplasty ranged from 0.9% to 4.0% [18–20], whereas hip arthroplasty was associated with infectious complications in 1.1%–2.2% of cases [21, 22]. Matar et al. reported that 2.7%–18% of orthopedic endoprostheses are removed because of periprosthetic infections [23].

A comparative analysis of the incidence of periprosthetic infection in orthopedics and oncology depending on the endoprosthetic segment allowed us to reveal their direct correlation. Thus, in the studied literature sources, the average rates of periprosthetic infection were 7% in femoral resection with knee joint endoprosthesis, 5.2% in femoral resection with hip joint endoprosthesis, and 15.7% in knee joint endoprosthesis after tibia bone resection. The high incidence rates of infection in the 1980s and 1990s were associated with the absence and nonproliferation of endoprosthesis concealment using the medial leg of the calf muscle and insufficient fixation of the extensor apparatus of the knee joint [13]. Myers et al. analyzed 194 patients and revealed a trend toward a twofold decrease in the incidence of periprosthetic infection, i.e., from 31% to 14%, when using a calf flap [11]. In the study by Grimer et al., this rate decreased from 36% to 12% [24]. In the study by Jeys et al., which recruited 1,240 patients, a structural analysis of the incidence of periprosthetic infection depending on the segment of endoprosthesis over a long period (2 months to 33 years) was performed. The overall incidence of type IV complications according to ISOLS 2013 was 11%, with a mean follow-up period of 5.8 years. In this study, a proportional distribution of infection depending on the endoprosthetic segment was found, which is in line with the general trend in onco-orthopedics. The rates of periprosthetic infections after tibial and femoral resections with knee endoprosthesis were 23.1% and 10.3%, respectively; shoulder endoprosthesis after humerus resection, 1.1%; femoral resection with hip endoprosthesis, 6.7%; and femoral diaphysis, 0% [4].

A significant quantitative difference was found between oncologic and orthopedic endoprosthetics. The following factors are associated with a higher risk of periprosthetic infection in patients who underwent oncologic arthroplasty:

- Long operating times
- Size of the metal implant
- Volume of soft tissues removed (degree of tissue traumatization during surgery)
- Immunosuppression with intermittent adjuvant conservative treatment [18, 25]

Currently, the most common pathogens of periprosthetic infections are coagulase-negative and coagulase-positive staphylococci, occurring mainly in monoculture or in combination with Enterobacteriaceae, nonspore-forming anaerobes, and streptococci, which are isolated much less frequently. According to polymerase chain reaction studies, nearly all aerobes, anaerobes, fungi, mycobacteria, and brucellae are found among the registered pathogens [26, 27].

The clinical treatment outcome depends on the causative agent of periprosthetic infections. The choice of antibiotic therapy regimen and the use of drugs with a proven high effect are limited by the sensitivity data of the pathogen to antibacterial agents. The availability of these parameters can greatly facilitate the choice of treatment strategy for periprosthetic infections. Thus, in a retrospective analysis of the results of 3,051 cases of orthopedic hip arthroplasty, Schmalzried et al. revealed that 38% of cases of periprosthetic infection were caused by gram-negative bacteria (*E. coli* and *Pseudomonas* spp.), 33% by *S. aureus*, 12% by *S. epidermidis*, and 10% by *Enterococcus* spp. [28]. In a study by Zajonz et al., which included 114 cases of oncologic endoprosthesis placement, the spectrum of infectious agents was dominated by coagulase-negative staphylococci (CNS) (73.5%), including *S. epidermidis* (26.3%), *S. capitis* (5.3%), *S. warneri* (5.3%), and CNS species not identified (36.6%). *S. aureus* (15.8%) and *P. aeruginosa* (5.3%) were significantly less frequent [29].

The frequency and risk of reinfection also determine the chosen strategy for re-endoprosthesis, which can be a one- or two-staged strategy. Based on the results of a statistical literature review, the reinfection rate after oncologic one-stage re-endoprosthesis was 47% over an average follow-up of 54 months, whereas after two-stage re-endoprosthesis, this rate was much lower at 28% over an average follow-up of 28 months.

In the study by Sigmund et al. ($n=81$), the analysis of the cumulative incidence showed that the recurrent infection rates in one-stage re-endoprosthesis after 2 and 5 years were 30% and 39%, respectively; in the two-stage re-endoprosthesis, periprosthetic infections occurred in 28% of cases 2 years after surgery and in 48% of cases after 5 years [25].

CONCLUSION

The preventive complex of measures developed in the study, which included strict adherence to standardized prophylactic schemes of antibacterial drugs during and after surgery, changes in the surgical technique, perioperative management of patients, informing them about the risks of infectious complications during adjuvant conservative therapy and after treatment completion for 27 years, allowed the reduction of the incidence of early endoprosthesis bed infection by 15.3% with primary endoprosthetics and 7.1% with re-endoprosthetics.

Moreover, an important point was the use of extended antibiotic prophylaxis for up to 5 days, which reduces the risk of microbial wound contamination to a safe level and provides a uniform pharmacological concentration of antibacterial drugs during the period associated with the highest risk of early endoprosthesis bed infection.

The results of the conservative treatment of periprosthetic infection allow using it as the first stage of therapy when the expected infection period is not more than 5–6 days. Nevertheless, two-stage re-endoprosthetic replacement remains the main treatment method for the infectious and inflammatory process.

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. Соколовский — разработка идеи, концепции, дизайна исследования, обзор материала по теме статьи, сбор и обработка материала, написание текста рукописи; В.А. Соколовский — разработка концепции, дизайна исследования, написание текста рукописи, научное редактирование текста рукописи; Г.Н. Мачак — написание текста рукописи, научное редактирование текста рукописи; И.Н. Петухова, А.А. Курильчик — обзор материала по теме статьи, научное редактирование; А.А. Жеравин — научное редактирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pala E., Trovarelli G., Calabro T., Angelini A., Abati C.N., Ruggieri P. Survival of Modern Knee Tumor Megaprotheses: Failures, Functional Results, and a Comparative Statistical Analysis // *Clin Orthop Relat Res*. 2015. Vol. 473, № 3. P. 891–899. doi: 10.1007/s11999-014-3699-2
2. Benevenia J., Kirchner R., Patterson F., et al. Outcomes of a modular intercalary endoprosthesis as treatment for segmental defects of the femur, tibia, and humerus // *Clin Orthop Relat Res*. 2016. Vol. 474, № 2. P. 539–548. doi: 10.1007/s11999-015-4588-z
3. Henderson E.R., O'Connor M.I., Ruggieri P., Windhager R., Funovics P.T., Gibbons C.L., Guo W., Hornicek F.J., Temple H.T., Letson G.D. Classification of failure of limb salvage after reconstructive surgery for bone tumours // *Bone Joint J*. 2014. Vol. 96-B, № 11. P. 1436–1440. doi: 10.1302/0301-620X.96B11.34747
4. Jeys L., Grimer R. The long-term risks of infection and amputation with limb salvage surgery using endoprostheses // *Recent Results Cancer Res*. 2009. № 179. P. 75–84. doi: 10.1007/978-3-540-77960-5_7
5. Berbari E.F., Marculescu C., Sia I., Lahr B.D., Hanssen A.D., Steckelberg J.M., Gullerud R., Osmon D.R. Culture-negative prosthetic joint infection // *Clin Infect Dis*. 2007. Vol. 45, № 9. P. 1113–1119. doi: 10.1086/522184
6. Tan T.L., Kheir M.M., Shohat N., Tan D.D., Kheir M., Chen C., Parvizi J. Culture-Negative Periprosthetic Joint Infection // *JBJS Open Access*. 2018. Vol. 3, № 3. P. e0060. doi: 10.2106/JBJS.OA.17.00060

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

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

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

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. Sokolovsky — idea and concept development, study design, review of material on the topic of the article, collection and processing of material, writing the text of the manuscript; V.A. Sokolovsky — concept development, research design, writing the text of the manuscript, scientific editing of the text of the manuscript; G.N. Machak — writing the manuscript text, scientific editing the manuscript; I.N. Petukhova, A.A. Kurilchik — material review on the topic of the article, scientific editing; A.A. Geravin — scientific 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. The patients gave their written consent for publication of their medical data and images.

7. Huang R., Hu C.C., Adeli B., Mortazavi J., Parvizi J. Culture-negative periprosthetic joint infection does not preclude infection control // *Clin Orthop Relat Res*. 2012. Vol. 470, № 10. P. 2717–2723. doi: 10.1007/s11999-012-2434-0
8. Pala E., Henderson E.R., Calabro T., Angelini A., Abati C.N., Trovarelli G., et al. Survival of current production tumor endoprostheses: Complications, functional results, and a comparative statistical analysis // *J Surg Oncol*. 2013. Vol. 108, № 6. P. 403–408. doi: 10.1002/jso.23414
9. Holl S., Schlomberg A., Gosheger G., Dieckmann R., Streitbuerger A., Schulz D., Harges J. Distal femur and proximal tibia replacement with megaprosthesis in revision knee arthroplasty: a limb-saving procedure // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012. Vol. 20, № 12. P. 2513–2518. doi: 10.1007/s00167-012-1945-2
10. Finstein J.L., King J.J., Fox E.J., Ogilvie C.M., Lackman R.D. Bipolar Proximal Femoral Replacement Prostheses for Musculoskeletal Neoplasms // *Clinical orthopaedics and related research*. 2007. № 459. P. 66–75. doi: 10.1097/BLO.0b013e31804f5474
11. Myers G.J.C., Abudu A.T., Carter S.R., Tillman R.M., Grimer R.J. The long-term results of endoprosthetic replacement of the proximal tibia for bone tumours // *J Bone Joint Surg [Br]*. 2007. Vol. 89-B, № 12. P. 1632–1637. doi: 10.1302/0301-620X.89B12.19481
12. Wang B., Wu Q., Liu J., Yang S., Shao Z. Endoprosthetic reconstruction of the proximal humerus after tumour resection with

polypropylene mesh // International Orthopaedics (SICOT). 2015. Vol. 39, № 3. P. 501–506. doi: 10.1007/s00264-014-2597-2

13. Pala E., Trovarelli G., Calabro T., Angelini A., Abati C.N., Ruggieri P. High Infection Rate Outcomes in Long-bone Tumor Surgery with Endoprosthetic Reconstruction in Adults: A Systematic Review // *Clin Orthop Relat Res*. 2013. Vol. 471, № 6. P. 2017–2027. doi: 10.1007/s11999-013-2842-9

14. Gosheger G., Carsten G., Ahrens H., Streithuenger A., Winkelmann W., Harges J. Endoprosthetic Reconstruction in 250 Patients with Sarcoma // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2006. № 450. P. 164–171. doi: 10.1097/01.blo.0000223978.36831.39

15. Kostuj T., Baums M.H., Schaper K., Meurer A. Midterm Outcome after Mega-Prosthesis Implanted in Patients with Bony Defects in Cases of Revision Compared to Patients with Malignant Tumors // *The Journal of Arthroplasty*. 2015. Vol. 30, Iss. 9. P. 1592–1596. doi: 10.1016/j.arth.2015.04.002

16. Ahlmann E.R., Menendez L.R., Kermani C., Gotha H. Survivorship and clinical outcome of modular endoprosthetic reconstruction for neoplastic disease of the lower limb // *J Bone Joint Surg Br*. 2006. Vol. 88, № 6. P. 790–795. doi: 10.1302/0301-620X.88B6.17519

17. Illingworth K.D., Mihalko W.M., Parvizi J., Sculco T., McArthur B., el Bitar Y., Saleh K.J. How to minimize infection and thereby maximize patient outcomes in total joint arthroplasty: a multicenter approach: AAOS exhibit selection // *J Bone Joint Surg Am*. 2013. Vol. 95, № 8. P. e50. doi: 10.2106/JBJS.L.00596

18. Allison D.C., Huang E., Ahlmann E.R., Carney S., Wang L., Menendez L.R. Peri-Prosthetic Infection in the Orthopedic Tumor Patient // *JISRF Reconstructive Review*. 2014. Vol. 4, № 3. P. 13–17. doi: 10.15438/rr.4.3.74

19. Adeli B., Parvizi J. Strategies for the prevention of periprosthetic joint infection // *J Bone Joint Surg Br*. 2012. Vol. 94, № 11, Suppl. A. P. 42–46. doi: 10.1302/0301-620X.94B11.30833

20. Jämsen E., Huhtala H., Puolakka T., Moilanen T. Risk factors for infection after knee arthroplasty. A register-based analysis of 43,149 cases // *J Bone Joint Surg Am*. 2009. Vol. 91, № 1. P. 38–47. doi: 10.2106/JBJS.G.01686

21. Ong K.L., Kurtz S.M., Lau E., Bozic K.J., Berry D.J., Parvizi J. Prosthetic joint infection risk after total hip arthroplasty in the Medicare population // *J Arthroplasty*. 2009. Vol. 24, № 6, Suppl. P. 105–109. doi: 10.1016/j.arth.2009.04.027

22. Urquhart D.M., Hanna F.S., Brennan S.L., Wluka A.E., Leder K., Cameron P.A., Graves S.E., Cicuttini F.M. Incidence and risk factors for deep surgical site infection after primary total hip arthroplasty: a systematic review // *J Arthroplasty*. 2010. Vol. 25, № 8. P. 1216–1222. doi: 10.1016/j.arth.2009.08.011

23. Matar W.Y., Jafari S.M., Restrepo C., Austin M., Purtill J.J., Parvizi J. Preventing infection in total joint arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am*. 2010. Vol. 92, Suppl. 2. P. 36–46. doi: 10.2106/JBJS.J.01046

24. Grimer R.J., Aydin B.K., Wafa H., Carter S.R., Jeys L., Abudu A., Parry M. Very long-term outcomes after endoprosthetic replacement for malignant tumours of bone // *Bone Joint J*. 2016. Vol. 98-B, № 6. P. 857–864. doi: 10.1302/0301-620X.98B6.37417

25. Sigmund I.K., Gamper J., Weber C., Holinka J., Panotopoulos J., Funovics P.T., Windhager R. Efficacy of different revision procedures for infected megaprotheses in musculoskeletal tumour surgery of the lower limb // *PLoS One*. 2018. Vol. 13, № 7. P. e0200304. doi: 10.1371/journal.pone.0200304

26. Дмитриева Н.В., Петухова И.Н. Послеоперационные инфекционные осложнения. Москва: Практическая медицина, 2013. С. 113–135.

27. Алиев М.Д., Соколовский В.А., Дмитриева Н.В. Осложнения при эндопротезировании больных с опухолями костей // *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН*. 2003. Т. 14, № 2–1. С. 35–39.

28. Schmalzried T.P., Amstutz H.C., Au M.K., Dorey F.J. Etiology of deep sepsis in total hip arthroplasty: the significance of hematogenous and recurrent infections // *Clin. Orthop*. 1992. № 280. P. 200–207.

29. Zajonc D., Prietzel T., Moche M. Periprosthetic joint infections in modular endoprostheses of the lower extremities: a retrospective observational study in 101 patients // *Patient safety in surgery*. 2016. № 10. P. 6. doi: 10.1186/s13037-016-0095-8

REFERENCES

- Pala E, Trovarelli G, Calabro T, Angelini A, Abati CN, Ruggieri P. Survival of Modern Knee Tumor Megaprotheses: Failures, Functional Results, and a Comparative Statistical Analysis. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(3):891–899. doi: 10.1007/s11999-014-3699-2
- Benevenia J, Kirchner R, Patterson F, et al. Outcomes of a modular intercalary endoprosthesis as treatment for segmental defects of the femur, tibia, and humerus. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(2):539–548. doi: 10.1007/s11999-015-4588-z
- Henderson ER, O'Connor MI, Ruggieri P, Windhager R, Funovics PT, Gibbons CL, Guo W, Horneck FJ, Temple HT, Letson GD. Classification of failure of limb salvage after reconstructive surgery for bone tumours. *Bone Joint J*. 2014;96-B(11):1436–1440. doi: 10.1302/0301-620X.96B11.34747
- Jeys L, Grimer R. The long-term risks of infection and amputation with limb salvage surgery using endoprostheses. *Recent Results Cancer Res*. 2009;(179):75–84. doi: 10.1007/978-3-540-77960-5_7
- Berbari EF, Marculescu C, Sia I, Lahr BD, Hanssen AD, Steckelberg JM, Gullerud R, Osmon DR. Culture-negative prosthetic joint infection. *Clin Infect Dis*. 2007;45(9):1113–1119. doi: 10.1086/522184
- Tan TL, Kheir MM, Shohat N, Tan DD, Kheir M, Chen C, Parvizi J. Culture-Negative Periprosthetic Joint Infection. *JBJS Open Access*. 2018;3(3):e0060. doi: 10.2106/JBJS.OA.17.00060
- Huang R, Hu CC, Adeli B, Mortazavi J, Parvizi J. Culture-negative periprosthetic joint infection does not preclude infection control. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(10):2717–2723. doi: 10.1007/s11999-012-2434-0
- Pala E, Henderson ER, Calabro T, Angelini A, Abati CN, Trovarelli G, et al. Survival of current production tumor endoprostheses: Complications, functional results, and a comparative statistical analysis. *J Surg Oncol*. 2013;108(6):403–408. doi: 10.1002/jso.23414
- Holl S, Schlomberg A, Gosheger G, Dieckmann R, Streithuenger A, Schulz D, Harges J. Distal femur and proximal tibia replacement with megaprosthesis in revision knee arthroplasty: a limb-saving procedure. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(12):2513–2518. doi: 10.1007/s00167-012-1945-2
- Finstein JL, King JJ, Fox EJ, Ogilvie CM, Lackman RD. Bipolar Proximal Femoral Replacement Prostheses for Musculoskeletal

Neoplasms. *Clinical orthopaedics and related research*. 2007;(459):66–75. doi: 10.1097/BL0.0b013e31804f5474

11. Myers GJC, Abudu AT, Carter SR, Tillman RM, Grimer RJ. The long-term results of endoprosthetic replacement of the proximal tibia for bone tumours. *J Bone Joint Surg [Br]*. 2007;89-B(12):1632–1637. doi: 10.1302/0301-620X.89B12.19481

12. Wang B, Wu Q, Liu J, Yang S, Shao Z. Endoprosthetic reconstruction of the proximal humerus after tumour resection with polypropylene mesh. *International Orthopaedics (SICOT)*. 2015;39(3):501–506. doi: 10.1007/s00264-014-2597-2

13. Pala E, Trovarelli G, Calabro T, Angelini A, Abati CN, Ruggieri P. High Infection Rate Outcomes in Long-bone Tumor Surgery with Endoprosthetic Reconstruction in Adults: A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(6):2017–2027. doi: 10.1007/s11999-013-2842-9

14. Goshager G, Carsten G, Ahrens H, Streitbuerger A, Winkelmann W, Harges J. Endoprosthetic Reconstruction in 250 Patients with Sarcoma. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2006;(450):164–171. doi: 10.1097/01.blo.0000223978.36831.39

15. Kostuj T, Baums MH, Schaper K, Meurer A. Midterm Outcome after Mega-Prosthesis Implanted in Patients with Bony Defects in Cases of Revision Compared to Patients with Malignant Tumors. *The Journal of Arthroplasty*. 2015;30(9):1592–1596. doi: 10.1016/j.arth.2015.04.002

16. Ahlmann ER, Menendez LR, Kermani C, Gotha H. Survivorship and clinical outcome of modular endoprosthetic reconstruction for neoplastic disease of the lower limb. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(6):790–795. doi: 10.1302/0301-620X.88B6.17519

17. Illingworth KD, Mihalko WM, Parvizi J, Sculco T, McArthur B, el Bitar Y, Saleh KJ. How to minimize infection and thereby maximize patient outcomes in total joint arthroplasty: a multicenter approach: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(8):e50. doi: 10.2106/JBJS.L.00596

18. Allison DC, Huang E, Ahlmann ER, Carney S, Wang L, Menendez LR. Peri-Prosthetic Infection in the Orthopedic Tumor Patient. *JISRF Reconstructive Review*. 2014;4(3):13–17. doi: 10.15438/rr.4.3.74

19. Adeli B, Parvizi J. Strategies for the prevention of periprosthetic joint infection. *J Bone Joint Surg Br*. 2012;94(11, Suppl A):42–46. doi: 10.1302/0301-620X.94B11.30833

20. Jämsen E, Huhtala H, Puolakka T, Moilanen T. Risk factors for infection after knee arthroplasty. A register-based analysis of 43,149 cases. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(1):38–47. doi: 10.2106/JBJS.G.01686

21. Ong KL, Kurtz SM, Lau E, Bozic KJ, Berry DJ, Parvizi J. Prosthetic joint infection risk after total hip arthroplasty in the Medicare population. *J Arthroplasty*. 2009;24(6, Suppl):105–109. doi: 10.1016/j.arth.2009.04.027

22. Urquhart DM, Hanna FS, Brennan SL, Wluka AE, Leder K, Cameron PA, Graves SE, Cicuttini FM. Incidence and risk factors for deep surgical site infection after primary total hip arthroplasty: a systematic review. *J Arthroplasty*. 2010;25(8):1216–1222. doi: 10.1016/j.arth.2009.08.011

23. Matar WY, Jafari SM, Restrepo C, Austin M, Purtill JJ, Parvizi J. Preventing infection in total joint arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(Suppl 2):36–46. doi: 10.2106/JBJS.J.01046

24. Grimer RJ, Aydin BK, Wafa H, Carter SR, Jeys L, Abudu A, Parry M. Very long-term outcomes after endoprosthetic replacement for malignant tumours of bone. *Bone Joint J*. 2016;98-B(6):857–864. doi: 10.1302/0301-620X.98B6.37417

25. Sigmund IK, Gamper J, Weber C, Holinka J, Panotopoulos J, Funovics PT, Windhager R. Efficacy of different revision procedures for infected megaprotheses in musculoskeletal tumour surgery of the lower limb. *PLoS One*. 2018;13(7):e0200304. doi: 10.1371/journal.pone.0200304

26. Dmitrieva NV, Petukhova IN. Postoperative infectious complications. Moscow: Practical Medicine; 2013. 113–135 p. (In Russ).

27. Aliyev MD, Sokolovsky VA, Dmitrieva NV. Complications in endoprosthetics of patients with bone tumors. *Bulletin of the N.N. Blokhin Russian Research Center of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2003;14(2–1):35–39. (In Russ).

28. Schmalzried TP, Amstutz HC, Au MK, Dorey FJ. Etiology of deep sepsis in total hip arthroplasty: the significance of hematogenous and recurrent infections. *Clin. Orthop*. 1992;(280):200–207.

29. Zajonz D, Prietzel T, Moche M. Periprosthetic joint infections in modular endoprostheses of the lower extremities: a retrospective observational study in 101 patients. *Patient safety in surgery*. 2016;(10):6. doi: 10.1186/s13037-016-0095-8

ОБ АВТОРАХ

* Соколовский Анатолий Владимирович, д.м.н.;
адрес: Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, д. 23;
ORCID: 0000-0002-8181-019X;
eLibrary SPIN: 8261-4838;
e-mail: avs2006@mail.ru

Соколовский Владимир Александрович, д.м.н.;
ORCID: 0000-0003-0558-4466;
e-mail: arbat.62@mail.ru

Мачак Геннадий Николаевич, д.м.н.;
ORCID: 0000-0003-1222-5066;
eLibrary SPIN: 4020-1743;
e-mail: machak.gennady@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Anatolii A. Sokolovskii, MD, Dr. Sci. (Med.);
address: 23 Kashirskoe Shosse, 115478, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-8181-019X;
eLibrary SPIN: 8261-4838;
e-mail: avs2006@mail.ru

Vladimir A. Sokolovskii, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0003-0558-4466;
e-mail: arbat.62@mail.ru

Gennady N. Machak, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0003-1222-5066;
eLibrary SPIN: 4020-1743;
e-mail: machak.gennady@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Петухова Ирина Николаевна, д.м.н.;

ORCID: 0000-0003-3077-0447;

eLibrary SPIN: 1265-2875;

e-mail: irinapet@list.ru

Курильчик Александр Александрович, к.м.н.;

ORCID: 0000-0003-2615-078X;

eLibrary SPIN: 1751-0982;

e-mail: aleksandrkurilchik@yandex.ru

Жеравин Александр Александрович, к.м.н.;

ORCID: 0000-0003-3047-4613;

e-mail: avs2006@mail.ru

Irina N. Petukhova, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-3077-0447;

eLibrary SPIN: 1265-2875;

e-mail: irinapet@list.ru

Alexander A. Kurilchik, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-2615-078X;

eLibrary SPIN: 1751-0982;

e-mail: aleksandrkurilchik@yandex.ru

Alexander A. Zheravin, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-3047-4613;

e-mail: avs2006@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114726>

Шкалы оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию и технического состояния эксплуатируемого протеза

И.Ж. Осмоналиев¹, М.Г. Бильгильдеев², Х.Х. Эргашев³, Р.В. Абдурахманов⁴, Р.Ф. Байкеев⁵¹ Казанский государственный медицинский университет, Казань, Российская Федерация;² Клиника медицинского университета, Казань, Российская Федерация;³ Городская клиническая больница № 7, Казань, Российская Федерация;⁴ Городская клиническая больница № 16, Казань, Российская Федерация;⁵ Казанский государственный медицинский университет, Казань, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. На сегодня отсутствуют количественные критерии готовности культы верхней и/или нижней конечности после ампутации или экзартикуляции к протезированию, хотя это является ключевым моментом начала этапа медицинской реабилитации и социальной адаптации пациента. Также отсутствует шкала оценки технического состояния уже эксплуатируемого протеза конечности.

Цель. Разработать шкалы оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию и технического состояния эксплуатируемого протеза.

Материалы и методы. Произведён анализ действующих стандартов и ГОСТ, касающихся вопросов протезирования после ампутации конечности в Российской Федерации и в мире, а также медицинской документации, содержащей информацию, регистрируемую при ампутации конечности или экзартикуляции.

Результаты. Разработанные шкалы оценки состояния культы и технического состояния эксплуатируемого протеза позволяют определить конечные критерии готовности культы к протезированию и своевременно устранить технические дефекты протеза или заменить его, тем самым поддерживая социальную активность пациента без вынужденных перерывов.

Заключение. В проведённом исследовании в отношении шкал оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию и технического состояния эксплуатируемого протеза существенно расширен список позиций, детализирующих состояние культы конечности и эксплуатируемого протеза по сравнению с существующими ГОСТ; введены количественные критерии, позволяющие врачу-травматологу иметь четкий алгоритм действий как при курации профильных пациентов непосредственно после ампутации (экзартикуляции) конечности, так и в плане оценки состояния уже эксплуатируемого протеза; разработаны шкалы, пригодные для внедрения в медицинский электронный документооборот.

Ключевые слова: ампутация; культя; протез.

Как цитировать:

Осмоналиев И.Ж., Бильгильдеев М.Г., Эргашев Х.Х., Абдурахманов Р.В., Байкеев Р.Ф. Шкалы оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию и технического состояния эксплуатируемого протеза // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2023. Т. 30, № 2. С. 161–173. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114726>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114726>

Morphometric scale of readiness of the limb stump for prosthetics and assessment of the technical condition of the operated prosthesis

Ikar Zh. Osmonaliyev¹, Murat G. Bilgildeev², Khalim Kh. Ergashev³,
Rakhmonzhon V. Abdurakhmanov⁴, Rustem F. Baikeev⁵

¹ Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation;

² Clinic of the Medical University, Kazan, Russian Federation;

³ City Clinical Hospital № 7, Kazan, Russian Federation;

⁴ City Clinical Hospital № 16, Kazan, Russian Federation;

⁵ Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: There are currently no quantitative criteria for the completion of the upper and/or lower limb stump after amputation or disarticulation for prosthetics, even though this is a key moment at the start of a patient's stage of medical rehabilitation and social adaptation. Also, there is no scale for assessing the technical condition of a prosthetic limb that is already in use.

OBJECTIVE: To develop evaluation scales to assess the morphometric stump readiness for prosthetics and the technical condition of the prosthesis in use.

MATERIALS AND METHODS: The current standards and Interstate Standard concerning the issues of prosthetics after limb amputation in the Russian Federation and in the world, as well as medical documentation containing information recorded during limb amputation or disarticulation were analyzed.

RESULTS: The developed scales for stump condition assessment and technical condition of a prosthesis in use will allow to determine the final criteria of stump readiness for prosthetics and timely eliminate technical prosthesis defects or replace it, thus maintaining the patient's social activity without forced interruptions.

CONCLUSION: In this study we significantly expanded the assessment scale of the limb stump morphometric readiness and detailing for prosthetics and the technical condition of the prosthesis in use in comparison with the existing Interstate Standard; quantitative criteria were introduced, allowing the traumatologist to have a clear algorithm of actions both when treating patients immediately after limb amputation (disarticulation) and in terms of assessing the condition of the prosthesis in use; scales suitable for implementation in medical electronic document management have been developed.

Keywords: amputation; stump; prosthesis.

To cite this article:

Osmonaliyev IZh, Bilgildeev MG, Ergashev KhKh, Abdurakhmanov RV, Baikeev RF. Morphometric scale of readiness of the limb stump for prosthetics and assessment of the technical condition of the operated prosthesis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):161–173. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114726>

ВВЕДЕНИЕ

Верхние и нижние конечности являются частями тела человека, и утрата малейшей из их составляющих приводит к ограничению широкого спектра его физиологических и социальных возможностей.

Ампутация (лат. *amputatio*) — это усечение дистально расположенной части органа в результате травмы или хирургической операции. Наиболее часто термин употребляется в значении «ампутация конечности» (усечение конечности на протяжении кости или нескольких костей) в отличие от «экзартикуляции» (вычленения на уровне сустава).

Культи конечности — это часть конечности, остающаяся после ампутации (экзартикуляции), травмы или обусловленная врождённым пороком развития. Главным образом культю рассматривают именно с позиции её пригодности к протезированию (длина и форма культи, подвижность в прилежащем суставе, сила мышц, состояние кожного покрова, безболезненность). Для создания полноценной культи и правильного её формирования первостепенное значение имеют техника ампутации и правильное ведение послеоперационного периода. Исходя из степени функциональных поражений, различают функциональные, малофункциональные и нефункциональные культя.

Современные технологии изготовления технических средств реабилитации (ТСР) — протезов и их моделей — помогают в некоторой мере компенсировать утрату физических функций пациентами с ампутацией верхних (МКБ-10: S48, S58) и/или нижних (МКБ-10: S78, S88, S98) конечностей.

Протез конечности — это техническое средство реабилитации, заменяющее частично или полностью отсутствующую либо имеющую врождённые дефекты верхнюю или нижнюю конечность и служащее для восполнения косметического и/или функционального дефекта [1].

Вопрос протезирования в Российской Федерации курируется на государственном уровне и регулируется такими стандартами, как ГОСТ Р 51819-2022 [1], ГОСТ Р 51191-2019 [2], ГОСТ Р ИСО 9999 [3] и др., а также приказами № 86н [4], № 107н [5] и № 106н [6] Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (МТ и СЗ РФ).

Информация об изменениях в упомянутых стандартах публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru).

При описании состояния культи после ампутации конечности используется множество составляющих, которые детально воссоздают состояние культи согласно ГОСТ [1], отчасти приказам МТ и СЗ РФ [4–6] и представлениям

хирурга [7, 8]. Установление показаний и противопоказаний к назначению ТСР, обеспечение ими за счёт средств федерального бюджета осуществляются исходя из вышеупомянутых приказов МТ и СЗ РФ.

Однако на сегодня отсутствуют количественные критерии готовности культи верхней и/или нижней конечности после ампутации к протезированию, хотя это ключевой момент начала этапа медицинской реабилитации и социальной адаптации пациента [9]. Также отсутствует шкала оценки технического состояния уже эксплуатируемого протеза конечности [10].

Цель исследования — разработать шкалы оценки морфометрической готовности культи конечности к протезированию и технического состояния эксплуатируемого протеза.

Применение шкалы оценки состояния культи позволит определить конечные критерии готовности культи к протезированию и избежать несвоевременного направления лиц с ограниченными возможностями на первичное протезирование, что сократит сроки их нетрудоспособности. Шкала оценки технического состояния эксплуатируемого протеза позволит своевременно устранить технические дефекты протеза или заменить его, тем самым поддерживая социальную активность пациента без вынужденных перерывов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Произведён анализ действующих стандартов — ГОСТ [1–3, 11] и приказов МТ и СЗ РФ [4–6, 12, 13], касающихся вопросов протезирования после ампутации конечности, а также медицинской документации, содержащей информацию, регистрируемую при ампутации конечности. При разработке морфометрической шкалы оценки состояния культи конечности были использованы как термины из ГОСТ Р 51819-2022 [1], так и иные общепринятые медицинские наименования. Параметр, исключаящий протезирование, обозначали как «/состояние параметра (–1)».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Шкала оценки морфометрической готовности культи конечности к протезированию

Шкала оценки морфометрической готовности культи конечности к протезированию (ШОМГККП) в плане описания состояния культи состоит из нескольких разделов:

1. Остаточные анатомические составляющие культи верхней конечности (с указанием уровня ампутации, наличия конкретной анатомической составляющей и состояния параметра (отсутствует/сохранён)): 1.1. Культя межлопаточно-грудной ампутации (остаток лопатки, остаток ключицы); 1.2. Культя при вычленении плеча (верхний остаток плечевой кости); 1.3. Ампутация плеча (выше локтевого сустава), треть: верхняя, средняя, нижняя; 1.4. Ампутация предплечья (ниже локтевого сустава),

треть: верхняя, средняя, нижняя; 1.5. Ампутация в лучезапястном суставе: нижний остаток костей предплечья (отсутствует, сохранён); 1.6. Частичная ампутации кисти (пальца): нижний остаток костей кисти.

2. Остаточные анатомические составляющие культи нижней конечности (с указанием уровня ампутации, наличия конкретной анатомической составляющей и состояния параметра (отсутствует/сохранён)): 2.1. Ампутация на уровне таза: остаток кости таза; 2.2. Культи при вычленении в тазобедренном суставе; 2.3. Ампутация бедра, треть: верхняя, средняя, нижняя; 2.3. Культи при вычленении в коленном суставе; 2.4. Ампутация на уровне голени, треть: верхняя, средняя, нижняя; 2.5. Культи при вычленении в голеностопном суставе; 2.6. Частичная ампутация стопы, отдел: передний, средний, задний; 2.6.1. Остаток кости.

3. Функциональное состояние сустава (сустав, параметр, состояние параметра (оценка параметра)): 3.1. Целевой сустав¹: плечевой, локтевой, лучезапястный, тазобедренный, коленный, голеностопный; 3.2. Наличие бурсита (–1); 3.3. Наличие фиксированных контрактур (в градусах) (–1): сгибание, разгибание, приведение, отведение, пронация, супинация, ротация, анкилоз сустава; 3.4. Сила мышц²: норма, снижение, существенное снижение; 3.5. Стабильность³: нормальная, разболтанность, нестабильность.

4. Описание состояния культи (параметр, состояние параметра (оценка параметра)): 4.1. Форма культи (колобообразная (булавовидная), цилиндрическая, цилиндрическо-коническая, нормально-коническая/патологически-коническая (–1)); 4.2. Длина (короткая культи (<6 см верхняя конечность, <10 см нижняя конечность (культи бедра и голени)), оптимальная культи, длинная культи)⁴; 4.3. Кожные покровы: 4.3.1. Цвет (розовый/красный, фиолетовый, темно-фиолетовый, синюшный (–1)); 4.3.2. Кожные проявления (гиперкератоз/мацерация кожи, пиодермия, лихенизация, экзема, аллергические проявления (–1)); 4.3.3. Влажность (обычная, сухая/гипергидроз (–1)); 4.3.4. Тurgor (сохранён, снижен, дряблость/

отёчность (–1)); 4.3.5. Чувствительность (сохранена/повышена, снижена, отсутствует (–1)): 4.3.5.1. Поверхностная (экстероцептивная): 4.3.5.1.1. Болевая, 4.3.5.1.2. Тактильная, 4.3.5.1.3. Температурная, 4.3.5.1.4. Глубокая (проприоцептивная); 4.3.5.2: 4.3.5.2.1. Мышечно-суставная, 4.3.5.2.2. Вибрационная, 4.3.5.2.3. Кинестезия, 4.3.5.2.4. Чувство массы тела; 4.3.5.3. Сложные формы чувствительности: 4.3.5.3.1. Интероцептивная, 4.3.5.3.2. Двумерно-пространственное чувство, 4.3.6. Дискриминационная чувствительность; 4.3.7. Стереогноз; 4.3.8. Место расположения рубца (лежит вне опорной поверхности культи/в плоскости опорной поверхности культи (–1)); 4.3.9. Подвижность рубца (подвижный, плотно прилегающий, спаян с костью, мышцей, мягкими тканями, частично с подлежащими тканями); 4.4. Состояние рубца (заживший/не заживший (–1)): 4.4.1. Состояние кожи рубца (неповреждённая структура/повреждённая структура, участки гиперемии, потёртость, наличие трещин, язвы, свищи (–1)); 4.4.2. Характер рубца (линейный, келоидный, обширный/препятствующий нормальному прилеганию к гильзе протеза (–1)); 4.4.3. Общее состояние рубца (нет дополнительного рубцевания, дополнительное рубцевание, истончение, грубость, гиперкератоз); 4.4.4. Мягкие ткани культи: 4.4.5. Степень трофики (нормотрофия, гипотрофия, атрофия); 4.4.6. Объём мягких тканей на торце культи (нормальный, дефицит/избыток (–1)); 4.4.7. Инородное тело в тканях (нет/да (–1)); 4.5. Кровообращение культи: 4.5.1. Температура на ощупь (нормальная, теплая/холодная (–1)/горячая (–1)); 4.6. Состояние кости культи: 4.6.1. Опил (пальпируемый (нет/да), ровный, гладкий, фестончатый (наличие единичных, множественных, каудальных остеофитов/остеофитов в сочетании с болевыми ощущениями (–1)); 4.6.2. Выстояние кости (подкожное/из раны (–1)); 4.7. Осложнения на поздних сроках после ампутации: 4.7.1. Болезненность при пальпации (нет/да (–1)); 4.7.2. Болезненная неврома (нет/да (–1)); 4.7.3. Фантомная боль (нет/да); 4.7.4. Ноцицептивная боль⁵ (нет/да (–1)); 4.7.5. Спонтанная боль (нет/да (–1)); 4.7.6. Слабая

¹ В случае наличия двух или более целевых суставов описание каждого сустава производится отдельно.

² Фиксируют любое снижение силы мышц, приводящее к значительному снижению их функций. Сила мышцы может быть измерена достаточно точно, но это требует дорогостоящей и громоздкой аппаратуры. Измерение силы мышцы таким способом при вялых глубоких парезах и параличах (последствиях полиомиелита, травм и других заболеваний) невозможно. Субъективное суждение о степени сохранения силы мышцы может быть основано на оценке достаточности имеющейся силы мышцы для стабилизации ближайшего сустава с культей в хорошо подогнанной приёмной гильзе протеза.

³ Признано, что стабильность сустава является функцией целостности скелета, связок и нейромышечных элементов. В стандарте, устанавливающем методы описания ампутационной культи нижней конечности и требования по оформлению регистрационных данных ГОСТ Р ИСО 8548-2-2021, неустойчивость сустава относится исключительно к костным и/или связочным дефектам и их последствиям [11].

⁴ Оптимальной для последующего протезирования является ампутация на уровне средней трети конечности.

⁵ При ноцицепции стимуляция сенсорных нейронов, называемых ноцицепторами, вызывает сигнал, который проходит по цепи нервных окончаний волокна через спинной мозг в головной мозг [12]. Большинство видов боли — это ноцицептивная боль, возникающая в результате стимуляции болевых рецепторов вследствие травмы тканей (ноцицепторов), которые расположены главным образом в коже или внутренних органах. Травма может быть порезом, гематомой, переломом кости, результатом аварии, ожогом или другим видом повреждения ткани. Наиболее часто боль, возникающая после хирургической операции, является ноцицептивной. Она может быть постоянной или периодической, провоцироваться при движении, кашле, смехе, глубоком вдохе, при смене повязки на хирургической ране.

Таблица 1. Шкала оценки морфометрической готовности культи конечности к протезированию**Table 1.** Scale of assessment of morphometric readiness of the limb stump for prosthetics

Номер раздела	Название раздела	Параметр	Состояние параметра, исключающее протезирование	Заключение	Тактическое решение врача в случае неготовности культи к протезированию		
				Культи готова к протезированию	Возможна терапевтическая коррекция дефекта параметра культи	Ревизия ампутации (без изменения уровня ампутации) необходима	Реампутация (изменение уровня ампутации) необходима
(Код)	(Код)	(Код)	□ (-1)	Да (код 1)	Да (код 1)	Да (код 1)	Да (код 1)
				Нет (код 0)	Нет (код 0)	Нет (код 0)	Нет (код 0)

(ощущение боли при нажатии) (нет/да (-1)); распространённая (нет/да), ограниченная (нет/да); 4.7.7. Асептические и септические осложнения: остеонекроз, остеомиелит, лигатурный свищ, нагноение (площадь 10^{-3} м²) (-1).

5. Значение электрической активности мышц, управляющих протезом: в норме/ниже нормы (-1)⁶.

Предлагается форма шкалы оценки морфометрической готовности культи конечности к протезированию (табл. 1). Ключевым является выявление параметра(-ов), исключающего протезирование. Данный параметр признака обозначается кодом «-1». В случае выявления такого параметра заключение является отрицательным.

Шкала оценки технического состояния эксплуатируемого протеза

Ввиду совершенства естественного двигательного аппарата организма человека компенсация выпадения физиологической функции утраченной конечности требует привлечения самых современных научных инженерно-технических знаний, а инженерные варианты решения доводят число конструкций эксплуатируемых протезов до нескольких сотен [13, 14].

Известно несколько классификаций протезно-ортопедических изделий. Исходя из функционального значения изделия, протезы конечностей делятся на протезы верхних и нижних конечностей [4].

В свою очередь, протезы верхних конечностей подразделяются на косметические (протез пальца косметический, протез кисти косметический, в том числе при вычленении и частичном вычленении кисти, протез предплечья косметический, протез плеча косметический), рабочие (протез кисти рабочий, в том числе при вычленении и частичном вычленении кисти, протез предплечья рабочий, протез плеча рабочий), активные (протез кисти активный (тяговый), в том числе при вычленении и частичном вычленении кисти, протез предплечья активный (тяговый), протез плеча активный (тяговый)), протезы с микропроцессорным управлением (протез

кисти с микропроцессорным управлением, в том числе при вычленении и частичном вычленении кисти, протез предплечья с микропроцессорным управлением, протез плеча с микропроцессорным управлением), протезы после вычленения плеча (протез после вычленения плеча с электромеханическим приводом и контактной системой управления, протез после вычленения плеча функционально-косметический).

Протезы нижних конечностей подразделяются на протез стопы, протез голени лечебно-тренировочный, протез бедра лечебно-тренировочный, протез голени для купания, протез бедра для купания, протез голени немодульный, в том числе при врождённом недоразвитии, протез бедра немодульный, в том числе при врождённом недоразвитии, протез при вычленении бедра немодульный, протез голени модульный, в том числе при недоразвитии, протез бедра модульный, в том числе при врождённом недоразвитии, протез при вычленении бедра модульный, протез бедра модульный с микропроцессорным управлением, протез при вычленении бедра модульный с микропроцессорным управлением, протез голени модульный, в том числе при недоразвитии, с модулем стопы с микропроцессорным управлением.

Виды устройств условно делятся на узлы суставов (верхней или нижней конечности), узлы ротации, тяги, формообразующие и косметические оболочки.

Предлагаемая Шкала оценки технического состояния эксплуатируемого протеза (ШОТСЭП) (табл. 2) состоит из следующих разделов: 1. Тип протеза (код); 2. Вид управления протезом (код); 3. Маркировка изделия — протеза или его элемента (номер); 4. Состояние изделия — протеза или его элемента (код): 4.1. Элемент, несущий механическую нагрузку (внешний или соединительный модуль, винт соединения, шарнир, адаптер, толкатель и т.п.), 4.2. Элемент остеointеграции: иммобилизован (да (код)/нет (код)), 4.3. Электронное устройство или интерфейс «человек — машина» и роботизированная конечность — специализированный мотор,

⁶ При использовании протеза с микропроцессорным управлением.

Таблица 2. Шкала оценки технического состояния эксплуатируемого протеза

Table 2. Scale of assessment of the technical condition of the operated prosthesis

Тип протеза*#	Вид управления протезом	Маркировка изделия	Элемент протеза	Протез функционален, клинических ограничений нет	Угроза травмы	Негативное ощущение пациента	Заключение
(Код)	(Код)	(Номер)	(Код)	Да (код 1)	Да (код 1)	Да (код 1)	Ремонт протеза (код 1)
				Нет (код 0)	Нет (код 0)	Нет (код 0)	Замена протеза (код 2)

Примечание. *согласно приказам Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации; #номера приказов не указаны, так как они могут меняться.

Note. *according to the orders of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation; #numbers of orders are not given, as they may change.

микропроцессор, нейропортальная система, инвазивные электроды для управления, сенсорное устройство (вибрация, давление, нажатие, сжатие и др.); 5. Негативные ощущения пациента от эксплуатации протеза (нет (код)/да (код) (–1)); 6. Функциональность протеза (да/нет (–1)), угроза травмы (нет/да (–1)). Заключение: ремонт/замена.

Ключевым является выявление дефектного элемента протеза, исключающего его дальнейшую эксплуатацию, а также субъективное ощущение пациента. В случае выявления дефектного элемента или критического клинического признака вводится код «–1», а само заключение сводится к рекомендации «ремонт элемента протеза или частичная замена протеза» либо «полная замена протеза».

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время не существует принятой в международной практике терминологии, описывающей полный диапазон хирургических уровней ампутации конечностей, процедуру ампутации и состояние лиц, перенесших ампутацию. Члены клинических команд в разных странах разработали собственную терминологию для удовлетворения своих потребностей [1, 9]. Существует потребность клинической медицины и медико-социальной экспертизы в стандартной международной системе терминов, которая позволит практикующим врачам и специалистам протезирования и служб социальной защиты выполнить следующие задачи:

- точно описать хирургическую историю лиц, перенесших ампутацию конечности;
- однозначно описать состояние культи;
- облегчить сравнение с опытом других практикующих врачей;
- описать состояние эксплуатируемого протеза.

Настоящее исследование посвящено решению 2–4 проблем из приведённого перечня.

Протезирование после ампутации конечности является многоаспектным предметом медицины. В своём

фундаментальном труде Н.Н. Приоров указывал, что целью каждой ампутации необходимо считать получение хорошей, работоспособной культи, которая могла бы оказать больному помощь, а не быть для него помехой или источником непрерывных страданий. Неудачная культя — основное препятствие для удачного протезирования. Каждый пациент, перенесший ампутацию, в случае необходимости должен получить протез [15].

В ряде случаев формирование культи сопровождается осложнениями, которые могут быть как ятрогенными, так и следствием индивидуальной реакции организма на хирургическое вмешательство, результатом неверно подобранной программы реабилитации в ходе её основных этапов. Часть из них поддаются терапевтическому лечению, однако неизбежны результаты, при которых требуется ревизионная операция на конечности, её реампутация при необходимости смены уровня ампутации.

Шкала оценки морфометрической готовности культи конечности к протезированию. До недавнего времени остаточные анатомические составляющие культи конечности, особенно её размер, являлись определяющими в плане протезирования. На сегодня данной проблемы не существует благодаря созданию бионических протезов [16]. В частности, такой результат технического решения протезирования верхней конечности, как Luke Arm, или «Рука Люка» (названная в честь Люка Скайуокера — одного из главных персонажей вселенной киноэпопеи «Звёздные войны»), высокотехнологичный протез, который позволяет владельцу осязать, впечатляет [16]. В связи с этим в разделах 1 и 2 ШОМГККП отсутствуют какие-либо ограничения к протезированию.

Ключевым является клиническое состояние культи. Использование современных 3D-технологий позволяет по результатам моделирования методом компьютерной томографии не только осуществлять планирование объёма операции при ампутации, но и изготавливать высокотехнологичные протезы с помощью 3D-печати для замещения анатомического дефекта с планированием достаточной опороспособности и функциональности

[17]. В разделе шкалы 3 («Функциональное состояние сустава») главными факторами ограничения к протезированию являются наличие контрактуры, анкилоза в целевом суставе, нестабильность сустава и боль при движении в культе. Перечень факторов, ограничивающих протезирование культы, также приведён в разделе 4 ШОМГКП.

Очевидно, что грамотное оформление первичной медицинской документации является важнейшей составляющей организации и контроля качества медицинской помощи, с одной стороны, а с другой — элементом юридической протекции врача. Основными документами, отражающими состояние пациента, являются медицинские карты форм № 003/у «Медицинская карта пациента, получающего медицинскую помощь в стационарных условиях, в условиях дневного стационара» [18], № 025/у-04 «Медицинская карта пациента, получающего медицинскую помощь в амбулаторных условиях» [19], № 112/у-80 [20], которые служат документальным доказательством проведённого лечебно-диагностического и реабилитационного процесса, отражают взаимодействие лечащего врача с другими специалистами, службами и исход заболевания. Эти документы отражают десятки общих для всех специалистов пунктов: паспортные данные пациента, диагностические и терапевтические назначения и т.д. К хирургической истории болезни предъявляются те же требования, что и к терапевтической, и дополнительно должна быть отражена хирургическая специфика. При этом перечень часто встречающихся дефектов оформления первичной медицинской документации в медицинской организации год от года нарастает и достигает десятков пунктов [21]. Во многом причиной этого является необходимость заполнения форм в рукописном варианте. В условиях нарастающего объёма информации при описании пациента с ампутацией конечности возникает необходимость разработки ШОМГКП, которая легко кодируется и заполняется, может быть встроена в профильные электронные формы историй болезни и легко поддаётся цифровизации.

Шкала оценки технического состояния эксплуатируемого протеза. Инженерно-технические требования к протезам верхних и нижних конечностей регламентируются ГОСТ Р 52114-2021 [22, 23] и приказами МТ и СЗ РФ [4–6]. ГОСТ распространяется на узлы механических протезов верхних конечностей, устанавливаемые в заданное положение усилиями мышц человека и/или с помощью внешней силы и относящиеся к подклассу 06 18 по ГОСТ Р ИСО 9999 [3], и отчасти на бионические протезы (ГОСТ Р 59226-2020 (пункты 4.1, 4.2) [24], ГОСТ Р 58447-2019 (пункты 3, 4) [25] и приказ 86н МТ и СЗ РФ, раздел 8 «Протезы и ортезы», например, 8-04-01 — «Протез кисти с микропроцессорным управлением»). Данными документами охвачены общие конструктивные требования к протезу, требования стойкости к внешним воздействиям, к кистям, к узлам суставов, узлам ротации, тягам, формообразующим и косметическим оболочкам, материалам, комплектности, маркировке, упаковке. Изложенные в ГОСТ методы

испытания на прочность, осевое нагружение концевых устройства и фиксатора пальцев, испытания механизмов раскрытия (закрытия) и функционирования гарантируют номинальный срок эксплуатации протеза.

Сроки эксплуатации протеза регламентируются приказом 107н МТ и СЗ РФ [5]. К примеру, из пункта 8 («Протезы и ортезы») следует, что минимальный срок использования рабочего протеза плеча (код 8-02-03) составляет не менее 2 лет.

Изначально получение того или иного протезного изделия за счёт льготных средств происходит путём проведения освидетельствования в учреждениях медико-социальной экспертизы с формированием при его прохождении индивидуальной программы реабилитации или абилитации, направлением в одно из определённых Социальным фондом России и приказом МТ и СЗ РФ учреждение, оказывающее протезно-ортопедическую помощь [26, 27].

Обеспечение протезом может осуществляться как в рамках государственных контрактов, заключённых по результатам тендерных процедур с уполномоченными органами (филиалами Социального фонда России, Департаментом социальной защиты населения населённого пункта), так и за собственные средства с последующей компенсацией [26]. Оно включает следующие этапы:

- оформление медико-технического заключения, в котором устанавливается тип протеза;
- постановка на учёт;
- добавление в списки обратившихся за протезно-ортопедической помощью Департамента труда и социальной защиты населения, Социального фонда России;
- проведение уполномоченным органом (государственным заказчиком) конкурсных процедур, заключение контракта;
- выставление счёта;
- заказ комплектующих (по факту оплаты) [27].

Ежегодно гражданам предоставляются меры государственной поддержки в натуральной форме либо в виде компенсации понесённых расходов на самостоятельное приобретение тех или иных товаров, работ или услуг.

С конца 2021 года появилась возможность покупать ТСР с помощью электронного сертификата. Электронный сертификат дополняет имеющиеся способы и внедрён для упрощения и ускорения процессов оказания поддержки пациентам [28]. Данный сертификат предоставляет возможность самостоятельно приобретать отдельные виды товаров, работ и услуг за счёт бюджетных средств при наличии оснований для получения мер государственной поддержки в натуральной форме. Заявление на получение электронного сертификата подаётся:

- в региональном органе Социального фонда России;
- в многофункциональном центре;
- через портал госуслуг;
- по почте.

Для оформления сертификата согласно первым трём пунктам требуются следующие документы:

- заявление;
- документ, удостоверяющий личность;
- индивидуальная программа реабилитации и абилитации пострадавшего в результате несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- номер карты «Мир».

Сертификат оформляется на карту «Мир» любого банка, а оплата осуществляется так же, как и по любой карте, но исключительно целевым образом — только тех товаров, работ или услуг, на которые распространяется действие такого сертификата. Использовать его можно в магазинах и для покупок онлайн, но только согласно каталогу технических средств реабилитации на сайте Социального фонда России (<https://ktsr.sfr.gov.ru/>). Если стоимость ТСР превышает стоимость электронного сертификата, получатель услуги может доплатить из собственных средств. Перечень ТСР, приобретаемых с помощью электронного сертификата, утверждается МТ и СЗ РФ. Имеется карта точек продаж ТСР по электронному сертификату в субъектах Российской Федерации [29].

В ходе эксплуатации протеза возникают технические дефекты, которые требуют 2 типа действий: ремонт или замену протеза. Производство протезов осуществляют фирмы, которые и дают гарантийный срок на его обслуживание. Соответственно, при необходимости ремонта или досрочной замены протеза возникает юридическая коллизия, суть которой сводится к финансированию ремонта или замены протеза. Формально, согласно ГОСТ Р 51191-2019, установленный срок службы протезов должен соответствовать срокам пользования протезно-ортопедическими изделиями, установленным в приказе 107н [5], а их составляющих узлов (узлы стопы, несущие узлы, коленные узлы и др.) — ГОСТ Р 51191-2019 [7]. Протезы должны быть пригодными к ремонту в течение срока службы. Число и номенклатура запасных деталей и/или узлов должны быть указаны в технических условиях на протез конкретного типа (пункт 6.2). Узлы, входящие в состав протеза, срок службы которых менее срока службы протеза в целом, следует заменять запасными из комплекта поставки. Порядок замены должен быть установлен в технических условиях на протез конкретного типа по ГОСТ Р 2.601-2019 (пункт 6.3) [30]. Профилактический уход за протезом и, при необходимости, его ремонт следует проводить только на основании указаний по эксплуатации, изложенных в памятке по обращению с изделием (по ГОСТ Р 2.601-2019, пункты 5.2.6, 6.4) [30].

Однако юридическая практика показывает: в данной схеме не учтён нюанс, что фирма-изготовитель протеза не несёт ответственности за его дефекты, ссылаясь на то, что элементы протеза поступили уже в готовом виде от производителя его элементов, ответчик осуществлял только их сборку [31]. Причиной одного из публичных

судебных процессов [31] стало не только наличие дефекта протеза, но и падение пациента с последующей его травмой.

Предлагаемая шкала оценки изначально включает маркировку не только всего изделия (протеза), что имеет место сегодня, но и его конструктивных технических элементов в виде кодов, связанных с фирмой-производителем, что, с одной стороны, существенно повышает ответственность фирм-производителей протезов и их комплектующих, а с другой — облегчает действия пациентов при подаче исков в суд, привлекая как соотечественников всех производителей, причастных к изготовлению дефектного протеза.

Терминология по ГОСТ Р 51819-2022 и терминология, используемая при реабилитации и протезировании, согласно действующим нормативно-правовым документам, различается в плане приказов 86н [4], 106н [6], 107н [5], 486н [32]. Поскольку подавляющее количество специалистов, социально защищающих граждан в Российской Федерации, обязаны использовать терминологию нормативно-правовых актов МТ и СЗ РФ, в форме ШОТСЭП предусмотрено использование терминологии согласно приказам МТ и СЗ РФ. При этом коды вводятся как унифицированный набор цифр. Представляется целесообразным унифицирование терминов ГОСТ и приказов МТ и СЗ РФ.

В целом предлагаемая шкала оценки состояния эксплуатируемого протеза является количественной, её форма проста для заполнения и поддаётся легкой интеграции в электронную историю болезни при её цифровизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Требования к культе перед протезированием качественно изложены практически во всех исследованиях, которые касаются данной темы [33, 34]. Глубина понимания проблемы специалистами очевидна: 1) культя должна быть как можно длиннее; 2) культя не должна иметь коническую форму; 3) язвы на коже должны отсутствовать; 4) ампуционный рубец должен быть подвижным, гладким, лежать вне опорной поверхности культи; 5) культя должна быть обязательно покрыта кожей (мышцами не обязательно, так как они всё равно в последующем атрофируются); 6) место распила кости должно быть горизонтальным и гладким, суставы — обладать хорошей подвижностью; 7) мышцы конечности должны быть развиты; 8) не должно быть сращений ампуционной невротомы с кожей. Этим полностью исчерпываются все требования, предъявляемые к хорошей ампуционной культе. При этом нет количественных шкал оценки состояния как культи, так и эксплуатируемого протеза после ампутации конечности.

В то же время имеет место отчётливая конвергенция различных составляющих техники ампутации конечности, изготовления протезов и адаптации культи к протезу.

В проведённом исследовании в плане Шкалы оценки морфометрической готовности культи конечности

к протезированию и Шкалы оценки технического состояния эксплуатируемого протеза решены следующие задачи:

- существенно расширен список позиций, детализирующих состояние культы конечности и эксплуатируемого протеза, по сравнению с существующими ГОСТ и приказами Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации;
- введены количественные критерии, позволяющие врачу-травматологу иметь четкий алгоритм действий как при курации профильных пациентов непосредственно после ампутации (экзартикуляции) конечности, так и в плане оценки состояния уже эксплуатируемого протеза;
- разработаны шкалы, пригодные для внедрения в медицинский электронный документооборот; учтено, что основным недостатком является дополнительное время врача на работу не только с известными бумажными формами документов, но и с электронной медицинской картой больного: включение компьютера и программы, время перехода из одного окна в другое и прочие операции в некоторых случаях занимают значительное время, но главное, что основные данные о состоянии здоровья больного отражаются в форме неструктурированных текстов.

Предложен эффективный подход к дальнейшему развитию электронной медицинской карты больного, каковым являются разработанные Шкала оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию и Шкала оценки технического состояния эксплуатируемого протеза в форме структурированных интерактивных позиций. Благодаря своей внутренней организации — включению кодов — они позволяют полностью избежать их рукописного заполнения и пригодны для работы с электронными базами данных в таких программах, как Visual FoxPro, Corel Paradox, SQL Server, My SQL, Perl и др.

В совокупности данные шкалы существенно упрощают ведение документации врачами и облегчают жизнь пациента, перенесшего ампутацию конечности и пользующегося протезом.

Шкала оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию предназначена как для клинических специалистов (хирургов, травматологов-ортопедов, реабилитологов), так и для работников Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, поэтому в ней приводится детальное описание состояния культы. В Шкалу оценки технического состояния эксплуатируемого протеза введены разделы кодирования элемента изделия с целью повышения ответственности специалистов по протезированию и предприятий-изготовителей элементов протеза. Предусмотрено введение терминов, необходимых при проведении медико-технической экспертизы и используемых работниками социальной защиты. При этом приводится обозначение типа протеза согласно приказам Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: И.Ж. Осмоналиев — хирургическое лечение пациента, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; М.Г. Бильгильдеев — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Х.Х. Эргашев — курация, хирургическое лечение пациента, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Р.В. Абдурахманов — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; Р.Ф. Байкеев — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи.

Источник финансирования. Не указан.

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

ADDITIONAL INFO

Author contribution. I.Zh. Osmonaliev — surgical treatment of the patient, literature review, collection and analysis of literary sources, writing and editing of the article; M.G. Bilgildeev — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; Kh.Kh. Ergashev — curation, surgical treatment of the patient, collection and analysis of literary sources, preparation and writing the text of the article; R.V. Abdurakhmanov — literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the article; R.F. Baikееv — literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the article. Thereby, all authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Funding source. Not specified.

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

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы пользуются возможностью выразить слова благодарности за консультации при проведении исследования данной работы Петрову Владимиру Валерьевичу, Государственное автономное учреждение здравоохранения «Городская детская больница № 1», г. Казань, Российская Федерация.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors take the opportunity to express their gratitude for the consultations during the study of this work by Vladimir V. Petrov, State autonomous healthcare institution «City Children's Hospital № 1», Kazan, Russian Federation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51819-2022. Протезирование и ортезирование верхних и нижних конечностей. Москва: Российский институт стандартизации, 2022. С. 1.
2. ГОСТ Р 51191-2019. Узлы протезов нижних конечностей. Технические требования и методы испытаний. Москва: Стандартинформ, 2019. С. 1–8.
3. ГОСТ Р 9999-2019. Вспомогательные средства для людей с ограничениями жизнедеятельности. Классификация и терминология. Москва: Стандартинформ, 2019. С. 1–167.
4. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13 февраля 2018 г. № 86н «Об утверждении классификации технических средств реабилитации (изделий) в рамках федерального перечня реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2005 г. № 2347-р» (с изменениями на 22 июня 2022 года). Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71797812/>. Дата обращения: 20.03.2023.
5. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 5 марта 2021 г. № 107н «Об утверждении сроков пользования техническими средствами реабилитации, протезами и протезно-ортопедическими изделиями (с изменениями на 6 мая 2022 года)». Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=436317>. Дата обращения: 20.03.2023.
6. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 5 марта 2021 г. № 106н «Об утверждении перечня показаний и противопоказаний для обеспечения инвалидов техническими средствами реабилитации (с изменениями на 22 июня 2022 года)». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/603321691>. Дата обращения: 20.03.2023.
7. Mühldorfer-Fodor M., Dimitrova P., Prommersberger K.J. Amputations of fingers and the hand // *Unfallchirurg*. 2022. Vol. 125, № 4. P. 275–281. doi: 10.1007/s00113-022-01154-3
8. Liston J.M., Forster G.L., Samuel A., et al. Estimating the impact of postamputation pain // *Annals of plastic surgery*. 2022. Vol. 5, № 5. P. 533–537. doi: 10.1097/SAP.00000000000003009
9. Boer-Wilzing V.G., Bolt A., Geertzen J.H., et al. Variation in results of volume measurements of stumps of lower-limb amputees: A Compari-Son of 4 Methods // *Arch phys med Rehabil*. 2011. Vol. 92, № 6. P. 941. doi: 10.1016/j.apmr.2011.01.007
10. Chillale T.P., Kim N.H., Smith L.N. Mechanical and finite element analysis of an innovative orthopedic implant designed to increase the weight carrying ability of the femur and reduce frictional forces on an amputee's stump // *Military Medicine*. 2019. Vol. 184, S. 1. P. 627–636. doi: 10.1093/milmed/usy382
11. ГОСТ Р ИСО 8548-2-2021. Протезирование и ортезирование. Дефекты конечностей. Часть 2. Метод описания ампутационной культы нижней конечности. Москва: Стандартинформ, 2021. С. 3.
12. Portenoy R., Asbury G., McKhann W., et al. Management of chronic pain. In: *Diseases of the Nervous System: Clinical Neuroscience and Therapeutic Principles*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. P. 906–919. doi: 10.1017/CBO9781316134993.061
13. Бильгильдеев М.Г., Осмоналиев И.Ж., Байкеев Р.Ф. Протезирование конечности // *Практическая медицина*. 2021. Т. 19, № 4. С. 146–152. doi: 10.32000/2072-1757-2021-4-146-152
14. Осмоналиев И.Ж., Бильгильдеев М.Г., Байкеев Р.Ф. Оптимизация статистического учёта контингента лиц с ампутацией конечностей в Республике Татарстан (с учётом данных отечественных и зарубежных исследований) // *Общественное здоровье и здравоохранение*. 2019. Т. 64, № 4. С. 37–48.
15. Приоров Н.Н. Ампутации конечностей и протезы. Москва–Ленинград: Медгиз, 1941. 108 с.
16. George J.A., Kluger D.T., Davis T.S., et al. Biomimetic sensory feedback through peripheral nerve stimulation improves dexterous use of a bionic hand. *Sci Robot*. 2019. Vol. 4, № 32. P. eaax2352. doi: 10.1126/scirobotics.aax2352
17. Снетков А.А., Хаспеков Д.В., Снетков А.И., и др. Эндопротезирование рукоятки грудины при хондросаркоме G1: клинический случай // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2022. Т. 29, № 2. С. 151. doi: 10.17816/vto109447
18. Приложение № 3 к приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 5 августа 2022 г. № 530н, учётная форма N 003/у «Медицинская карта пациента, получающего медицинскую помощь в стационарных условиях, в условиях дневного стационара». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/351746576>. Дата обращения: 20.03.2023.
19. Приложение № 1 к приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15 декабря 2014 г. № 834н «Об утверждении унифицированных форм медицинской документации, используемых в медицинских организациях, оказывающих медицинскую помощь в амбулаторных условиях, и порядков по их заполнению», учётная форма № 025/у «Медицинская карта пациента, получающего медицинскую помощь в амбулаторных условиях». Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377407>. Дата обращения: 20.03.2023.
20. Приказ Министерства здравоохранения СССР «Об утверждении форм первичной медицинской документации учреждений здравоохранения» от 4 октября 1980 года № 1030. Форма 112/у «История развития ребёнка» (с изменениями на 31 декабря 2002 года). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9042149>. Дата обращения: 20.03.2023.
21. Старченко А.А., Тарасова О.В., Салдуева О.В., и др. Карта дефектов медицинской помощи: Пособие для медицинских работников и экспертов по дефектам оказания медицинской помощи. 3-е изд., доп. Москва: Национальное агентство по безопасности пациентов и независимой медицинской экспертизе, 2016. С. 472–476.
22. ГОСТ Р 52114-2021. Узлы механических протезов верхних конечностей. Технические требования и методы испытаний. Москва: Стандартинформ, 2021. С. 1–16.
23. ГОСТ Р 53869-2021. Протезы нижних конечностей. Технические требования. Москва: Стандартинформ, 2021. С. 1–7.
24. ГОСТ Р 59226-2020. Протезы верхних конечностей с внешним источником энергии. Общие технические требования. Москва: Стандартинформ, 2021. С. 2–3.
25. ГОСТ Р 58447-2019. Протезы нижних конечностей с внешним источником энергии. Общие технические требования. Москва: Стандартинформ, 2019. С. 2–3.
26. Федеральный закон № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» от 24.11.1995 г. (принят Государственной Думой 20 июля 1995 года; одобрен Советом

Федерации 15 ноября 1995 года). Статья 11 «Индивидуальная программа реабилитации или абилитации инвалида (в ред. Федерального закона от 01.12.2014 № 419-ФЗ (в ред. от 29.12.2015)). Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/. Дата обращения: 16.05.2023.

27. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 31.01.2011 № 57н «Об утверждении порядка выплаты компенсации за самостоятельно приобретенное инвалидом техническое средство реабилитации и (или) оказанную услугу, включая порядок определения ее размера и порядок информирования граждан о размере указанной компенсации (с изменениями на 8 октября 2021 года)». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902260638>. Дата обращения: 20.03.2023.

28. Об электронных сертификатах [интернет]. ГИС Электронные сертификаты. Режим доступа: <http://ecert.gov.ru>. Дата обращения: 20.03.2023.

29. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.04.2021 № 678 «Об утверждении правил определения предельной стоимости единицы отдельного вида товара, работы, услуги, приобретаемых с использованием электронного сертификата за счет средств федерального бюджета и бюджета Фонда социального страхования Российской Федерации» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 06.05.2022 № 819). Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202105040022>. Дата обращения: 20.03.2023.

30. ГОСТ Р 2.601-2019. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы. Москва: Стандартинформ, 2021. С. 8.

31. Решение Центрального районного суда г. Калининграда № 2-4221/2014 2-7/2015 2-7/2015(2-4221/2014;)-М-3373/2014 М-3373/2014 от 21 января 2015 г. по делу № 2-4221/2014. Режим доступа: <https://sudact.ru/regular/doc/Q3gmAw4BTf5l/>. Дата обращения: 20.03.2023.

32. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13 июня 2017 г. № 486н «Об утверждении порядка разработки и реализации индивидуальной программы реабилитации или абилитации инвалида, индивидуальной программы реабилитации или абилитации ребенка-инвалида, выдаваемых федеральными государственными учреждениями медико-социальной экспертизы, и их форм. Взамен Приказа Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31 июля 2015 г. № 528н (с изменениями на 15 декабря 2020 года)». Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708010058?index=33&rangeSize=1>. Дата обращения: 20.03.2023.

33. Недер М., Недер Г.Г., Бломке Ф. Протезы нижних конечностей. Москва: Шиель и Шон, 2000. 132 с.

34. Ракитин А.В. Руководство по протезированию. Москва: Медицина, 1993. 136 с.

REFERENCES

1. GOST R 51819-2022. Protezirovaniye i ortezirovaniye verhnih i nizhnih konechnostej. Moscow: Rossijskij institut standartizacii; 2022. P. 1. (In Russ).
2. GOST R 51191-2019. Uzly protezov nizhnih konechnostej. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. Moscow: Standartinform; 2019. P. 1–8. (In Russ).
3. GOST R 9999-2019. Vspomogatel'nye sredstva dlya lyudej s ograniчениями zhiznedeyatel'nosti. Klassifikaciya i terminologiya. Moscow: Standartinform; 2019. P. 1–167 (In Russ).
4. Prikaz Ministerstva truda i social'noj zashchity Rossijskoj Federacii ot 13 fevralya 2018 g. № 86n «Ob utverzhdenii klassifikacii tekhnicheskikh sredstv reabilitacii (izdelij) v ramkah federal'nogo perechnya reabilitacionnyh meropriyatij, tekhnicheskikh sredstv reabilitacii i uslug, predostavlyaemyh invalidu, utverzhdenogo rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 30 dekabrya 2005 g. № 2347-r (s izmeneniyami na 22 iyunya 2022 goda)». Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71797812/>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
5. Prikaz Ministerstva truda i social'noj zashchity Rossijskoj Federacii ot 5 marta 2021 goda № 107n «Ob utverzhdenii srokov pol'zovaniya tekhnicheskimi sredstvami reabilitacii, protezami i protezno-ortopedicheskimi izdeliyami (s izmeneniyami na 6 maya 2022 goda)». Available from: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=436317>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
6. Prikaz Ministerstva truda, i social'noj zashchity Rossijskoj Federacii ot 5 marta 2021 g. № 106n «Ob utverzhdenii perechnya pokazanij i protivopokazanij dlya obespecheniya invalidov tekhnicheskimi sredstvami reabilitacii (s izmeneniyami na 22 iyunya 2022 goda)». Available from: <https://docs.cntd.ru/document/603321691>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).

7. Mühldorfer-Fodor M, Dimitrova P, Prommersberger KJ. Amputations of fingers and the hand. *Unfallchirurg*. 2022;125(4):275–281. doi: 10.1007/s00113-022-01154-3
8. Liston JM, Forster GL, Samuel A, et al. Estimating the impact of postamputation pain. *Annals of plastic surgery*. 2022;5(5):533–537. doi: 10.1097/SAP.0000000000003009
9. Boer-Wilzing VG, Bolt A, Geertzen JH, et al. Variation in results of volume measurements of stumps of lower-limb amputees: A Compari-Son of 4 Methods. *Arch phys med Rehabil*. 2011;92(6):941. doi: 10.1016/j.apmr.2011.01.007
10. Chillale TP, Kim NH, Smith LN. Mechanical and finite element analysis of an innovative orthopedic implant designed to increase the weight carrying ability of the femur and reduce frictional forces on an amputee's stump. *Military Medicine*. 2019;184(1):627–636. doi: 10.1093/milmed/usy382
11. GOST R ISO 8548-2-2021. Protezirovaniye i ortezirovaniye. Defekty konechnostej. Chast' 2. Metod opisaniya amputacionnoj kul'ti nizhnej konechnosti. Moscow: Standartinform; 2021. P. 3. (In Russ).
12. Portenoy R, Asbury G, McKhann W, et al. Management of chronic pain. In: Diseases of the Nervous System: Clinical Neuroscience and Therapeutic Principles. Cambridge: Cambridge University Press; 2002. P. 906–919. doi: 10.1017/CBO9781316134993.061
13. Bil'gil'deev MG, Osmonaliev IZH, Baikееv RF. Protezirovaniye konechnosti. *Prakticheskaya medicina*. 2021;19(4):146–152. (In Russ). doi: 10.32000/2072-1757-2021-4-146-152
14. Osmonaliev IZH, Bil'gil'deev MG, Baikееv RF. Optimizaciya statisticheskogo ucheta kontingenta lic s amputaciej konechnostej v Respublike Tatarstan (s uchetom dannyh otechestvennyh i zarubezhnyh issledovanij). *Obshchestvennoe zdorov'e i zdavoohranenie*. 2019;64(4):37–48. (In Russ).

15. Priorov NN. Amputacii konechnostej i protezy. Moscow–Leningrad: Medgiz; 1941. 108 p. (In Russ).
16. George JA, Kluger DT, Davis TS, et al. Biomimetic sensory feedback through peripheral nerve stimulation improves dexterous use of a bionic hand. *Sci Robot.* 2019;32(4):eaax2352. doi: 10.1126/scirobotics.aax2352
17. Snetkov AA, Haspekov DV, Snetkov AI, et al. Endoprotezirovanie rukoyatki grudiny pri hondrosarkome G1: klinicheskij sluchaj. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2022;29(2):151. (In Russ). doi: 10.17816/vto109447
18. Prilozhenie № 3 k prikazu Ministerstva zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii ot 5 avgusta 2022 g. № 530n, uchelnaya forma № 003/u «Medicinskaya karta pacienta, poluchayushchego medicinskuyu pomoshch' v stacionarnyh usloviyah, v usloviyah dnevnogo stacionara». Available from: <https://docs.cntd.ru/document/351746576>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
19. Prilozhenie № 1 k prikazu Ministerstva zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii ot 15 dekabrya 2014 g. № 834n «Ob utverzhdenii unificirovannyh form medicinskoj dokumentacii, ispol'zuemyh v medicinskih organizacijah, okazyvayushchih medicinskuyu pomoshch' v ambulatornyh usloviyah, i poryadkov po ih zapolneniyu», uchelnaya forma № 025/u «Medicinskaya karta pacienta, poluchayushchego medicinskuyu pomoshch' v ambulatornyh usloviyah». Available from: <https://docs.cntd.ru/document/603321691>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
20. Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya SSSR «Ob utverzhdenii form pervichnoj medicinskoj dokumentacii uchrezhdenij zdravoohraneniya» ot 4 oktyabrya 1980 goda № 1030, forma 112/u «Istoriya razvitiya rebenka» (s izmeneniyami na 31 dekabrya 2002 goda). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/9042149>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
21. Starchenko AA, Tarasova OV, Saldueva OV, et al. Karta defektov medicinskoj pomoshchi: Posobie dlya medicinskih rabotnikov i ekspertov po defektam okazaniya medicinskoj pomoshchi. 3-e izdanie dopolnennoe. Moscow: Nacional'noe Agentstvo po bezopasnosti pacientov i nezavisimoy medicinskoj ekspertize; 2016. P. 472–476.
22. GOST R 52114–2021. Uzly mekhanicheskikh protezov verhnih konechnostej. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. Moscow: Standartinform; 2021. P. 1–16. (In Russ).
23. GOST R 53869–2021. Protezy nizhnih konechnostej. Tekhnicheskie trebovaniya. Moscow: Standartinform; 2021. P. 1–7. (In Russ).
24. GOST R 59226–2020. Protezy verhnih konechnostej s vneshnim istochnikom energii. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Moscow: Standartinform; 2021. P. 2–3. (In Russ).
25. GOST R 58447–2019. Protezy nizhnih konechnostej s vneshnim istochnikom energii. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Moscow: Standartinform; 2019. P. 2–3. (In Russ).
26. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii № 181-FZ «O social'noj zashchite invalidov v Rossijskoj Federacii» ot 24.11.1995 g. [prinjat Gosudarstvennoj Dumoj 20 iyulya 1995 goda: odobren Sovetom Federacii 15 noyabrya 1995 goda]. Stat'ya 11 «Individual'naya programma reabilitacii ili abilitacii invalida (v red. Federal'nogo zakona ot 01.12.2014 N 419-FZ (v red. Ot 29.12.2015)). Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/. Accessed: 16.05.2023. (In Russ).
27. Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya i social'nogo razvitiya Rossijskoj Federacii ot 31.01.2011 № 57n «Ob utverzhdenii poryadka vyplaty kompensacii za samostoyatel'no priobretennoe invalidom tekhnicheskoe sredstvo reabilitacii i (ili) okazannuyu uslugu, vkluchaya poryadok opredeleniya ee razmera i poryadok informirovaniya grazhdan o razmere ukazannoj kompensacii (s izmeneniyami na 8 oktyabrya 2021 goda)». Available from: <https://docs.cntd.ru/document/902260638>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
28. Ob elektronnyh sertifikatakh [Internet]. GIS Elektronnye sertifikaty. Available from: <http://ecert.gov.ru>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
29. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29.04.2021 № 678 «Ob utverzhdenii pravil opredeleniya predel'noj stoimosti edinicy otdel'nogo vida tovara, raboty, uslugi, priobretaemyh s ispol'zovaniem elektronnoho sertifikata za schet sredstv federal'nogo byudzheta i byudzheta Fonda social'nogo strahovaniya Rossijskoj Federacii» (v redakcii postanovleniya Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 06.05.2022 № 819). Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202105040022>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
30. GOST R 2.601–2019. Edinaya sistema konstruktorskoy dokumentacii. Ekspluacionnye dokumenty. Moscow: Standartinform; 2021. (In Russ).
31. Resheniye Tsentralnogo rayonnogo suda g. Kaliningrada № 2-4221/2014 2-7/2015 2-7/2015(2-4221/2014;)-M-3373/2014 M-3373/2014 ot 21 yanvary 2015 g. po delu № 2-4221/2014. Available from: <https://sudact.ru/regular/doc/Q3gmAw4BTf5l/>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
32. Prikaz Ministerstva truda, i social'noj zashchity Rossijskoj Federacii ot 13 iyunya 2017 goda № 486n «Ob utverzhdenii poryadka razrabotki i realizacii individual'noj programmy reabilitacii ili abilitacii invalida, individual'noj programmy reabilitacii ili abilitacii rebenka-invalida, vydavaemyh federal'nymi gosudarstvennymi uchrezhdeniyami mediko-social'noj ekspertizy, i ih form. Vzamen Prikaza Ministerstva truda i social'noj zashchity Rossijskoj Federacii ot 31 iyulya 2015 g. № 528n (s izmeneniyami na 15 dekabrya 2020 goda)». Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708010058?index=33&rangeSize=1/>. Accessed: 20.03.2023. (In Russ).
33. Neder M, Neder GG, Blomke F. Protezy nizhnih konechnostej. Moscow: SHiel' i SHon, 2000; 132 p. (In Russ).
34. Rakitin AV. Rukovodstvo po protezirovaniyu. Moscow: Medicina; 1993. 136 p. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

Осмоналиев Икар Жетигенович, к.м.н., ассистент;
 ORCID: 0000-0003-1432-6135;
 eLibrary SPIN: 5604-8153;
 e-mail: ikarkg-kaz@mail.ru

AUTHORS' INFO

Ikar Zh. Osmonaliev, MD, Cand. Sci. (Med.), assistant;
 ORCID: 0000-0003-1432-6135;
 eLibrary SPIN: 5604-8153;
 e-mail: ikarkg-kaz@mail.ru

*** Бильгильдеев Мурат Гусманович,**

врач травматолог-ортопед, заведующий отделением;
адрес: Россия, 420015, Республика Татарстан, Казань,
ул. Толстого, д. 4;

ORCID: 0000-0002-6563-5192;

eLibrary SPIN: 1982-4006;

e-mail: listik99@list.ru

Байкеев Рустем Фрунзевич, д.м.н., профессор;

ORCID: 0000-0003-4306-3805;

eLibrary SPIN: 1158-6738;

e-mail: baykeev@mail.ru

Абдурахманов Рахмонжон Вахобжонович,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0002-8484-1127;

e-mail: rohman_borz00@mail.ru

Эргашев Халимджон Хасанович,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0002-3251-5063;

e-mail: Ergashev0107@mail.ru

*** Murat G. Bilgildeev, MD,**

traumatologist-orthopedist, Head of the Department;
address: 4 Tolstogo str., Kazan, Republic of Tatarstan,
420015, Russia;

ORCID: 0000-0002-6563-5192;

eLibrary SPIN: 1982-4006;

e-mail: listik99@list.ru

Rustem F. Baikееv, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0003-4306-3805;

eLibrary SPIN: 1158-6738;

e-mail: baykeev@mail.ru

Rakhmonzhon V. Abdurakhmanov, MD,

orthopedic traumatologist;

ORCID: 0000-0002-8484-1127;

e-mail: rohman_borz00@mail.ru

Khalimjon Kh. Ergashev, MD,

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0000-0002-3251-5063;

e-mail: Ergashev0107@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto352509>

Метод интегральной оценки эффективности работы нейрохирургической клиники на основе оценки степени достижения ключевых показателей деятельности

Д.Ю. Усачёв¹, А.Г. Назаренко², Н.А. Коновалов¹, А.А. Докукин³, О.И. Шарипов¹,
П.Л. Калинин¹, М.А. Шульц¹, А.А. Сычёв¹, А.И. Баранич¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко, Москва, Российская Федерация;

² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

³ Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Эффективность работы современной клиники, в том числе нейрохирургической, традиционно оценивается через призму комплекса показателей. Однако общепринятого подхода к оценке эффективности деятельности лечебно-профилактических учреждений и соответствующего набора универсальных частных индикаторов, позволяющих сравнивать их между собой, нет.

Цель. Оценка эффективности работы нейрохирургической клиники через призму индикаторов качества с помощью шкалы достижения целей.

Материалы и методы. Для интегральной оценки результатов работы нейрохирургической клиники было выбрано 11 ключевых показателей (категорий целей). Степень достижения целевых показателей оценивалась с помощью специальной шкалы — шкалы достижения целей, разработанной Киресюком и Шерманом.

Результаты. На основании непрерывного анализа ключевых показателей работы в Центре нейрохирургии в период с 2014 по 2021 г. произведено «взвешивание» целевых показателей, сформированы показатели («0»), относительно которых в последующем оценивалась степень достижения цели (от «+2» до «-2»). Расчёт уровня достижения целей производился в веб-приложении. Результаты работы клиники в 2021 г. по некоторым показателям значительно улучшились (количество проведённых операций, послеоперационная летальность, инфекции дыхательной, мочевой системы, инфекции операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложнённым течением), отмечено ухудшение показателей хирургической активности, инфекций кровотока и количества ревизий.

Заключение. Систематический анализ качественных и количественных показателей современной клиники позволяет оценить эффективность её работы с использованием шкалы достижения целей. Интеграция данной шкалы в веб-приложение позволяет легко и быстро получать информацию о степени достижения поставленных целей в режиме реального времени и делает возможным проведение внешнего бенчмаркинга.

Ключевые слова: шкала достижения целей; целеполагание; целевые показатели; бенчмаркинг.

Как цитировать:

Усачёв Д.Ю., Назаренко А.Г., Коновалов Н.А., Докукин А.А., Шарипов О.И., Калинин П.Л., Шульц М.А., Сычёв А.А., Баранич А.И. Метод интегральной оценки эффективности работы нейрохирургической клиники на основе оценки степени достижения ключевых показателей деятельности // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 175–185. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto352509>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto352509>

The method of integral evaluation of the efficiency of the neurosurgical clinic based on the assessment of the degree of achievement of key performance indicators

Dmitry Yu. Usachev¹, Anton G. Nazarenko², Nikolai A. Konovalov¹,
Alexander A. Dokukin³, Oleg I. Sharipov¹, Pavel L. Kalinin¹, Maria A. Shults¹,
Alexander A. Sychev¹, Anastasia I. Baranich¹

¹ Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery, Moscow, Russian Federation;

² Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation;

³ Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The efficiency of a modern clinic, including neurosurgery, is traditionally assessed through the prism over a set of indicators. However, a common approach to assessing the effectiveness of medical and preventive institutions and a corresponding set of universal private indicators that allow comparing them with each other are not available.

OBJECTIVE: To evaluate the efficacy of a neurosurgical clinic through a quality indicator perspective using the goal attainment scale.

MATERIALS AND METHODS: Eleven key indicators (target categories) were selected for the integral results assessment of the neurosurgical clinic. Calculated indicators were evaluated using a special scale — the goal achievement scale developed by Kiresyuk and Sherman.

RESULTS. Based on continuous analysis conducted on the key work parameters in the Neurosurgery Center from 2014 to 2021, the target indicators were “weighed” and indicators (“0”) were formed, relative to which the degree of goal achievement was subsequently assessed (from “+2” to “–2”). The level required to achieve the targets was calculated in the web application. The results of the clinic's work in 2021 have significantly improved by some indicators (number of performed operations, postoperative mortality, respiratory and urinary system infections, surgical wound infections (meningitis) per 100 ICU patients with severe complications), while the indicators of surgical activity, bloodstream infections and the number of revisions have deteriorated.

CONCLUSION. Qualitative and quantitative indicators of a modern clinic can be systematically analyzed to assess the effectiveness of its work using a scale for goal achievement. This scale integration into a web application makes it possible to easily and quickly obtain information about the degree of goal achievement in a real-time mode and makes it possible to conduct external benchmarking.

Keywords: goal achievement scale; goal setting; target indicators; benchmarking.

To cite this article:

Usachev DY, Nazarenko AG, Konovalov NA, Dokukin AA, Sharipov OI, Kalinin PL, Shults MA, Sychev AA, Baranich AI. The method of integral evaluation of the efficiency of the neurosurgical clinic based on the assessment of the degree of achievement of key performance indicators. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):175–185. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto352509>

ВВЕДЕНИЕ

Комплексная оценка ключевых показателей качества работы современной клиники основывается на мониторинге количественных и качественных показателей, включающих структуру послеоперационных осложнений и анализ триггеров неблагоприятных событий. Применение такого подхода к изучению объективных данных для повышения уровня качества и безопасности медицинской деятельности ставит перед нами новую задачу — проведение интегральной оценки результатов работы клиники на основе анализа степени достижения поставленных целей.

В данной статье мы обсудим вопросы оценки эффективности работы нейрохирургической клиники через призм индикаторов качества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для интегральной оценки результатов работы нейрохирургической клиники было выбрано 11 ключевых показателей (категории целей):

- 1) количество проведённых операций;
- 2) оборот койки;
- 3) средняя длительность пребывания пациента на койке до операции;
- 4) повторная госпитализация по одному заболеванию в течение 30 дней после выписки, %;
- 5) хирургическая активность, %;
- 6) послеоперационная летальность, %;
- 7) инфекции дыхательной системы на 1000 дней вентиляции;
- 8) инфекции мочевой системы на 1000 дней применения мочевого катетера;
- 9) инфекции операционной раны (менингиты) на 100 пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) с осложнённым течением;
- 10) инфекции кровотока на 100 пациентов;
- 11) частота послеоперационных осложнений (на 100 операций).

Степень достижения целей оценивалась с помощью специальной шкалы — шкалы достижения целей (ШДЦ), которая была разработана Киресюком и Шерманом в 1968 г. (Миннесота) [1].

После определения ключевых показателей проведено их субъективное «взвешивание» (ранжирование), где 1 — это менее важная цель, а 10 — самая важная цель. Были сформированы ожидаемые результаты, где за 0 приняты лучшие показатели клиники за прошлый год либо данные ведущих клиник мира (бенчмаркинг); «-2» — это показатель работы на 20% ниже ожидаемого результата; «-1» — на 10% ниже ожидаемого результата; «+1» — на 10% выше ожидаемого результата; «+2» — на 20% выше ожидаемого результата. Интервалом времени, в котором проводилась оценка достижения целей, был выбран один год.

Вычисление данных проводилось с использованием веб-приложения согласно формулам, представленным ниже.

Вычисление значения выборочных статистик проводилось с помощью формулы (1) для расчёта уровня достижения цели.

Рассчитанный числовой показатель далее преобразуется в вывод согласно следующим правилам: <50 — поставленные цели не достигнуты, 50–55 — поставленные цели достигнуты и >55 — поставленные цели перевыполнены.

$$T = 50 + \frac{10 \sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2 E(x_i^2) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j E(x_i, x_j)}}, \quad (1)$$

где $E(x_i^2)$ — выборочное среднее квадрата цели, $E(x_i, x_j)$ — выборочная корреляция.

$$E(x_i^2) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2. \quad (2)$$

$$E(x_i, x_j) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - E(x_i)) (y_i - E(y_i))}{\sum_{i=1}^n (x_i - E(x_i))^2 \sum_{j=1}^n (y_j - E(y_j))^2}. \quad (3)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании непрерывного анализа ключевых показателей работы в Центре нейрохирургии в период с 2014 по 2021 г. произведено «взвешивание» целевых показателей (табл. 1).

Самыми важными целями с весом 8 и 9 были выбраны послеоперационная летальность, инфекции дыхательной, мочевой, центральной нервной систем, кровотока, которые являются одними из основных маркеров, характеризующих качество работы нейрохирургической клиники.

На основании лучших данных работы клиники сформированы показатели («0»), относительно которых в последующем оценивалась степень достижения цели (от «+2» до «-2»).

В течение 2014–2021 гг. собирались и анализировались данные по 11 ранее выбранным параметрам. Полученные результаты были распределены относительно базовых лучших параметров, принятых за 0. Распределение полученных результатов работы клиники по степени достижения целевых показателей представлены в табл. 2.

Большинство показателей в полной мере не соответствовали выбранным целевым значениям от «+2» до «-2», что затрудняет оценку степени достижения целей.

С помощью формулы (2) были рассчитаны выборочные статистики ключевых показателей, что позволило

Таблица 1. Ранжирование («взвешивание») целевых показателей**Table 1.** Ranking («weighing») target indicators

Целевые показатели	Вес
Количество проведённых операций	6
Оборот койки	6
Средняя длительность пребывания пациента на койке	6
Повторная госпитализация по одному заболеванию в течение 30 дней после выписки, %	6
Хирургическая активность, %	6
Послеоперационная летальность, %	9
Инфекции дыхательной системы на 1000 дней вентиляции	8
Инфекции мочевой системы на 1000 дней применения МК	8
Инфекции операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложнённым течением	9
Инфекции кровотока на 100 пациентов	8
Количество ревизий (на 100 операций)	9

Примечание. МК — мочевой катетер, ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии.

Note. МК — urinary catheter, ОРИТ — intensive care unit.

Таблица 2. Распределение целевых показателей работы нейрохирургической клиники относительно значения «0»**Table 2.** Distribution of target indicators of the work of the neurosurgical clinic relative to the value «0»

Целевой показатель	Степень достижения				
	2	1	0	–1	–2
Количество проведённых операций	11 447	10 493	9539	8585	7631
Оборот койки	39	34,8	30,6	27,05	23,5
Средняя длительность пребывания пациента на койке	7,6	8,3	9	11,45	13,9
Повторная госпитализация по одному заболеванию в течение 30 дней после выписки, %	1,9	2,6	3,3	3,65	4
Хирургическая активность, %	96,4	94,1	91,8	90,8	89,8
Послеоперационная летальность, %	0	0,225	0,45	1,075	1,7
Инфекции дыхательной системы на 1000 дней вентиляции	11	15	20	26,3	30
Инфекции мочевой системы на 1000 дней применения МК	11	15	20	23,6	27
Инфекции операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложнённым течением	≤3	4	5	6,75	8,5
Инфекции кровотока на 100 пациентов	1,5	2,7	3	6	10
Количество ревизий (на 100 операций)	2,3	2,61	2,9	3,2	3,5

Примечание. «2» — намного больше, чем планировалось (+120%), «1» — больше, чем планировалось (+110%), «0» — то, что планировалось (100%), «–1» — меньше, чем планировалось (–110%), «–2» — намного меньше, чем планировалось (–120%), МК — мочевой катетер, ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии.

Note. «2» — much more than planned (+120%), «1» — more than planned (+110%), «0» — what was planned (100%), «–1» — less than planned (–110%), «–2» — much less than planned (–120%), МК — urinary catheter, ОРИТ — intensive care unit.

провести их попарное сравнение, определить их влияние на исход (табл. 3). Вычисленные значения выборочных статистик далее с помощью формулы (1) используются для расчёта уровня достижения цели.

Для упрощения работы расчёта уровня достижения целей было разработано специальное веб-приложение, в котором после внесения интересующих нас целевых показателей на основе формулы (1) результаты рассчитывались и автоматически преобразовывались в вывод,

какие цели достигнуты, ухудшились, остались на месте или перевыполнены.

Ранее выбранный вес и полученные результаты ключевых показателей за установленный временной интервал (в нашем случае — год) были внесены в соответствующий раздел приложения (рис. 1).

После нажатия кнопки «рассчитать» (указано внизу на рис. 1) формируется отчёт, демонстрирующий, какие показатели ухудшились, остались на месте либо улучшились.

Таблица 3. Определение коэффициента корреляции после расчёта выборочных статистик**Table 3.** Determining the correlation coefficient after calculating sample statistics

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,00	0,39	-0,53	-0,89	-0,82	-0,14	-0,55	-0,19	-0,10	-0,86	-0,27
2	0,39	1,00	0,51	-0,20	0,33	0,44	-0,50	-0,09	0,17	0,05	0,30
3	-0,53	0,51	1,00	0,77	0,87	0,84	-0,29	0,03	0,08	0,85	0,19
4	-0,89	-0,20	0,77	1,00	0,94	0,45	0,77	0,89	0,32	0,95	0,51
5	-0,82	0,33	0,87	0,94	1,00	0,64	-0,07	0,36	0,33	0,87	0,18
6	-0,14	0,44	0,84	0,45	0,64	1,00	-0,55	0,00	-0,23	0,76	0,36
7	-0,55	-0,50	-0,29	0,77	-0,07	-0,55	1,00	0,08	0,21	0,80	-0,02
8	-0,19	-0,09	0,03	0,89	0,36	0,00	0,08	1,00	0,81	-0,07	-0,42
9	-0,10	0,17	0,08	0,32	0,33	-0,23	0,21	0,81	1,00	-0,29	-0,56
10	-0,86	0,05	0,85	0,95	0,87	0,76	0,80	-0,07	-0,29	1,00	0,76
11	-0,27	0,30	0,19	0,51	0,18	0,36	-0,02	-0,42	-0,56	0,76	1,00

Веса:

1. Количество проведенных операций: 6
2. Оборачиваемость койки: 6
3. Средняя длительность пребывания пациента на койке: 6
4. Повторная госпитализация по одному заболеванию в течение 30 дней после выписки, %: 6
5. Хирургическая активность, %: 6
6. Послеоперационная летальность, %: 9
7. Целевой Показатель инфекций дыхательной системы на 1000 дней вентилизации: 8
8. Целевой Показатель инфекций мочевой системы на 1000 дней МК: 8
9. Целевой Показатель инфекций операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложненным течением: 9
10. Целевой показатель Инфекции: 8
11. Количество ревизий (на 100 операций): 9

Значения показателей:

1. Количество проведенных операций: 9539
2. Оборачиваемость койки: 30,6
3. Средняя длительность пребывания пациента на койке: 9
4. Повторная госпитализация по одному заболеванию в течение 30 дней после выписки, %: 3,3
5. Хирургическая активность, %: 91,8
6. Послеоперационная летальность, %: 0,45
7. Целевой Показатель инфекций дыхательной системы на 1000 дней вентилизации: 20
8. Целевой Показатель инфекций мочевой системы на 1000 дней МК: 20
9. Целевой Показатель инфекций операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложненным течением: 5
10. Целевой показатель Инфекции: 3
11. Количество ревизий (на 100 операций): 2,9

Рассчитать

Рис. 1. Интерфейс веб-приложения. Ранжирование («взвешивание») целевых показателей и внесение результатов оценки ключевых показателей.

Fig. 1. Web application interface. Ranking («weighing») target indicators and entering the results of the assessment of key indicators.

На данном примере видно, что результаты работы клиники в 2021 году по некоторым показателям значительно улучшились (количество проведенных операций, послеоперационная летальность, инфекции дыхательной, мочевой систем, инфекции операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложнённым течением), отмечено ухудшение показателей хирургической активности, инфекций кровотока и количества ревизий (рис. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность работы современной клиники, в том числе нейрохирургической, традиционно оценивается через призму комплекса показателей. По мнению

Zidarov et al. (2014 г.), разработка систем оценки эффективности клиник способствует не только повышению качества медицинской помощи, но и определению направлений к осуществлению организационных изменений в системах здравоохранения во всём мире [2]. Важным является тот факт, что общепринятого подхода к оценке эффективности деятельности лечебно-профилактических учреждений и соответствующего набора универсальных частных индикаторов, позволяющих сравнивать их между собой, нет [3]. Являясь одними из ключевых характеристик организации, эффективность и её оценка представляют собой одно из наиболее подкреплённых публикациями направлений в научных исследованиях и практических разработках [4]. По этой причине, как указывают Дж. Марч

Значения показателей:

1. Количество проведенных операций: 9539
- 2.оборот койки: 30,6
3. Средняя длительность пребывания пациента на койке: 9
4. Повторная госпитализация по одному заболеванию в течение 30 дней после выписки, %: 3,3
5. Хирургическая активность, %: 91,8
6. Послеоперационная летальность, %: 0,45
7. Целевой Показатель инфекций дыхательной системы на 1000 дней вентиляции: 20
8. Целевой Показатель инфекций мочевой системы на 1000 дней МК: 20
9. Целевой Показатель инфекций операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложненным течением: 5
10. Целевой показатель Инфекции: 3
11. Количество ревизий (на 100 операций): 2,9

Результаты:

177.02706123585554

Поставленные цели перевыполнены

Ухудшились

5. Хирургическая активность, %
10. Целевой показатель Инфекции
11. Количество ревизий (на 100 операций)

Остались на месте

- 2.оборот койки
3. Средняя длительность пребывания пациента на койке
4. Повторная госпитализация по одному заболеванию в течение 30 дней после выписки, %

Сильно улучшились

1. Количество проведенных операций
6. Послеоперационная летальность, %
7. Целевой Показатель инфекций дыхательной системы на 1000 дней вентиляции
8. Целевой Показатель инфекций мочевой системы на 1000 дней МК
9. Целевой Показатель инфекций операционной раны (менингиты) на 100 пациентов ОРИТ с осложненным течением

Рис. 2. Интерфейс веб-приложения. Результат, отражающий степень достижения целей.

Fig. 2. Web application interface. The result, reflecting the degree of achievement of the goals.

и Р. Саттон, любая связанная с оценкой эффективности публикация даёт своё рабочее определение. В исследованиях, посвящённых оценке эффективности в сфере здравоохранения, преобладает экономическая трактовка понятия «эффективность», что в таком узком понимании затруднительно применять в управленческих целях [5]. Кроме того, зачастую исследователи не оценивают эффективность лечебной деятельности, а, подменяя результат лечебной деятельности клиники количественными показателями, характеризуют эффективность использования её ресурсов [6, 7].

Для оценки работы хирургической клиники, как правило, применяются такие показатели, как количество выполняемых операций, койкооборот, средний койко-день до и после операции, доля высокотехнологичных операций, хирургическая активность, послеоперационная летальность и др. В большей степени это количественные показатели, которые дают предварительное представление о работе стационара или отделения.

На наш взгляд, большую информативность может обеспечить комплексный анализ не только количественных, но и качественных показателей [8–10]. Следует отметить, что анализ структуры некоторых количественных показателей способен трансформировать их в качественные. Например, информация о выполненных операциях, структуре осложнений и исходах лечения позволяет объективно оценить сложность и качество хирургической деятельности отделения.

Работа по повышению уровня качества оказания медицинской помощи, в частности, направлена на сокращение числа неблагоприятных событий (НС), прежде всего предотвратимых. Для выявления НС хорошо зарекомендовал себя метод регистрации триггеров НС [9, 10], среди которых наиболее информативными для нейрохирургии являются следующие:

- незапланированный перевод пациента в ОПИТ в течение 48 часов после операции;
- тромбоэмболия лёгочной артерии;
- тромбозы глубоких вен нижних конечностей;
- появление/прогрессирование пролежней;
- внутрибольничный инсульт;
- снижение гемоглобина или гематокрита на $\geq 25\%$ по сравнению с исходным уровнем в течение 72 часов;
- незапланированные реанимационные мероприятия в течение 24 часов после операции;
- искусственная вентиляция лёгких в течение более 24 часов после операции;
- незапланированные повторные хирургические вмешательства в одну госпитализацию;
- гемотрансфузия свыше запланированных объёмов в течение 24 часов после операции;
- определение нейтрофильного плеоцитоза ликвора;
- высев патогенов из крови и ликвора.

Важной составляющей оценки работы медицинской

организации является анализ осложнений хирургических вмешательств, что также способствует улучшению качества лечения и повышению безопасности пациентов [9, 10].

Наш опыт работы показал, что объективный анализ работы на основании оценки измерений её результата положительно влияет на принятие клинических и управленческих решений.

Анализ результатов работы больницы на основе изучения большого количества параметров лежит в основе мер, направленных на повышение эффективности. В свою очередь, эффективность является элементом системы управления организацией.

В научной и практической литературе различными авторами были неоднократно предложены описания общих схем оценки эффективности [11, 12].

Эти схемы включают несколько функциональных этапов, суть которых можно свести к трём:

- сбор информации о деятельности организации (клиники);
- обработка информации;
- использование полученных данных для принятия решения (в управленческих целях).

Описанная обобщённая схема оценки эффективности деятельности организации предполагает использование полученной информации в определённых управленческих целях. Следует отметить, что в практику менеджмента концепцию управленческой деятельности, основанную на понятии «управление по целям», ввёл в 1934 году немецкий экономист П. Друкер. В дальнейшем благодаря работам Р. Каплана и Д. Нортон [8] в западной практике широкое распространение получили концепция управления реализацией стратегии и методика измерения эффективности деятельности предприятия Balanced Scorecard BSC, или система сбалансированных показателей, основанная на расчёте ключевых показателей эффективности (англ. Key Performance Indicators, KPI). Ключевые показатели эффективности — показатели функционирования организации, которые устанавливаются для достижения определённых стратегических целей. С помощью KPI можно планировать и контролировать эффективность деятельности на различных уровнях управления.

Нами была выбрана шкала достижения целей, опыт работы с которой у нас уже имелся в ходе исследования исходов лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника [8, 13–15].

ШДЦ была разработана Киресюком и Шерманом в 1968 г. (Миннесота). Порядок её применения хорошо описан в литературе [16].

Основное отличие ШДЦ от других имеющихся индивидуализированных методов оценки эффективности работы медицинской организации заключается в том, что пункты и баллы этой шкалы определяются самими медицинскими работниками. ШДЦ предназначена для множественных индивидуальных целей и, что самое главное, содержит

формулу для вычисления общего стандартного балла. Как и любой инструмент, шкала имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам шкалы достижения целей относятся:

- возможность самостоятельно определить цели;
- возможность как оценивать степень достижения последовательно по каждой из целей, так и получать интегральный результат;
- установление реальных и видимых планов;
- понимание целей специалистами;
- расширение участия коллектива в стратегическом планировании.

К недостаткам шкалы можно отнести то, что при постановке может возникнуть желание занижить или, наоборот, завысить целевые значения, чтобы процесс достижения был проще.

ШДЦ предназначена для множественных индивидуальных целей и, что самое главное, содержит формулу для вычисления общего стандартного балла. Она позволяет проводить индивидуальные инструментальные сравнения, заполняется в виде формы, на которой по горизонтальной оси отмечаются индивидуальные цели [8, 13]. Процесс заполнения контрольной таблицы ШДЦ состоит из шести этапов.

- 1-й этап — выбор категории целей. Помимо того, что этот этап представляет собой отправную точку в процессе заполнения ШДЦ, на наш взгляд, он является ключевым, так как объективность дальнейших подсчётов будет находиться в прямой зависимости от поставленных целей лечения. При возникновении новых целей их можно добавить.
- 2-й этап — ранжирование («взвешивание») целей. Сразу нужно подчеркнуть, что этот этап необязательный. Суть его заключается в возможности присвоения категориям целей субъективного веса, который отражает их важность.
- 3-й этап — выбор временного интервала для последующего контроля. На данном этапе необходимо определить интервал времени, на котором оценивается достижение целей. Он может быть разным, но, как правило, для всех целей он одинаков.
- 4-й этап — формулировка ожидаемых результатов. Наиболее вероятный результат обозначается как «0» и располагается в центре контрольной таблицы. Степень достижения должна быть наглядной, описательной и объективной.
- 5-й этап — заполнение других уровней шкалы. Оставшиеся уровни целей заполняются в графах соответствующих целей. Там указываются возможные результаты: «гораздо хуже, чем ожидалось» (–2), «несколько хуже, чем ожидалось» (–1), «несколько лучше, чем ожидалось» (+1) и «гораздо лучше, чем ожидалось» (+2). Как и самый вероятный результат, критерии достижения данных целей должны

быть объективными и наглядными. Цели разных уровней не должны пересекаться и должны легко оцениваться в баллах. Если сложно представить результат лучше, чем на уровне «0», то уровни «+1» и «+2» могут быть шкалированы как достижение того же уровня, но с меньшим временем или меньшими затратами. Описание уровней можно почерпнуть из стандартных шкал.

- 6-й этап — контроль. На этом этапе производится оценка по степени достижения целей. Достигнутый статус обычно отмечается звёздочкой, а начальный оценочный уровень — галочкой.

К недостаткам ШДЦ можно также отнести исходное предположение о корреляции целей на уровне 0,3. С одной стороны, это ограничение, которого трудно добиться в реальной ситуации, для целей, выбираемых из каких-то прикладных соображений, — некоторые из них могут быть очень высоко коррелированы, а другие, наоборот, независимы. Вместе с тем это требование представляется излишним при наличии дополнительных данных. Предположим, что показатели клиники наблюдались на протяжении какого-то длительного времени (в нашем случае — 8 лет). Это позволяет получить выборочные оценки всех необходимых статистик, в том числе попарных корреляций целей, с достаточной точностью (табл. 3). В таком случае предлагается использовать полученные выборочные статистики в исходной формуле [1] без искусственного введения взвешенной средней корреляции r (формула (1)).

Оценка работы современной клиники проводится на основе множества показателей, как качественных, так и количественных. При таком многофакторном анализе определение степени достижения целей, заполнение и интерпретация полученных данных в табл. 2 являются достаточно затруднительными. Использование предложенного нами приложения упрощает данную задачу. Для определения того, каких целей удалось достичь, а по каким показателям желаемого результата добиться не удалось, достаточно лишь внести результаты деятельности клиники в соответствующие заранее определённые разделы. После введения данных программа сама выдаёт наглядную информацию о степени достижения/недостижения поставленных целей. Применение данного веб-приложения интересно также тем, что вносить данные могут любые медицинские организации, которые оценивают свою работу через призму индикаторов качества, что, в свою очередь, позволит проводить сравнение (бенчмаркинг) среди клиник.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Систематический анализ качественных и количественных показателей современной клиники позволяет оценить эффективность её работы с использованием шкалы достижения целей. Интеграция данной шкалы

в веб-приложение помогает легко и быстро получать информацию о степени достижения поставленных целей в режиме реального времени и делает возможным проведение внешнего бенчмаркинга.

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. Не указан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kiresuk T.J., Sherman R.E. Goal attainment scaling: A general method for evaluating comprehensive community mental health programs // *Community Ment Health J.* 1968. Vol. 4, № 6. P. 443–453. doi: 10.1007/BF01530764
2. Zidarov D., Poissant L., Sicotte C. Healthcare executives' readiness for a performance measurement system: A rehabilitation hospital case study // *Journal of Hospital Administration.* 2014. Vol. 3, № 4. P. 157–172. doi: 10.5430/jha.v3n4p157
3. Ahluwalia S.C., Damberg C.L., Silverman M., Motala A., Shekelle P.G. What Defines a High-Performing Health Care Delivery System: A Systematic Review // *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety.* 2017. Vol. 43, Issue 9. P. 450–459. doi: 10.1016/j.jcjq.2017.03.010
4. Тараскина Ю.В. Показатели бизнес-процессов как основа оценки эффективности деятельности организации // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика.* 2015. № 4. С. 15–22.
5. Туренко Т.А. Методические подходы к оценке результативности и эффективности здравоохранения на основе данных официальной статистики // *Известия Иркутской государственной экономической академии.* 2013. № 4. С. 120–125.
6. Cantor V.J., Poh K.L. Integrated Analysis of Healthcare Efficiency: A Systematic Review // *J Med Syst.* 2018. Vol. 42, № 1. P. 1–23. doi: 10.1007/s10916-017-0848-7
7. Hadji B., Meyer R., Melikeche S., Escalon S., Degoulet P. Assessing the relationships between hospital resources and activities: a systematic review // *Journal of Medical Systems.* 2014. Vol. 38, Issue 10. P. 127. doi: 10.1007/s10916-014-0127-9
8. Назаренко А.Г. Выбор оптимальной хирургической тактики при дегенеративных заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника с использованием информационно-аналитической системы и компьютерного моделирования: дис. ...

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с 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. Not specified.

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

д-ра мед. наук. Москва, 2012. Режим доступа: https://new-dissert.ru/_avtoreferats/01005093867.pdf?ysclid=lkw177r8dt931864027

9. Назаренко А.Г., Иванов И.В., Щесюль А.Г., Шиманский В.Н., Савин И.А., Гаджиева О.А., Ершова О.Н., Матуева Н.М., Коновалов Н.А., Шульц М.А., Данилов Г.В., Соснин А.Д., Баранич А.И., Шарипов О.И. Мониторинг триггеров неблагоприятных событий как инструмент управления качеством медицинской помощи в нейрохирургической клинике. Приглашение к дискуссии // *Вопросы нейрохирургии.* 2019. Т. 83, № 6. С. 35–43. doi: 10.17116/neiro20198306135/

10. Назаренко А.Г., Усачёв Д.Ю., Коновалов Н.А., Тяняшин С.В., Шарипов О.И., Шульц М.А., Калинин П.Л. Анализ ключевых показателей качества работы нейрохирургической клиники // *Менеджмент качества в медицине.* 2021. № 1. С. 97–103.

11. Lichiello P., Turnock B.J. Guidebook for Performance Measurement. 1999. Режим доступа: <https://www.phf.org/resourcestools/Documents/pmcguidebook.pdf>

12. Wolk A., Dholakia A., Kreitz K. Building a Performance Measurement System. Cambridge: Root Cause, 2009.

13. Назаренко Г.И. Целеполагание в клинической практике // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2008. Т. 15, № 4. С. 3–10.

14. Петленко В.П., Барановский А.Ю. Методологические основы прогнозирования в медицине // *Клиническая медицина.* 1992. Т. 70, № 1. С. 3–8.

15. Рязанов В.В. Логические закономерности в задачах распознавания (параметрический подход) // *Журн. вычислит. математики и математ. физики.* 2007. Т. 47, № 10. С. 173–1808. doi: 10.1134/S0965542507100120

16. March J.G., Sutton R.I. Organizational performance as a dependent variable // *Organization Science.* 1997. Vol. 8, Issue 6. P. 697–706. doi: 10.1287/orsc.8.6.698

REFERENCES

1. Kiresuk T.J., Sherman R.E. Goal attainment scaling: A general method for evaluating comprehensive community mental health programs. *Community Ment Health J.* 1968;4(6):443–453. doi: 10.1007/BF01530764
2. Zidarov D, Poissant L, Sicotte C. Healthcare executives' readiness for a performance measurement system: A rehabilitation hospital

case study. *Journal of Hospital Administration.* 2014;3(4):157–172. doi: 10.5430/jha.v3n4p157

4. Taraskina YuV. Indicators of business processes as a basis for evaluating the effectiveness of an organization. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2015;(4):15–22. (In Russ).
5. Turenko TA. Methodological approaches to assessing the effectiveness and efficiency of healthcare based on official statistics. *Izvestiya Irkutsk State Academy of Economics*. 2013;(4):120–125. (In Russ).
6. Cantor VJ, Poh KL. Integrated Analysis of Healthcare Efficiency: A Systematic Review. *J Med Syst*. 2018;42(1):1–23. doi: 10.1007/s10916-017-0848-7
7. Hadji B, Meyer R, Melikeche S, Escalon S, Degoulet P. Assessing the relationships between hospital resources and activities: a systematic review. *Journal of Medical Systems*. 2014;38(10):127. doi: 10.1007/s10916-014-0127-9
8. Nazarenko AG. *The choice of optimal surgical tactics for degenerative diseases of the lumbosacral spine using an information and analytical system and computer modeling* [dissertation]. Moscow; 2012. Available from: https://new-dissert.ru/_avtoreferats/01005093867.pdf?ysclid=lkwl77r8dt931864027 (In Russ).
9. Nazarenko AG, Ivanov IV, Shchesnyul AG, Shimansky VN, Savin IA, Gadzhieva OA, Ershova ON, Matueva NM, Konovalov NA, Shultz MA, Danilov GV, Sosnin AD, Baranich AI, Sharipov OI. Monitoring of triggers of adverse events as a tool for quality management of medical care in a neurosurgical clinic. *Invitation to a discussion. Questions of neurosurgery*. 2019;83(6):35–43. (In Russ). doi: 10.17116/neiro20198306135/
10. Nazarenko AG, Usachev DYU, Konovalov NA, Tanyashin SV, Sharipov OI, Shultz MA, Kalinin PL. Analysis of key indicators of the quality of the neurosurgical clinic. *Quality management in medicine*. 2021;(1):97–103. (In Russ).
11. Lichiello P, Turnock BJ. *Guidebook for Performance Measurement*. 1999. Available from: <https://www.phf.org/resourcestools/Documents/pmcguidebook.pdf>
12. Wolk A, Dholakia A, Kreitz K. *Building a Performance Measurement System*. Cambridge: Root Cause; 2009.
13. Nazarenko GI. Goal-setting in clinical practice. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2008;15(4):3–10. (In Russ).
14. Petlenko VP, Baranovsky AYU. Methodological foundations of forecasting in medicine. *Clinical medicine*. 1992;70(1):3–8. (In Russ).
15. Ryazanov VV. Logical patterns in recognition problems (parametric approach). *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2007;47(10):173–1808. (In Russ). doi: 10.1134/S0965542507100120
16. March JG, Sutton RI. Organizational performance as a dependent variable. *Organization Science*. 1997;8(6):697–706. doi: 10.1287/orsc.8.6.698

ОБ АВТОРАХ

Усачёв Дмитрий Юрьевич, д.м.н., профессор, академик РАН, врач-нейрохирург,
ORCID: 0000-0002-9811-9442;
eLibrary SPIN: 6618-0420;
e-mail: DOusachev@nsi.ru

Назаренко Антон Герасимович, д.м.н., профессор РАН, врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0003-1314-2887;
eLibrary SPIN: 1402-5186;
e-mail: nazarenkoag@cito-priorov.ru

Коновалов Николай Александрович, д.м.н., член-корреспондент РАН, врач-нейрохирург;
ORCID: 0000-0003-0824-1848;
eLibrary SPIN: 9436-3719;
e-mail: NAKonovalov@nsi.ru

Докукин Александр Александрович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник;
e-mail: dalex@ccas.ru

* **Шарипов Олег Ильдарович**, к.м.н., врач-нейрохирург;
адрес: Россия, 125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16;
ORCID: 0000-0003-3777-5662;
eLibrary SPIN: 3279-0844;
e-mail: osharipov@nsi.ru

Калинин Павел Львович, д.м.н.;
ORCID: 0000-0001-9333-9473;
eLibrary SPIN: 1775-7421;
e-mail: PKalinin@nsi.ru

AUTHORS' INFO

Dmitriy Yu. Usachev, MD, Dr. Sci. (Med.), Academician of RAS, neurosurgeon,
ORCID: 0000-0002-9811-9442;
eLibrary SPIN: 6618-0420;
e-mail: DOusachev@nsi.ru

Anton G. Nazarenko, MD, Dr. Sci. (Med.), professor of RAS, traumatologist-orthopedist;
ORCID: 0000-0003-1314-2887;
eLibrary SPIN: 1402-5186;
e-mail: nazarenkoag@cito-priorov.ru

Nikolay A. Konovalov, MD, Dr. Sci. (Med.), corresponding member of RAS, neurosurgeon;
ORCID: 0000-0003-0824-1848;
eLibrary SPIN: 9436-3719;
e-mail: NAKonovalov@nsi.ru

Alexander A. Dokukin, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher;
e-mail: dalex@ccas.ru

* **Oleg I. Sharipov**, MD, Cand. Sci. (Med.), neurosurgeon;
address: 16 Tverskaya-Yamskaya Str., 125047, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0003-3777-5662;
eLibrary SPIN: 3279-0844;
e-mail: osharipov@nsi.ru

Pavel L. Kalinin, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0001-9333-9473;
eLibrary SPIN: 1775-7421;
e-mail: PKalinin@nsi.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Шульц Мария Андреевна, к.м.н.,
врач-нейрохирург;
ORCID: 0000-0002-1727-5102;
eLibrary SPIN: 4250-6871;
e-mail: MShults@nsi.ru

Сычёв Александр Анатольевич, д.м.н.;
ORCID: 0000-0002-0038-1005;
eLibrary SPIN: 1171-7690;
e-mail: ASichev@nsi.ru

Баранич Анастасия Ивановна, к.м.н.;
ORCID: 0000-0002-1167-0742;
e-mail: abaranich@nsi.ru

Maria A. Shults, MD, Cand. Sci. (Med.),
neurosurgeon;
ORCID: 0000-0002-1727-5102;
eLibrary SPIN: 4250-6871;
e-mail: MShults@nsi.ru

Alexander A. Sychev, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-0038-1005;
eLibrary SPIN: 1171-7690;
e-mail: ASichev@nsi.ru

Anastasia I. Baranich, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-1167-0742;
e-mail: abaranich@nsi.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462800>

Изменение нейромышечных, скелетных и связанных с движением функций у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации

С.В. Андреев¹, М.Б. Цыкунов^{1,2}¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Чтобы понять эпидемиологию боли и то, что предрасполагает к наличию боли во взрослой жизни, важно изучить её состояние у детей, определить факторы, ответственные за возникновение начальных эпизодов. Методологическая неоднородность исследований на современном этапе не позволяет провести сравнение полученных результатов. Важным показателем является составляющая здоровья «Функции организма», раздел «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции», которая оценивается в соответствии с Международной классификацией функционирования МКФ.

Цель. Определить значимость составляющих домена «Функции организма», изучить и систематизировать их изменение в разделе «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции» у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации.

Материалы и методы. Под нашим наблюдением находились 309 детей с болями в спине: 150 мальчиков (48,5%) и 159 девочек (51,5%). Средний возраст пациентов составил $11,9 \pm 5,1$ года, минимальный — 4 года, максимальный — до 20 лет у девочек, до 21 года у мальчиков в соответствии с возрастной периодизацией, принятой в нашей стране.

Результаты. При обследовании функции мышц (b7303, b7305 (a), b7305 (b), b7306 (a), b7306 (b), b7401 (a), b7401 (b), b7401 (c), b7401 (d), b7401 (e), b7401 (h), b7402) были выявлены значимые нарушения во всех группах. В процессе медицинской реабилитации в основных группах непрерывно наблюдали стойкую положительную динамику изменений этих показателей, которая через год достигла определителя МКФ «отсутствие нарушений».

Заключение. Показатели составляющей здоровья «Функции организма» в разделе «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции» у детей с дорсалгиями являются важным клиническим инструментом для выбора программ реабилитации и оценки их эффективности.

Ключевые слова: функции организма; нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции; Международная классификация функционирования; дорсалгии у детей.

Как цитировать:

Андреев С.В., Цыкунов М.Б. Изменение нейромышечных, скелетных и связанных с движением функций у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 187–198. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462800>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462800>

Changes in neuromuscular, skeletal and movement-related functions in children with dorsalgia during medical rehabilitation

Sergei V. Andreev¹, Mikhail B. Tsykunov^{1,2}

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

² Pirogov Russian national research medical University, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Understanding the epidemiology of pain and what predisposes the pain in adulthood, it is important to study it in children, to determine the factors responsible for the initial episodes occurrence of initial episodes. At the present time, heterogeneity in the research methodology makes it impossible to compare the findings. A significant indicator is the health component of Body functions, Neuromuscular, skeletal and movement-related functions, which is assessed in accordance with the International Classification of Functioning of the ICF.

AIMS: To determine the significance of the Body functions components, to study and systematise their change in Neuromuscular, skeletal and movement-related functions in children with dorsalgia during medical rehabilitation.

MATERIALS AND METHODS: We observed 309 children with back pain: 150 boys (48.5%) and 159 girls (51.5%). Patients' mean age was 11.9 ± 5.1 years, the minimum age — 4 years, the maximum age — up to 20 years in girls, 21 years in boys, in accordance with the age periodization accepted in our country.

RESULTS: Muscle function examination (b7303, b7305 (a), b7305 (b), b7306 (a), b7306 (b), b7401 (a), b7401 (b), b7401 (c), b7401 (d), b7401 (e), b7401 (h), b7402) revealed significant impairments in all groups. During the medical rehabilitation process in the main groups, a steady positive change in these indicators was continuously observed, which in a year reached the ICF determinant — absence of violations.

CONCLUSIONS: The health components of Body function scores in Neuromuscular, skeletal and movement related functions in children with dorsalgia are an important clinical tool for selecting rehabilitation programs and evaluating their effectiveness.

Keywords: body functions; neuromuscular, skeletal and movement related functions; International classification of functioning; children with dorsalgia.

To cite this article:

Andreev SV, Tsykunov MB. Changes in neuromuscular, skeletal and movement-related functions in children with dorsalgia during medical rehabilitation. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):187–198. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462800>

ОБОСНОВАНИЕ

Вопросы диагностики болей в спине у детей при статических деформациях позвоночника, обоснование эффективности программ реабилитации продолжают привлекать внимание специалистов — ортопедов и реабилитологов [1–5]. Заболеваемость деформирующими дорсопатиями у детей в 2020 г. составила 1511,3 на 100 000 детского населения [6]. Для обеспечения сопоставимости результатов лечения Всемирная организация здравоохранения рекомендует использовать стандартизированный язык, позволяющий описывать проблемы, связанные со здоровьем [2, 7, 8]. При диагностике дорсалгий большинство авторов предлагают учитывать физические, психосоциальные и культурные аспекты жизни ребёнка [1, 3]. Все они могут быть представлены на основе Международной классификации функционирования (МКФ) [9, 10]. МКФ позволяет выявить и охарактеризовать эти изменения, сделать полученную информацию сопоставимой [11, 12]. Однако развитие и формирование детского организма накладывают свой отпечаток на показатели отдельных критериев и тестов и затрудняют их оценку в процессе лечения. В связи с этим предпринята попытка провести адекватную оценку изменений нейромышечных, скелетных и связанных с движением функций у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации.

Цель исследования — определить значимость составляющих домена «Функции организма», изучить и систематизировать их изменения в разделе «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции»

у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Под нашим наблюдением находились 309 детей с болями в спине: 150 мальчиков (48,5%) и 159 девочек (51,5%). Средний возраст пациентов составил $11,9 \pm 5,1$ года, минимальный — 4 года, максимальный — до 20 лет у девочек, до 21 года у мальчиков. Распределение по характеру патологии представлено в табл. 1.

Критерии соответствия

Все пациенты были обследованы с применением клинических, инструментальных, физиологических (электромиография, тонусометрия, динамометрия) и лучевых (рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография) методов исследования.

Критерии включения детей в исследование были следующими:

- заболевания, входящие по МКБ-10 в класс M00–M99 «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани», в рубрику M40–M54 «Дорсопатии», рубрику M40–M43 «Деформирующие дорсопатии», включающую M40 «Кифоз и лордоз», M41 «Сколиоз», M42 «Остеохондроз позвоночника», M43 «Другие деформирующие дорсопатии» (подрубрики: M43.0 «Спондилолиз», M43.1 «Спондилолистез», M43.2 «Другие сращения позвоночного столба»);

Таблица 1. Распределение детей по характеру патологии

Table 1. Distribution of children by the nature of pathology

Тип деформации позвоночника	Пол				Всего (n=309)	
	Мальчики		Девочки			
	Основная группа, n	Контрольная группа, n	Основная группа, n	Контрольная группа, n	Основная группа, n (%)	Контрольная группа, n (%)
Функциональные нарушения					45 (14,6)	40 (12,9)
Асимметричная осанка	9	13	22	17	31 (10,0)	30 (9,7)
Вялая осанка	4	5	6	3	10 (3,2)	8 (2,6)
Кругло-вогнутая спина	4	1	–	1	4 (1,3)	2 (0,6)
Структурные деформации					114 (36,9)	110 (35,6)
Сколиоз	9	11	21	23	30 (9,7)	34 (11,0)
Спондилолиз	12	10	6	5	18 (5,8)	15 (4,8)
Спондилолистез	4	4	4	2	8 (2,6)	6 (1,9)
Остеохондроз позвоночника	10	11	14	8	24 (7,8)	19 (6,1)
Спондилоартроз	16	13	6	5	22 (7,1)	18 (5,8)
Врождённые аномалии тропизма (Spina bifida, сакрализация, люмбализация и т.п.)	8	6	4	12	12 (3,9)	18 (5,8)
Итого	76	74	83	76	159 (51,5)	150 (48,5)

- отсутствие показаний для оперативного вмешательства на позвоночнике, травм позвоночника, нарушения функции спинного мозга, онкологических заболеваний, наследственных системных заболеваний скелета, соматической патологии в стадии декомпенсации, психических заболеваний;
- возраст девочек младше 20 лет, мальчиков — 21 года [13].

Условия проведения

Все пациенты были обследованы с применением клинических, инструментальных, физиологических (электромиография, тонусометрия, динамометрия) и лучевых (рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография) методов исследования.

Продолжительность исследования

Оценку показателей составляющей здоровья «Функции организма», раздел «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции», проводили в начале лечения, после трёхнедельного курса лечения и через год после первичного осмотра.

Описание медицинского вмешательства

На основании существующих анкет, опросников, используемых при исследовании опорно-двигательного аппарата в связи с дорсалгиями, в МКФ выявили вопросы, характеризующие домен «Функции организма», раздел «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции». Составили перечень показателей возможных нарушений, сформировали задания, определяющие показатели составляющей здоровья «Функции организма», раздел «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции», провели пробные исследования (тесты) для проверки понимания и выполнимости анкетирования детьми разного возраста. В окончательном варианте обследования были отобраны 27 критериев, которые градуировали в соответствии с определителями МКФ для получения равновзвешенных шкал. Использовали следующие градации:

- 0 — нет нарушений (никаких, отсутствуют, ничтожные) — 0–4%;
- 1 — лёгкие нарушения (незначительные, слабые) — 5–24%;
- 2 — умеренные нарушения (средние, значимые) — 25–49%;
- 3 — тяжёлые нарушения (высокие, интенсивные) — 50–95%;
- 4 — абсолютные нарушения (полные) — 96–100%.

Оценку показателей составляющей здоровья «Функции организма», раздел «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции», проводили в начале лечения, после трёхнедельного курса лечения и через год после первичного осмотра. Программа реабилитации включала основные средства лечебной физкультуры:

физические упражнения и рациональный двигательный режим на протяжении суток. Использовали рабочую систематизацию физических упражнений по В.Н. Мошкову [14, 15] и методики лечебного применения физических упражнений при ортопедических заболеваниях по А.Ф. Каптелину [16]. В программе основной группы средства лечебной физкультуры применяли в соответствии с реабилитационным диагнозом, включающим показатели составляющей здоровья «Функции организма», раздел «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции». Исходные положения и методические особенности выполнения физических упражнений, в свою очередь, подбирали в соответствии с изменениями в зависимости от балльной оценки определителя. В программе реабилитации контрольной группы использовали те же средства лечебной физкультуры, но без индивидуального подбора, учитывающего градации отдельных критериев по МКФ.

Программу реабилитационных мероприятий составляли в соответствии с периодами, описанными М.Б. Цыкуновым [17], а именно: 1-й период — купирование болевого синдрома, 2-й период — укрепление мышечно-стабилизаторов позвоночника, 3-й период — повышение выносливости мышц к продолжительным статическим и динамическим нагрузкам, а также формирование рационального стереотипа позы.

В табл. 2 представлены показатели, соответствующие доменам МКФ в разделе составляющей здоровья «Функции организма» «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции», и изменение их в процессе медицинской реабилитации.

«Функции суставов и костей» (b710–b729), «Функции подвижности сустава» (b710), «Подвижность нескольких суставов» (b7101)

1. Наклон туловища вперёд (коленные суставы в положении разгибания), b7101 (a):
 - 0 — ладони или пальцы касаются пола;
 - 1 — пальцы на уровне голеностопного сустава;
 - 2 — пальцы на уровне середины голени;
 - 3 — пальцы на уровне коленного сустава;
 - 4 — невозможен.
2. Подвижность позвоночника при наклоне в сторону определяется как разница расстояний между средним пальцем выпрямленной руки и полом в положении привычной осанки и при максимальном наклоне в сторону этой руки (коленные суставы в положении разгибания), b7101 (b):
 - 0 — на уровне верхней трети голени;
 - 1 — на уровне коленного сустава;
 - 2 — на уровне нижней трети бедра;
 - 3 — на уровне средней трети бедра;
 - 4 — наклон в сторону невозможен.
3. Симметричность боковых наклонов, b7101 (c):
 - 0 — симметричны;

Таблица 2. Изменение показателей исследуемого профиля составляющей здоровья «Функции организма» в разделе «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции» у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации ($n=120$)

Table 2. Changes in the indicators of the studied profile of the health component of the body function in the section Neuromuscular, skeletal and movement-related functions in children with dorsalgia during medical rehabilitation ($n=120$)

МКФ, код	Нарушения МКФ, определитель (балл) ($M\pm m$)									
	Функциональные нарушения					Структурные деформации				
	Основная группа			Контрольная группа		Основная группа			Контрольная группа	
	До лечения	После лечения	Через год	До лечения	После лечения	Через год	До лечения	После лечения	Через год	Через год
Функции организма										
Функции суставов и костей										
b7101 (a)	0,73±0,73	0,73±0,73	0,53±0,56	0,7±0,59	0,7±0,59	0,7±0,59	0,33±0,47	0,33±0,47	0,33±0,47	0,3±0,46
b7101 (b)	0,5±0,56	0,5±0,56	0,47±0,56	0,47±0,56	0,47±0,56	0,43±0,5	0,37±0,48	0,37±0,48	0,3±0,46	0,33±0,47
b7101 (c)	0,3±0,53	0,3±0,53	0,2±0,4	0,27±0,44	0,27±0,44	0,27±0,44	0,27±0,51	0,27±0,51	0,17±0,37	0,27±0,44
b7101 (d)	0,33±0,47	0,33±0,47	0,13±0,34	0,27±0,44	0,27±0,44	0,3±0,46	0,27±0,44	0,27±0,44	0,2±0,4	0,27±0,51
b7101 (e)	0,9±0,3	0,9±0,3	0,83±0,37	0,9±0,3	0,9±0,3	0,83±0,37	0,93±0,25	0,93±0,25	0,87±0,34	0,87±0,34
b7101 (f)	2,5±1,12	2,5±1,12	2,3±1,27	2,4±1,2	2,4±1,2	2,3±1,27	2,8±0,75	2,8±0,75	2,7±0,9	2,7±0,9
b7101 (g)	0,47±0,5	0,37±0,48	0,3±0,46	0,43±0,5	0,4±0,49	0,37±0,48	0,37±0,48	0,37±0,48	0,33±0,47	0,33±0,47
Функции мышц										
b7303	1,23±0,42	1±0,37	0,5±0,5	1,2±0,4	1,13±0,34	1±0,37	1,2±0,4	1,03±0,18	0,63±0,48	1,17±0,37
b7300										1,07±0,44
b7305 (a)	1,37±0,48	1,07±0,25	0,57±0,5	1,43±0,5	1,37±0,48	1,1±0,6	1,47±0,5	1,13±0,34	0,67±0,47	1,3±0,59
b7305 (b)	1,6±0,84	1,1±0,65	0,6±0,55	1,6±0,66	1,4±0,55	1,27±0,57	1,67±0,65	1,4±0,55	0,9±0,4	1,43±0,56
b7306 (a)	2,4±0,55	1,47±0,62	0,7±0,59	2,43±0,56	2±0,58	1,53±0,56	2,57±0,5	1,5±0,5	0,73±0,51	1,67±0,54

Таблица 2. Окончание
Table 2. Ending

МКФ, код	Нарушения МКФ, определитель (балл) ($M\pm m$)											
	Функциональные нарушения						Структурные деформации					
	Основная группа			Контрольная группа			Основная группа			Контрольная группа		
	До лечения	После лечения	Через год	До лечения	После лечения	Через год	До лечения	После лечения	Через год	До лечения	После лечения	Через год
b7306 (b)	1,7±0,46	1,3±0,64	0,67±0,6	1,67±0,47	1,57±0,5	1,5±0,62	1,8±0,4	1,5±0,5	0,7±0,53	1,83±0,37	1,7±0,46	1,63±0,55
b7401 (a)	2,5±0,67	1,7±0,59	0,73±0,57	2,53±0,67	1,83±0,52	1,67±0,54	2,53±0,62	1,7±0,53	0,7±0,53	2,5±0,56	1,87±0,34	1,73±0,51
b7401 (b)	2,5±0,67	1,7±0,59	0,77±0,56	2,43±0,62	1,87±0,5	1,7±0,53	2,5±0,56	1,73±0,51	0,73±0,51	2,57±0,56	1,87±0,34	1,73±0,51
b7401 (c)	2,53±0,67	1,9±0,54	0,9±0,47	2,53±0,62	2±0,37	1,83±0,37	2,6±0,55	1,8±0,48	0,77±0,5	2,6±0,61	1,97±0,31	1,77±0,5
b7401 (d)	2,8±0,6	2,07±0,57	1±0,52	2,7±0,59	2,47±0,5	2,03±0,48	2,77±0,5	2,07±0,36	0,97±0,48	2,77±0,56	2,5±0,56	2,1±0,65
b7401 (e)	2,3±0,59	1,57±0,62	0,57±0,62	2,3±0,59	1,87±0,5	1,7±0,53	2,27±0,63	1,5±0,56	0,53±0,56	2,23±0,56	1,8±0,4	1,67±0,54
b7401 (f)	2,4±0,66	1,6±0,61	0,6±0,61	2,5±0,67	2±0,45	1,83±0,37	2,4±0,55	1,7±0,53	0,7±0,53	2,47±0,5	2±0	1,83±0,45
b7401 (g)	2,47±0,67	1,67±0,6	0,63±0,6	2,43±0,72	2,03±0,48	1,9±0,4	2,47±0,56	1,73±0,51	0,73±0,51	2,5±0,5	2,1±0,4	1,9±0,6
b7401 (h)	2,67±0,65	1,87±0,56	0,83±0,58	2,6±0,61	2,27±0,44	2,1±0,47	2,57±0,56	1,9±0,4	0,83±0,45	2,57±0,5	2,2±0,4	2±0,52
b7402	2,07±0,51	1,53±0,67	0,6±0,61	2±0,63	1,8±0,54	1,7±0,46	2±0,52	1,73±0,57	0,73±0,51	2,17±0,37	1,83±0,58	1,67±0,6
Двигательные функции												
b755 (a)	0,43±0,5	0,27±0,44	0,17±0,37	0,4±0,49	0,33±0,47	0,3±0,46	1,33±0,65	0,8±0,48	0,4±0,49	1,37±0,71	1,2±0,6	1±0,82
b755 (b)												
b770												
b7801 (a)	0,17±0,37	0,1±0,3	0,03±0,18	0,13±0,34	0,1±0,3	0,1±0,3	0,13±0,34	0,07±0,25	0,03±0,18	0,1±0,3	0,1±0,3	0,13±0,34
b7801 (b)	0,77±1,09	0,2±0,4	0,07±0,25	0,73±0,89	0,5±0,67	0,3±0,78	0,47±0,67	0,27±0,44	0,1±0,3	0,4±0,49	0,33±0,47	0,37±0,66

Примечание. МКФ — Международная классификация функционирования.
Note. МКФ — International classification of functioning.

- 1 — слегка асимметричны;
 - 2 — асимметричны;
 - 3 — резко асимметричны;
 - 4 — невозможны.
4. Для выявления ограничения ротации измерялось расстояние от мечевидного отростка грудины до лонного сочленения (положение пациента сидя со свободно свешенными ногами). Результаты, полученные при ротации вправо и влево, сравнивались, b7101 (d):
- 0 — симметрична;
 - 1 — слегка асимметрична;
 - 2 — асимметрична;
 - 3 — резко асимметрична;
 - 4 — отсутствие ротационных движений.
5. Разгибание (разница расстояний от 7-го шейного позвонка до 5-го крестцового (см) при переходе из вертикального положения в положение прогнувшись), b7101 (e):
- 0 — 9–10 см;
 - 1 — больше 10 см;
 - 2 — равно 6–4 см;
 - 3 — меньше 6–4 см;
 - 4 — невозможно.
6. Проба Шобера: измерение подвижности позвоночника по разнице расстояний между Th12–L5 стоя (привычная осанка) и при максимальном сгибании позвоночника (коленные суставы в положении разгибания), b7101 (f):
- 0 — 6–8 см (нет ограничений);
 - 1 — 5–7 см (небольшое ограничение);
 - 2 — 4–5 см (умеренное ограничение);
 - 3 — 2 см (значительное ограничение подвижности) или более 10 см (гипермобильность);
 - 4 — тест выполнить невозможно.
7. Проба Отта: измерение подвижности позвоночника по разнице расстояний между Th1–Th12 в положении стоя (привычная осанка) и максимального сгибания позвоночника (коленные суставы разогнуты), b7101 (g):
- 0 — 4–6 см (нет ограничений);
 - 1 — 3–4 см (небольшое ограничение);
 - 2 — 2–3 см (умеренное ограничение);
 - 3 — 1 см (значительное ограничение подвижности) или более 10 см (гипермобильность);
 - 4 — тест выполнить невозможно.
- «Функции мышц» (b730–b749); «Функции мышечной силы» (b730): «Сила изолированных мышц и мышечных групп» (b7300), «Сила мышц нижней половины тела» (b7303), «Сила мышц туловища» (b7305), «Сила всех мышц тела» (b7306); «Функции мышечной выносливости» (b740): «Выносливость мышечных групп» (b7401), «Выносливость всех мышц тела» (b7402)**
8. Характеристика мышц нижних конечностей (мануально-мышечное тестирование), сила изолированных мышц и мышечных групп, b7303:
- 0 — движение в полном объеме при действии силы тяжести с максимальным внешним противодействием;
 - 1 — движение в полном объеме при действии силы тяжести и при небольшом внешнем противодействии;
 - 2 — движение в полном объеме при действии силы тяжести;
 - 3 — движение в полном объеме в условиях разгрузки;
 - 4 — ощущение напряжения при попытке произвольного движения или отсутствие признаков напряжения при попытке произвольного движения.
9. Оценка выраженности корешковых неврологических расстройств, сила изолированных мышц и мышечных групп, b7300:
- 0 — нет или эпизод корешкового неврологического расстройства в анамнезе;
 - 1 — двигательные нарушения, 4 балла;
 - 2 — двигательные нарушения, 3 балла;
 - 3 — двигательные нарушения, 2 балла;
 - 4 — двигательные нарушения, 0–1 балл.
10. Характеристика силы мышц-разгибателей позвоночника, b7305 (a):
- 0 — движение в полном объеме при действии силы тяжести с максимальным внешним противодействием;
 - 1 — движение в полном объеме при действии силы тяжести и при небольшом внешнем противодействии;
 - 2 — движение в полном объеме при действии силы тяжести;
 - 3 — движение в полном объеме в условиях разгрузки;
 - 4 — ощущение напряжения при попытке произвольного движения, отсутствие признаков напряжения при попытке произвольного движения.
11. Возможность активной самокоррекции деформации, b7305 (b):
- 0 — деформация полностью корригируется;
 - 1 — деформация уменьшается значительно;
 - 2 — деформация уменьшается частично;
 - 3 — деформация уменьшается незначительно;
 - 4 — деформация не корригируется.
12. Визуальная оценка мышечного развития и тонуса мышц, сила всех мышц тела, b7306 (a):
- 0 — отличное мышечное развитие и тонус мышц;
 - 1 — хорошее мышечное развитие и тонус мышц;
 - 2 — ослабленное мышечное развитие и умеренная гипотония мышц;
 - 3 — вялая осанка;
 - 4 — значительное снижение мышечного тонуса.
13. Оценка привычной осанки, сила всех мышц тела, b7306 (b):
- 0 — без дефектов;

- 1 — с небольшими дефектами, поддающимися волевой коррекции;
 - 2 — с умеренными дефектами, частично поддающимися волевой коррекции;
 - 3 — с большими дефектами, не поддающимися волевой коррекции;
 - 4 — вынужденная.
14. Удержание туловища в горизонтальном положении лёжа на животе. Ноги фиксированы. Руки на поясе. Верхняя часть туловища от передней верхней ости тазовой кости находится вне опоры. Выносливость мышечных групп, b7401 (a):
- 0 — больше 1,5 мин для детей 11 лет и младше и больше 2,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 1 — 1–1,5 мин для детей 11 лет и младше и 1,5–2,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 30–60 с для детей 11 лет и младше и 1–1,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 3 — 15–30 с для детей 11 лет и младше и 30–60 с для детей 12 лет и старше;
 - 4 — несколько секунд или невозможно для детей 11 лет и младше и <15 с для детей 12 лет и старше.
15. Удержание туловища в горизонтальном положении лёжа на левом боку. Ноги фиксированы. Руки на поясе. Верхняя часть туловища до гребня подвздошной кости находится вне опоры. Тест проводится для мышц правой стороны туловища. Выносливость мышечных групп, b7401 (b):
- 0 — больше 1,5 мин для детей 11 лет и младше и больше 2,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 1 — 1–1,5 мин для детей 11 лет и младше и 1,5–2,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 30–60 с для детей 11 лет и младше и 1–1,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 3 — 15–30 с для детей 11 лет и младше и 15–60 с для детей 12 лет и старше;
 - 4 — несколько секунд или невозможно для детей 11 лет и младше и <15 с для детей 12 лет и старше.
16. Удержание туловища в горизонтальном положении лёжа на правом боку. Ноги фиксированы. Руки на поясе. Верхняя часть туловища до гребня подвздошной кости находится вне опоры. Тест проводится для мышц левой стороны туловища. Выносливость мышечных групп, b7401 (c):
- 0 — больше 1,5 мин для детей 11 лет и младше и больше 2,5 мин для детей 12–16 лет;
 - 1 — 1–1,5 мин для детей 11 лет и младше и 1,5–2,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 30–60 с для детей 11 лет и младше и 1–1,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 3 — 15–30 с для детей 11 лет и младше и 15–60 с для детей 12 лет и старше;
 - 4 — несколько секунд или невозможно для детей 11 лет и младше и <15 с для детей 12 лет и старше.
17. Для мышц передней стенки живота (способность к статической работе или к длительному силовому напряжению). Подъём на 45° и удержание туловища. Руки на поясе. Ноги согнуты, стопы стоят на опоре и фиксированы. Выносливость мышечных групп, b7401 (d):
- 0 — 45–60 с для детей 11 лет и младше и 1–1,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 1 — 30–45 с для детей 11 лет и младше и 45 с–1,5 мин для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 15–30 с для детей 11 лет и младше и 30–45 с для детей 12 лет и старше;
 - 3 — попытка удержания менее 15 с;
 - 4 — невозможно.
18. Для мышц спины (способность к динамической работе). Из положения лицом вниз, туловище до гребней подвздошных костей — вне опоры, непрерывное разгибание до горизонтального уровня. Ноги фиксированы. Темп медленный. Функции мышечной выносливости, другие уточнённые или неуточнённые, b7401 (e):
- 0 — 20–25 раз для детей 11 лет и младше и 30–40 раз для детей 12 лет и старше;
 - 1 — 15–20 раз для детей 11 лет и младше и 20–30 раз для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 10–15 раз для детей 11 лет и младше и 10–20 раз для детей 12 лет и старше;
 - 3 — 5–10 раз для детей 11 лет и младше и 5–10 раз для детей 12 лет и старше;
 - 4 — невозможно.
19. Для мышц правой половины туловища (способность к динамической работе). Из положения на левом боку, туловище до гребня подвздошной кости — вне опоры, непрерывные переходы до горизонтального уровня. Ноги фиксированы. Темп медленный. Функции мышечной выносливости, другие уточнённые или неуточнённые, b7401 (f):
- 0 — 20–25 раз для детей 11 лет и младше и 30–40 раз для детей 12 лет и старше;
 - 1 — 15–20 раз для детей 11 лет и младше и 20–30 раз для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 10–15 раз для детей 11 лет и младше и 10–20 раз для детей 12 лет и старше;
 - 3 — 5–10 раз для детей 11 лет и младше и 5–10 раз для детей 12 лет и старше;
 - 4 — невозможно.
20. Для мышц левой половины туловища (способность к динамической работе). Из положения на правом боку, туловище до гребня подвздошной кости — вне опоры, непрерывные переходы до горизонтального уровня. Ноги фиксированы. Темп медленный. Функции мышечной выносливости, другие уточнённые или неуточнённые, b7401 (g):
- 0 — 20–25 раз для детей 11 лет и младше и 30–40 раз для детей 12 лет и старше;

- 1 — 15–20 раз для детей 11 лет и младше и 20–30 раз для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 10–15 раз для детей 11 лет и младше и 10–20 раз для детей 12 лет и старше;
 - 3 — 5–10 раз для детей 11 лет и младше и 5–10 раз для детей 12 лет и старше;
 - 4 — невозможно.
21. Для мышц передней стенки живота (способность к динамической работе). Непрерывное повторение перехода из положения лёжа на спине в положение сидя и обратно. Стопы фиксированы. Темп медленный. Функции мышечной выносливости, другие уточнённые или не уточнённые, b7401 (h):
- 0 — 15–20 раз для детей 11 лет и младше и 20–30 раз для детей 12 лет и старше;
 - 1 — 10–15 раз для детей 11 лет и младше и 15–20 раз для детей 12 лет и старше;
 - 2 — 5–10 раз для детей 11 лет и младше и 15–20 раз для детей 12 лет и старше;
 - 3 — 5–10 раз для детей 11 лет и младше и 10–15 раз для детей 12 лет и старше;
 - 4 — невозможно.
22. Удержание корригированной осанки с поднятыми до горизонтали руками. Выносливость всех мышц тела, b7402:
- 0 — больше 1 мин;
 - 1 — 45–60 с;
 - 2 — 30–45 с;
 - 3 — 15–30 с;
 - 4 — невозможно или менее 15 с.

«Двигательные функции» (b750–b789): «Функции произвольной двигательной реакции» (b755), «Функции стереотипа походки» (b770), «Ощущения, связанные с мышцами и двигательными функциями» (b780) («Ощущение мышечной скованности» (b7800), «Ощущение мышечного спазма» (b7801))

23. Оценка отклонения фронтальной оси тела от средней линии. Функции произвольной двигательной реакции, b755 (a):
- 0 — по средней линии;
 - 1 — отклонение отвеса до 1 см от средней линии;
 - 2 — отклонение отвеса на 1–2 см от средней линии;
 - 3 — отклонение отвеса на 2–3 см от средней линии;
 - 4 — отклонение отвеса более 3 см от средней линии.
24. Оценка наличия анталгической позы. Функции произвольной двигательной реакции, b755 (b):
- 0 — отсутствие анталгической позы и асимметрии;
 - 1 — наличие безболезненной асимметрии;
 - 2 — наличие слегка болезненной асимметрии;
 - 3 — наличие умеренно болезненной асимметрии;
 - 4 — наличие анталгической позы.

25. Хромота. Функции стереотипа походки, b770:

- 0 — отсутствует;
- 1 — слабая;
- 2 — умеренная;
- 3 — выраженная;
- 4 — самостоятельная ходьба невозможна.

26. Наличие чувства онемения, «одеревенения», скованности, судорог в ногах/ноге. Ощущение мышечной скованности, b7800, мышечного спазма, b7801 (a):

- 0 — нет;
- 1 — иногда;
- 2 — часто;
- 3 — почти всегда;
- 4 — постоянно.

27. Оценка наличия болезненных спазмированных участков мышц. Ощущение мышечного спазма, b7801 (b):

- 0 — отсутствуют;
- 1 — единичные безболезненные уплотнения;
- 2 — множественные безболезненные уплотнения;
- 3 — единичные болезненные уплотнения;
- 4 — множественные болезненные уплотнения.

Этическая экспертиза

Выписка из протокола заседания локального этического комитета РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России № 204 от 1 февраля 2021 г. Заключение: принять к сведению документы планируемого диссертационного исследования.

Статистический анализ

Принципы расчёта размера выборки: размер выборки предварительно не рассчитывался.

Методы статистического анализа данных: все показатели распределены по закону, отличному от нормального, что характерно для политомических показателей. Проверка нормальности распределения проводилась по критерию Колмогорова–Смирнова на уровне значимости $p \leq 0,05$. Для этих целей использовался статистический пакет Statgraphics.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Результаты исследования представлены в табл. 2 «Изменение показателей исследуемого профиля составляющей здоровья «Функции организма» в разделе «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции» у детей с дорсалгиями в процессе медицинской реабилитации».

Основные результаты исследования

При обследовании функции костей и суставов у детей с дорсалгиями (b7101 (a), b7101 (b), b7101 (c), b7101 (d), b7101 (e), b7101 (g)) и двигательных функций (b755 (a), b755 (b), b770, b7800, b7801 (a)) не было выявлено

никаких нарушений (или нарушения были ничтожны), кроме пробы Шобера (b7101 (f)), при выполнении которой обнаружены значимые нарушения подвижности поясничного отдела позвоночника. В процессе медицинской реабилитации значимых изменений этих показателей не выявлено.

Двигательных нарушений вследствие корешковых неврологических расстройств (b7300) в основных и контрольных группах в процессе исследования обнаружено не было.

При обследовании функции мышц (b7303, b7305 (a), b7305 (b), b7306 (a), b7306 (b), b7401 (a), b7401 (b), b7401 (c), b7401 (d), b7401 (e), b7401 (h), b7402) выявили значимые нарушения во всех группах. В процессе медицинской реабилитации в основных группах непрерывно наблюдали стойкую положительную динамику изменений показателей функции мышц, которая через год достигла уровня определителя МКФ «отсутствие нарушений». В контрольной группе улучшение этих же показателей было слабее, и/или через год они вернулись к исходному уровню.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

При составлении индивидуальной программы реабилитации следует учитывать лишь те показатели, которые отклоняются от нормы и динамика которых в процессе реабилитации является значимой.

Обсуждение основного результата исследования

Отсутствие стандартизированных методов исследования и систем оценок является серьёзной проблемой для изучения боли в спине у детей [2–5]. Применение Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья позволяет поставить реабилитационный диагноз, объективно оценить уровень реабилитационного потенциала у детей с патологией позвоночника. Оценка профиля составляющей здоровья «Функции организма» в разделе «Нейромышечные, скелетные и связанные с движением функции» у детей с дорсалгиями на основе МКФ даёт возможность оценивать эффективность программ реабилитации. Так, у детей с дорсалгиями наиболее значимые изменения выявлены в показателях функции мышц: определитель МКФ от $1,2 \pm 0,4$ ($p < 0,001$) — сила мышц нижней половины тела

до $2,8 \pm 0,6$ ($p < 0,001$) — сила мышц передней стенки живота (способность к выполнению длительной статической работы). В основных группах в процессе реабилитации эти показатели достигли определителя 0 баллов, что соответствует отсутствию нарушений, исключение составил показатель b7401 (d) — 1 балл (незначительные нарушения) при функциональных нарушениях ($1,0 \pm 0,52$; $p < 0,001$). Нарушений показателей функций суставов и костей и двигательных функций в исследуемых группах в начале реабилитации практически не выявляли, а их изменения были минимальными в сравнении с исходным уровнем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно заключить, что реабилитационный диагноз у детей с дорсалгиями на основе МКФ обладает высокой степенью информативности и позволяет объективно оценивать динамику показателей на этапах медицинской реабилитации. Индивидуальная программа реабилитации, составленная с учётом домена «Функции организма» МКФ, обладает большей эффективностью.

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 INFORMATION

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

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. Meldgaard E., Lauridsen H.H., Hestbaek L. The Young Disability Questionnaire-Spine: item development, pilot testing and conceptualisation of a questionnaire to measure consequences of spinal pain in children // *BMJ Open*. 2021. Vol. 11, № 5. P. e045580. doi: 10.1136/bmjopen-2020-045580
2. Petersen T., Laslett M., Juhl C. Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews // *BMC Musculoskelet Disord*. 2017. Vol. 18, № 1. P. 188. doi: 10.1186/s12891-017-1549-6
3. Bletzer J., Gantz S., Voigt T., Neubauer E., Schiltewolf M. Chronische untere Rückenschmerzen und psychische Komorbidität:

Eine Übersicht // *Schmerz*. 2017. Vol. 31, № 2. P. 93–101. doi: 10.1007/s00482-016-0143-4

4. Farahbakhsh F., Rostami M., Noormohammadpour P., Mehraki Zade A., Hassanmirzaei B., Faghih Jouibari M., Kordi R., Kennedy D.J. Prevalence of low back pain among athletes: A systematic review // *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2018. Vol. 31, № 5. P. 901–916. doi: 10.3233/BMR-170941

5. Azevedo V.D., Silva R.M.F., Borges S.C.C., Fernandes M.D.S.V., Miñana-Signes V., Monfort-Pañego M., Noll P.R.E.S., Noll M. Evaluation Instruments for Assessing Back Pain in Athletes: A Systematic Review Protocol // *Healthcare (Basel)*. 2020. Vol. 8, № 4. P. 574. doi: 10.3390/healthcare8040574

6. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, организация травматолого-ортопедической помощи в Российской Федерации в 2020 году: сборник / под ред. С.П. Миронова. Москва: НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, 2020. 514 с.

7. Postma S.A.E., van Boven K., Ten Napel H., Gerritsen D.L., Assendelft W.J.J., Schers H., Olde Hartman T.C. The development of an ICF-based questionnaire for patients with chronic conditions in primary care // *J Clin Epidemiol*. 2018. № 103. P. 92–100. doi: 10.1016/j.jclinepi.2018.07.005

8. Gabel C.P., Melloh M., Burkett B., Michener L.A. The Spine Functional Index: development and clinimetric validation of a new whole-spine functional outcome measure // *Spine J*. 2019. Vol. 19, № 2. P. e19–e27. doi: 10.1016/j.spinee.2013.09.055

9. Peterhans L., Fröhlich S., Stern C., Frey W.O., Farshad M., Sutter R., Spörri J. High Rates of Overuse-Related Structural Abnormalities in the Lumbar Spine of Youth Competitive Alpine Skiers: A Cross-

sectional MRI Study in 108 Athletes // *Orthop J Sports Med*. 2020. Vol. 8, № 5. P. 2325967120922554. doi: 10.1177/2325967120922554

10. Toivo K., Kannus P., Kokko S., Alanko L., Heinonen O.J., Korpelainen R., Savonen K., Selänne H., Vasankari T., Kannas L., Kujala U.M., Villberg J., Parkkari J. Musculoskeletal examination in young athletes and non-athletes: the Finnish Health Promoting Sports Club (FHPSC) study // *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018. Vol. 4, № 1. P. e000376. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000376

11. Бодрова П.А., Тихонов И.В. Реабилитация пациентов с болью внизу спины с использованием Международной классификации функционирования // *Доктор. Ру*. 2014. № 13(101). С. 22–25.

12. Шмонин А.А., Мальцева М.Н., Мельникова Е.В., Иванова Г.Е. Базовые принципы медицинской реабилитации, реабилитационный диагноз в категориях МКФ и реабилитационный план // *Вестник восстановительной медицины*. 2017. № 2(78). С. 16–22.

13. Хрисанфова Е.Н., Перевозчиков И.В. Антропология: учебник. 4-е изд. Москва: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2005. 400 с.

14. Мошков В.Н. Общие основы лечебной физкультуры. 3-е изд. Москва: Медгиз, 1963. 356 с.

15. Лечебная физическая культура / под. ред. В.Е. Васильевой. Москва: Физкультура и спорт, 1970. 367 с.

16. Каптелин А.Ф. Восстановительное лечение (лечебная физкультура, массаж и трудотерапия) при травмах и деформациях опорно-двигательного аппарата. Москва: Медицина, 1969. 400 с.

17. Миронов С.П., Бурмакова Г.М., Цыкунов М.Б. Пояснично-крестцовый болевой синдром у спортсменов и артистов балета. Москва: Типография «Новости», 2006. 292 с.

REFERENCES

1. Meldgaard E., Lauridsen HH, Hestbaek L. The Young Disability Questionnaire-Spine: item development, pilot testing and conceptualisation of a questionnaire to measure consequences of spinal pain in children. *BMJ Open*. 2021;11(5):e045580. doi: 10.1136/bmjopen-2020-045580

2. Petersen T., Laslett M., Juhl C. Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):188. doi: 10.1186/s12891-017-1549-6

3. Bletzer J., Gantz S., Voigt T., Neubauer E., Schiltenswolf M. Chronische untere Rückenschmerzen und psychische Komorbidität: Eine Übersicht [Chronic low back pain and psychological comorbidity: A review]. *Schmerz*. 2017;31(2):93–101. (In German). doi: 10.1007/s00482-016-0143-4

4. Farahbakhsh F., Rostami M., Noormohammadpour P., Mehraki Zade A., Hassanmirzaei B., Faghih Jouibari M., Kordi R., Kennedy D.J. Prevalence of low back pain among athletes: A systematic review. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2018;31(5):901–916. doi: 10.3233/BMR-170941

5. Azevedo VD, Silva RMF, Borges SCC, Fernandes MDSV, Miñana-Signes V, Monfort-Pañego M, Noll PRES, Noll M. Evaluation Instruments for Assessing Back Pain in Athletes: A Systematic Review Protocol. *Healthcare (Basel)*. 2020;8(4):574. doi: 10.3390/healthcare8040574

6. Mironov SP, editor. *Traumatism, orthopedic morbidity, organization of traumatological and orthopedic care in the Russian Federation in 2020: Collection*. Moscow: National Medical Research

Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov; 2020. 514 p. (In Russ).

7. Postma SAE, van Boven K, Ten Napel H, Gerritsen DL, Assendelft WJJ, Schers H, Olde Hartman TC. The development of an ICF-based questionnaire for patients with chronic conditions in primary care. *J Clin Epidemiol*. 2018;103:92–100. doi: 10.1016/j.jclinepi.2018.07.005

8. Gabel CP, Melloh M, Burkett B, Michener LA. The Spine Functional Index: development and clinimetric validation of a new whole-spine functional outcome measure. *Spine J*. 2019;19(2):e19–e27. doi: 10.1016/j.spinee.2013.09.055

9. Peterhans L, Fröhlich S, Stern C, Frey WO, Farshad M, Sutter R, Spörri J. High Rates of Overuse-Related Structural Abnormalities in the Lumbar Spine of Youth Competitive Alpine Skiers: A Cross-sectional MRI Study in 108 Athletes. *Orthop J Sports Med*. 2020;8(5):2325967120922554. doi: 10.1177/2325967120922554

10. Toivo K, Kannus P, Kokko S, Alanko L, Heinonen OJ, Korpelainen R, Savonen K, Selänne H, Vasankari T, Kannas L, Kujala UM, Villberg J, Parkkari J. Musculoskeletal examination in young athletes and non-athletes: the Finnish Health Promoting Sports Club (FHPSC) study. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1):e000376. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000376

11. Bodrova RA, Tikhonov IV. Rehabilitation of patients with lower back pain using the International Classification of functioning. *Doctor.Ru*. 2014;13(101):22–25. (In Russ).

12. Shmonin AA, Maltseva MN, Melnikova EV, Ivanova GE. Basic principles of medical rehabilitation, rehabilitation diagnosis in ICF

categories and rehabilitation plan. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2017;2(78):16–22. (In Russ).

13. Hrisanfova EN, Perevozchikov IV. *Anthropology: a textbook*. 4th ed. Moscow: Moscow University press: Science; 2005. 400 p. (In Russ).

14. Moshkov VN. *General principles of physical therapy*. Moscow: Medgiz; 1963. 356 p. (In Russ).

15. Vasilyeva VE, editor. *Therapeutic physical culture*. Moscow: Physical education and sports; 1970. 367 p. (In Russ).

16. Kaptelin AF. *Restorative treatment (physical therapy, massage and occupational therapy) for injuries and deformations of the musculoskeletal system*. Moscow: Medicine; 1969. 400 p. (In Russ).

17. Mironov SP, Burmakova GM, Tsykunov MB. *Lumbosacral pain syndrome in athletes and ballet dancers*. Moscow: Printing house «Novosti»; 2006. 292 p. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* **Андреев Сергей Владимирович**, врач по лечебной физкультуре, врач-физиотерапевт, врач по физической и реабилитационной медицине;
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;
ORCID: 0009-0007-5254-2310;
eLibrary SPIN: 4397-9807;
e-mail: doc_as@mail.ru

Михаил Борисович Цыкунов, д.м.н., профессор, врач по лечебной физкультуре, врач по физической и реабилитационной медицине;
ORCID: 0000-0002-0994-8602;
eLibrary SPIN: 8298-8338;
e-mail: rehcito@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Sergei V. Andreev**, physiotherapist; physical and rehabilitation medicine;
address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0007-5254-2310;
eLibrary SPIN: 4397-9807;
e-mail: doc_as@mail.ru

Mikhail B. Tsykunov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, physiotherapist; physical and rehabilitation medicine;
ORCID: 0000-0002-0994-8602;
eLibrary SPIN: 8298-8338;
e-mail: rehcito@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321627>

Опыт применения индивидуального резекционного блока «5 в 1» при выполнении тотального эндопротезирования коленного сустава

А.В. Филиппова¹, О.Г. Хурцилава¹, Д.А. Пташников^{1,2}¹ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация;² Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Эндопротезирование коленного сустава — наиболее прогрессивно развивающееся направление в современном ортопедическом мире. С развитием визуализирующих технологий появилось отдельное направление — компьютерная ортопедическая хирургия. Условно в компьютерной ортопедической хирургии можно выделить три группы. Наиболее актуальной на сегодняшний день остаётся 1-я группа — использование индивидуальных резекционных блоков, шаблонов или направителей. Однако применение существующих в настоящее время индивидуальных резекционных блоков, по данным литературы, имеет противоречивые результаты.

Описание клинического случая. В работе представлена разработанная авторская методика нового предоперационного 3D-моделирования эндопротезирования коленного сустава с использованием индивидуальных резекционных блоков. В рамках данного исследования в статье представлен один из клинических примеров, демонстрирующих эффективность использования новой методики.

Заключение. Выбранная нами стратегия «компьютерная+магнитно-резонансная томография», на наш взгляд, является оптимальным решением не только для грамотного предоперационного планирования этапов эндопротезирования коленного сустава, но и для проектирования индивидуальных резекционных блоков. Созданные нами индивидуальные резекционные блоки позволили повысить точность выполнения эндопротезирования коленного сустава.

Ключевые слова: эндопротезирование; коленный сустав; гонартроз; 3D-моделирование; прототипирование; 3D-печать; референтные углы; индивидуальный шаблон; индивидуальный резекционный блок.

Как цитировать:

Филиппова А.В., Хурцилава О.Г., Пташников Д.А. Опыт применения индивидуального резекционного блока «5 в 1» при выполнении тотального эндопротезирования коленного сустава // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 199–208.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321627>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321627>

Experience of use of the individual cutting block «5 in 1» using total knee arthroplasty

Anastasia V. Filippova¹, Otari G. Khurtsilava¹, Dmitrii A. Ptashnikov^{1,2}

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation;

² Russian Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Total knee arthroplasty is the most progressively developing direction in the modern orthopaedic world. With the new visualization technologies, a whole new field of computer-assisted orthopaedic surgery has emerged. Generally, three groups can be distinguished in computer-assisted orthopedic surgery. The 1st group — the use of individual resection blocks, templates or guides — remains the most relevant today. However, the use of currently existing individual resection blocks, according to the literature, has contradictory results.

CLINICAL CASES DESCRIPTION: This work presents the author's developed technique of a new preoperative 3D modeling for total knee arthroplasty using individual resection blocks. The paper presents a clinical case demonstrating the effectiveness of the new technique.

CONCLUSION: The strategy CT+MRI, in our opinion, is the optimal solution not only for competent preoperative planning of total knee arthroplasty, but also for designing individual resection blocks. Our individual resection blocks allowed us to improve the accuracy of total knee arthroplasty.

Keywords: arthroplasty; knee joint; gonarthrosis; 3D modeling; prototyping; 3D printing; reference angles; cutting template; individual cutting block.

To cite this article:

Filippova AV, Khurtsilava OG, Ptashnikov DA. Experience of use of the individual cutting block «5 in 1» using total knee arthroplasty. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):199–208. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321627>

Received: 24.03.2023

Accepted: 29.05.2023

Published: 24.07.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Эндопротезирование коленного сустава — наиболее прогрессивно развивающееся направление в современном ортопедическом мире. С развитием визуализирующих технологий появилось отдельное направление — компьютерная ортопедическая хирургия (англ. computer-assisted orthopaedic surgery, CAOS). CAOS — это инженерное решение, направленное на повышение точности предоперационного планирования и выполнения мануальных техник. По сути, CAOS напоминает навигацию, так как имеет схожий функционал, а именно предоставляет информацию пространственного положения хирургических инструментов или компонентов эндопротеза относительно кости. Основной целью CAOS является повышение точности позиционирования хирургических инструментов и выполнение мануальных навыков [1–12]. Условно CAOS можно разделить на три группы:

- 1-я группа — использование индивидуальных резекционных блоков, шаблонов, направителей по данным компьютерной/магнитно-резонансной томографии (КТ/МРТ);
- 2-я группа — «роботизированная рука», при помощи которой в сочетании с высокоскоростной фрезой выполняется точная остеотомия с учётом предварительного предоперационного виртуального планирования по данным КТ. На сегодняшний день данная технология используется в основном для одномыщелкового эндопротезирования коленного сустава и тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, однако в литературе встречаются результаты клинической апробации тотального эндопротезирования коленного сустава [13, 14]. Несмотря на предварительные обнадеживающие результаты, самой главной проблемой остаётся высокая стоимость данного оборудования;
- 3-я группа — автоматическое роботическое выполнение остеотомии без участия оперирующего хирурга. Полностью автономная система основана на предоперационном 3D-моделировании. Однако данная автономная система, по предварительным данным, зарекомендовала себя с неблагоприятной стороны и больше не используется [15].

Наиболее актуальной и технически оправданной методикой CAOS остаётся 1-я группа — использование индивидуальных резекционных блоков, шаблонов или направителей [1, 16–18].

Однако применение существующих на сегодняшний день индивидуальных резекционных блоков по сравнению с традиционными методиками для эндопротезирования коленного сустава, согласно недавно опубликованным данным, имеет противоречивые результаты. В частности, не отмечалось снижения операционного времени, частоты переливания крови или продолжительности пребывания в стационаре [19–21].

Существующие в настоящее время индивидуальные резекционные блоки для эндопротезирования коленного сустава условно можно разделить на три класса (табл. 1).

Представленные в литературе варианты индивидуальных резекционных блоков сокращают этапы оперативного лечения, однако всё равно отмечается возвращение к стандартным резекционным блокам.

Целью исследования является усовершенствование способа предоперационного планирования и выполнения эндопротезирования коленного сустава с использованием методики индивидуального 3D-моделирования и прототипирования индивидуальных резекционных блоков, основанного на совмещении данных КТ и МРТ.

МЕТОДОЛОГИЯ

Исследование проводилось на компьютерном томографе Toshiba Aquilion 64 и магнитно-резонансном томографе Magnetom Avanto 1.5T Tim I-Class по специально разработанным протоколам. Используя комплекс адаптированного нами 3D-программного обеспечения, выполнялось индивидуальное 3D-моделирование [22] и прототипирование анатомических моделей коленного сустава на 3D-принтере Picaso 250 Pro, а также прототипирование индивидуальных резекционных блоков на 3D-принтере Objet Eden 260.

В работе представлен новый индивидуальный резекционный блок (Патент № 2789960 «Индивидуальный резекционный блок для выполнения опилов бедренной кости при эндопротезировании коленного сустава/ А.В. Филиппова от 28.08.2019»). Также представлен новый направитель лезвия пилы (Патент РФ № 191192

Таблица 1. Индивидуальные резекционные блоки для эндопротезирования коленного сустава: условное разделение на классы

Table 1. Individual resection blocks for knee arthroplasty: approximate categorizing

I класс	II класс	III класс
Индивидуальные резекционные блоки для установки ориентирующих пинов. <i>Примеры:</i> Signature-Vanguard (Biomet), PSI (Zimmer) и др.	Индивидуальные резекционные блоки для установки ориентирующих пинов и выполнения дистального опилов. <i>Примеры:</i> Trumatch (DePuy), PSI Knee (Zimmer), Visionaire (Smith & Nephew), Prophecy (Wright Medical), OTIS Knee (OtiMed Corporation)	Индивидуальные резекционные блоки для установки ориентирующих пинов и выполнения дистального, переднего и заднего опилов. <i>Пример:</i> My Knee (Medacta)

«Направитель лезвия пилы для выполнения остеотомии трубчатых костей/ А.В. Филиппова, А.А. Карбушев от 29.07.2019»).

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Больная Т., 72 года. Диагноз: деформирующий гонартроз левого коленного сустава 3-й степени с многоплоскостной деформацией и нарушением биологической оси конечности. Жалобы на выраженные боли в области левого коленного сустава, усиливающиеся во время ходьбы, ограничение движений в суставе, нарушение качества жизни. Клиническая картина: походка изменена. Контур левого коленного сустава сглажен, биологическая деформация оси конечности. Пальпация болезненна в проекции суставных щелей. Движения из-за боли выражено ограничены, сгибание 74°, разгибание 165°.

При анализе КТ и МРТ выявлены следующие особенности:

- смещение большеберцовой кости кпереди;
- суставная щель значительно сужена, преимущественно в медиальном отделе;
- медиальный и латеральный бугорки межмыщелкового возвышения деформированы, с краевыми костными разрастаниями;
- в периферических отделах суставных поверхностей большеберцовой кости определяются грубые краевые разрастания;
- в структуре дистального метадиафиза бедренной кости выявляется участок неравномерного остеосклероза (обызвествление инфаркта костного мозга) (рис. 1);
- надколенник и передняя поверхность дистального эпифиза бедренной кости с грубыми краевыми разрастаниями;
- сужение суставной щели пателлофemorального сустава.

Расчёт основных референтных углов (MTA, mMPTA, mL DFA, ATA, PPTA, PDFA) производится на трёхмерной модели нижней конечности (табл. 2) [22] с последующим выполнением 3D-моделирования эндопротезирования коленного сустава. На основе полученных виртуальных расчётов проектируются и с помощью прототипирования

создаются индивидуальные резекционные блоки для мыщелков бедренной и большеберцовой костей.

В предоперационном периоде на прототипированной анатомической модели коленного сустава данного больного обязательно проводится отработка мануальных навыков с использованием индивидуальных резекционных блоков с последующим сопоставлением и проверкой полученных расчётов.

Затем индивидуальные резекционные блоки обрабатываются и подготавливаются к использованию во время выполнения хирургического лечения.

Во время выполнения хирургического лечения, после поднадкостничного выделения мыщелков бедренной и большеберцовой костей, устанавливается первый индивидуальный резекционный блок. Внутренняя поверхность индивидуального резекционного блока полностью повторяет костно-хрящевые анатомические особенности больного, что исключает смещение и погрешности при его фиксации к мыщелку бедренной кости. После фиксации пирами индивидуального резекционного блока в первую прорезь устанавливается запатентованный инструмент — направитель лезвия пилы — и выполняется первый дистальный опил (рис. 2).

Затем первый индивидуальный резекционный блок с фиксирующими пирами удаляется, и на мыщелки большеберцовой кости устанавливается второй индивидуальный резекционный блок (рис. 3). В данном случае, чтобы сохранить минимальную конфигурацию индивидуального резекционного блока и исключить расширение границ оперативного доступа, предусмотрены только отверстия для четырёх ориентирующих пинов. Однако при более благоприятных условиях в конфигурацию второго индивидуального резекционного блока возможно добавление прорези для выполнения опилов мыщелков большеберцовой кости.

После установки ориентирующих пинов индивидуальный резекционный блок и два верхних пина удаляются. На оставшиеся пины устанавливается стандартный резекционный блок, и выполняется опил мыщелков большеберцовой кости. Верхние отверстия, проведённые ранее, служат ориентиром положения, ротации и размера большеберцового компонента. Затем проверяется ось, оценивается размер образованной щели между дистальными опилами бедренной и большеберцовой костей, баланс

Таблица 2. Определение основных референтных углов на трёхмерных моделях бедренной и большеберцовой костей

Table 2. Identifying the main reference angles on three-dimensional models of the femur and tibia

Референтные углы	Показатели, °
Механический тибеофemorальный угол MTA	8,8
Механический медиальный проксимальный большеберцовый угол mMPTA	93,3
Механический латеральный дистальный бедренный угол mL DFA	88
Анатомический феморотибиальный угол ATA	10,4
Угол наклона большеберцовой кости в сагиттальной плоскости PPTA	57,7
Угол дистального опилов бедренной кости в сагиттальной плоскости PDFA	92,5

связочного аппарата и размер будущего вкладыша (рис. 4).

После подтверждения отсутствия необходимости изменения уровня опилов на дистальный опил большеберцовой кости через заранее размеченные отверстия устанавливается предыдущий первый индивидуальный резекционный блок. Благодаря уникальной конфигурации индивидуально-го резекционного блока проблем с повторной установкой,

смещением не наблюдалось, более того, данный дизайн позволил комфортно обозреть и контролировать процесс установки. Затем инструмент — направитель лезвия пилы — устанавливается во вторую прорезь и лезвием осцилляторной пилы выполняется передний опил (рис. 5).

Аналогичным образом, переместив инструмент — направитель лезвия пилы — в следующую прорезь, выполняется задний опил (рис. 6).

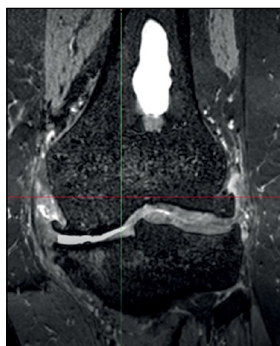


Рис. 1. Данные магнитно-резонансной томографии больной Т.
Fig. 1. Magnetic Resonance Imaging data of patient T.

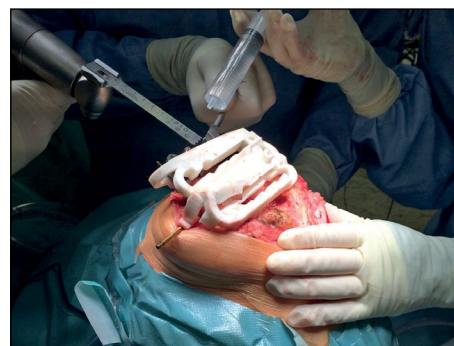


Рис. 2. Выполнение дистального опилов мыщелков бедренной кости.
Fig. 2. Performing a distal cut of the femoral condyles.



Рис. 3. Установка второго индивидуального резекционного блока на мыщелки большеберцовой кости.
Fig. 3. Fixing the second individual resection block on the tibial condyles.

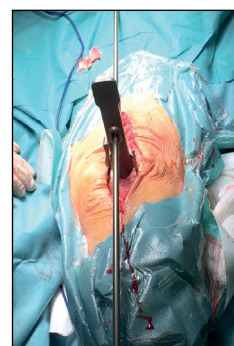


Рис. 4. Проверка оси, оценка баланса связочного аппарата и размера будущего вкладыша.
Fig. 4. Checking the axis, estimating the balance of the ligamentous apparatus and the size of the future liner.

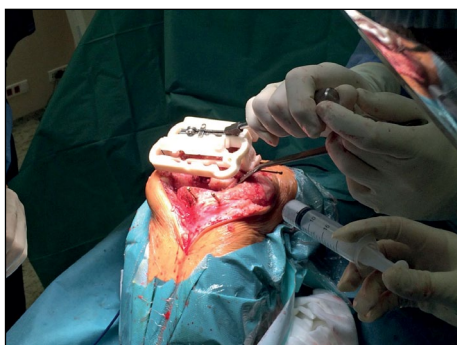


Рис. 5. Установка инструмента — направителя лезвия пилы — в прорезь индивидуального резекционного блока для выполнения переднего опилов мыщелка бедренной кости.
Fig. 5. Inserting the instrument — the guide of the saw blade — into the slot of the individual resection block to perform the anterior cut of the femoral condyle.

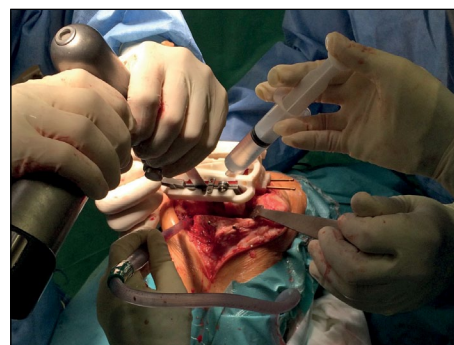


Рис. 6. Выполнение заднего опилов мыщелка бедренной кости.
Fig. 6. Performing a posterior cut of the femoral condyle.

Затем, последовательно перемещая инструмент — направлятель лезвия пилы, выполняют косые опиловы (рис. 7).

После чего индивидуальный резекционный блок с фиксирующими пирами удаляется (рис. 8).

При необходимости проверки выполненных опилов на бедренной кости в отверстия, выполненные ранее через первый индивидуальный резекционный блок, можно установить классический резекционный блок и проверить себя (рис. 9). Дизайн запатентованного индивидуального блока сформирован таким образом, что при наличии сомнений или для проверки выполняемых действий себя можно всегда проверить традиционным способом, через стандартные резекционные блоки или навигационную установку. В любой последовательности, в тот момент, когда индивидуальный резекционный блок установлен или, например, уже удалён. Для этого в индивидуальном резекционном блоке предусмотрены дополнительные ориентирующие отверстия.

Последующие этапы, подготавливающие уже непосредственно к установке компонентов эндопротеза коленного сустава, выполняются штатно, в том числе с последующей оценкой балансировки сгибательного и разгибательного промежутков, проверкой запланированных ранее размеров на примерочных компонентах эндопротеза. Затем выполняется уже финальная установка

компонентов эндопротеза коленного сустава. В данном случае размеры полностью совпали с предоперационным планом (бедренный компонент Zimmer, размер D, плато большеберцовой кости № 3) (рис. 10). Рана послойно ушита, выполнены контрольные рентгеновские снимки в прямой и боковой проекциях (рис. 11, 12).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки полученных результатов в конце оперативного лечения больной выполнено 3D-сканирование опиленных костно-хрящевых фрагментов мыщелков бедренной и большеберцовой кости (рис. 13). Такой способ выбран для получения наиболее быстрого значимого результата оценки качества индивидуальных резекционных блоков и результата оперативного лечения в целом, а также исключения лучевой нагрузки для больного.

Полученная виртуальная модель удалённых костно-хрящевых фрагментов мыщелков коленного сустава сопоставляется с ожидаемым результатом предоперационного планирования методом автоматизированного виртуального сопоставления (рис. 14).

Итоговые данные сравнения ожидаемых и полученных результатов представлены в табл. 3, 4.

Аналогично выполнен сравнительный анализ расчётов ожидаемых результатов опилов мыщелков бедренной,



Рис. 7. Выполнение косых опилов мыщелка бедренной кости.
Fig. 7. Performing oblique cuts of the femoral condyle.

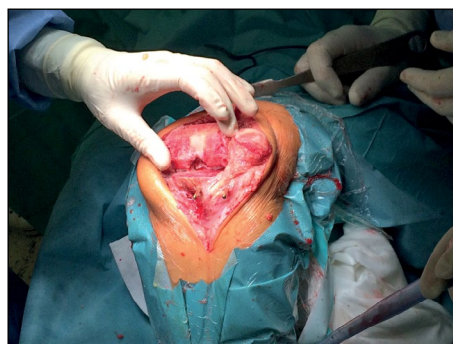


Рис. 8. Коленный сустав после выполнения всех опилов.
Fig. 8. Knee joint after all cuts.

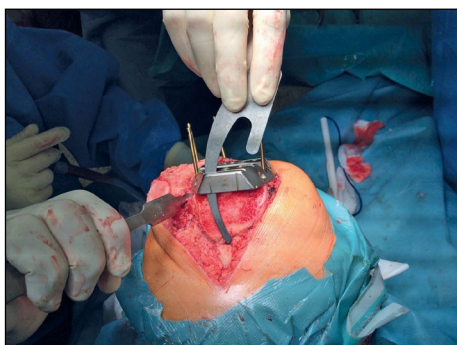


Рис. 9. Проверка качества выполненных опилов мыщелков бедренной кости.
Fig. 9. Checking the quality of the performed femoral condyles.



Рис. 10. Установленные компоненты эндопротеза коленного сустава.
Fig. 10. Installed components of the knee endoprosthesis.

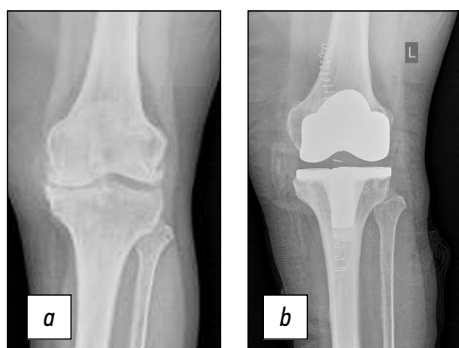


Рис. 11. Рентгенограммы больной Т. в прямой проекции: *a* — до оперативного лечения, *b* — после оперативного лечения.

Fig. 11. Radiographs of patient T. in frontal projection: *a* — before surgical treatment, *b* — after surgical treatment.

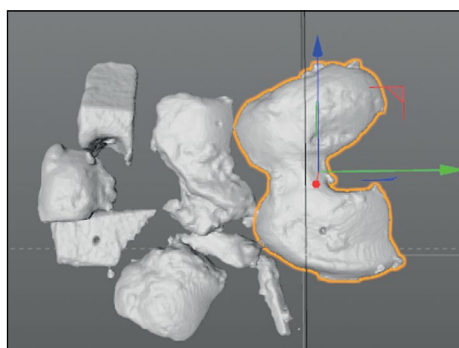


Рис. 13. Виртуальные модели удалённых костно-хрящевых фрагментов мыщелков коленного сустава после оперативного лечения.

Fig. 13. Virtual models of the removed bone and cartilage fragments of the condyles of the knee joint after surgical treatment.

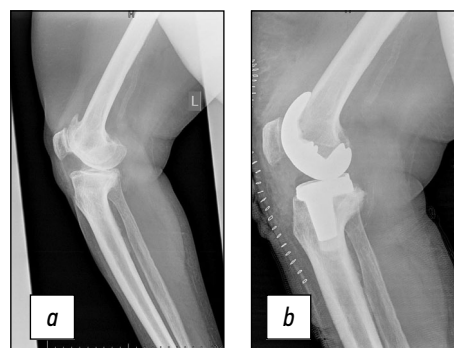


Рис. 12. Рентгенограммы больной Т. в боковой проекции: *a* — до оперативного лечения, *b* — после оперативного лечения.

Fig. 12. Radiographs of patient T. in lateral projection: *a* — before surgical treatment, *b* — after surgical treatment.

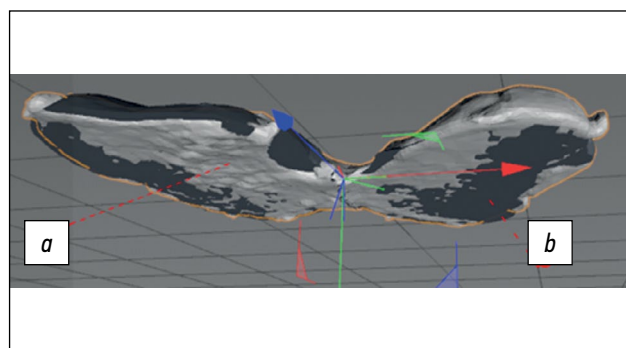


Рис. 14. Сопоставление полученных и ожидаемых результатов на примере дистального опилов бедренной кости: *a* — результат сканирования после оперативного лечения; *b* — ожидаемый результат виртуального предоперационного планирования.

Fig. 14. Comparison of the actual versus expected results using the distal femoral cut: *a* — postoperative CT scan; *b* — the expected result of virtual preoperative planning.

Таблица 3. Сравнение ожидаемых результатов опилов мыщелков бедренной кости и результатов сканирования опилов после оперативного лечения, мм

Table 3. Comparison of the expected results of femoral condyle cuts versus the CT scans of the cuts after surgical treatment, mm

Результат	Дистальный опилов	Передний опилов	Задний опилов		Первый косой опилов		Второй косой опилов	
			Латеральный мыщелок	Медиальный мыщелок	Латеральный мыщелок	Медиальный мыщелок	Латеральный мыщелок	Медиальный мыщелок
Ожидаемый	9,73	12,3	8	16,48	12,1	12,3	7,7	13,3
После оперативного лечения	10	12,7	7,7	16	11,9	12	7,3	12,97

Таблица 4. Сравнение ожидаемых результатов опилов мыщелков большеберцовой кости и результатов сканирования опилов после оперативного лечения, мм

Table 4. Comparison of the expected results of the tibial condyle cuts versus the CT scans of the cuts after surgical treatment, mm

Результат	Опилов мыщелков большеберцовой кости (от латерального мыщелка)
Ожидаемый	10,26
После оперативного лечения	10

большеберцовой костей и результатов сканирования опилов после оперативного лечения (30 коленных суставов). Средняя разница в измерении составила 4 ± 2 мм ($p < 0,05$).

Данный сравнительный виртуальный анализ и саму методику сканирования опилов можно предложить в качестве альтернативы методике КТ после оперативного лечения, так как помимо временного фактора, а также лучевой нагрузки для больного после оперативного лечения на результаты КТ влияют шумы и артефакты от компонентов эндопротеза коленного сустава, что может оказать существенное воздействие на достоверность результатов при сравнительном анализе до и после оперативного лечения и сопоставления данных.

ВЫВОДЫ

Представленные авторские индивидуальные резекционные блоки существенно отличаются от существующих аналогов, а именно:

- нет необходимости в использовании стандартного инструментария для размещения стандартных резекционных блоков;
- нет необходимости в использовании стандартных резекционных блоков для выполнения всех 5 опилов мыщелков бедренной кости;
- нет необходимости во вскрытии костномозгового канала, что было особенно наглядно в данном клиническом примере;
- помимо сокращения этапов хирургического лечения снижается нагрузка на персонал в процедурах сборки и стерилизации второстепенного инструментария, то есть нет необходимости в использовании полного набора;
- ну и, конечно, сокращается время пребывания больного в операционной.

Ещё одной особенностью представленных индивидуальных резекционных блоков является то, что учитываются не только костные, но и хрящевые структуры. То есть в отличие от аналогов нет необходимости в дополнительном доступе и подготовке стыковочной поверхности. Существующие аналоги зачастую коагулятором очищают поверхность мыщелка, что связано с риском повреждения ориентирующей, стыковочной с индивидуальным резекционным блоком поверхности. В конечном итоге это может привести к смещению или недостоверной посадке индивидуального резекционного блока и, как следствие, к погрешностям выполняемых опилов и недостоверной установке компонентов эндопротеза. Поэтому выбранная стратегия КТ+МРТ, на наш взгляд, является оптимальным решением не только для грамотного предоперационного планирования этапов эндопротезирования коленного сустава, но и для проектирования индивидуальных резекционных блоков.

Ещё одним немаловажным фактором представленных индивидуальных резекционных блоков является возможность на любом этапе проверить себя или при сложных многоплоскостных деформациях изменить, например, уровень дистального опилов. То есть всегда существует план Б. В разработанных индивидуальных резекционных блоках есть страховочные дополнительные отверстия, которые при наличии сомнений позволяют проверить себя с помощью навигационной системы или стандартного, привычного инструментария, что в любом случае исключает вероятность ошибки.

Разработанная конфигурация индивидуальных резекционных блоков позволяет работать в условиях узкого операционного поля, тем самым обеспечивая малоинвазивность, что снижает риск травматичности проведения операции.

Наша комбинация «индивидуальный резекционный блок+инструмент — ограничитель лезвия пилы» позволяет сохранить чистоту раны, исключая попадание инородных тел, а также деформацию материала индивидуального резекционного блока во время колебания осцилляторной пилы.

Всё вышесказанное, несомненно, помогает достичь нашей самой главной цели — повышения точности предоперационного планирования и выполнения 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. Не указан.

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

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных. Дата подписания согласия — 07.09.2017.

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. Not specified.

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

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient on 07.09.2017 for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Docquier P.L., Paul L., TranDuy K. Surgical navigation in paediatric orthopaedics // *EFORT Open Rev.* 2017. Vol. 1, № 5. P. 152–159. doi: 10.1302/2058-5241.1.000009
2. Sugano N. Computer-assisted orthopedic surgery // *J Orthop Sci.* 2003. Vol. 8, № 3. P. 442–8. doi: 10.1007/s10776-002-0623-6
3. Kubicek J., Tomanec F., Cerny M., Vilimek D., Kalova M., Oczka D. Recent Trends, Technical Concepts and Components of Computer-Assisted Orthopedic Surgery Systems: A Comprehensive Review // *Sensors (Basel).* 2019. Vol. 19, № 23. P. 5199. doi: 10.3390/s19235199
4. Wang Z., Jiang M., Gu H. Understanding and analysis of CAOS development in context: the case of China // *Int J Med Robot.* 2008. Vol. 4, № 3. P. 252–7. doi: 10.1002/rcs.204
5. DiGioia A.M. 3rd, Nolte L.P. The challenges for CAOS: what is the role of CAOS in orthopaedics? // *Comput Aided Surg.* 2002. Vol. 7, № 3. P. 127–8. doi: 10.1002/igs.10043
6. Nolte L.P., Beutler T. Basic principles of CAOS // *Injury.* 2004. Vol. 35, № 1. P. 16. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.005
7. Langlotz F. Potential pitfalls of computer aided orthopedic surgery // *Injury.* 2004. Vol. 35, № 1. P. 23. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.006
8. Schmucki D., Gebhard F., Grützner P.A., Hüfner T., Langlotz F., Zheng G. Computer aided reduction and imaging // *Injury.* 2004. Vol. 35, № 1. P. 104. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.017
9. Gebhard F., Krettek C., Hüfner T. Computer aided orthopedic surgery (CAOS) — a rapidly evolving technology // *Injury.* 2004. Vol. 35, № 1. P. S–A1. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.003
10. Zheng G., Nolte L.P. Computer-Aided Orthopaedic Surgery: State-of-the-Art and Future Perspectives // *Adv Exp Med Biol.* 2018. № 1093. P. 1–20. doi: 10.1007/978-981-13-1396-7_1
11. Jenny J.Y. The history and development of computer assisted orthopaedic surgery // *Orthopade.* 2006. Vol. 35, № 10. P. 1038–42. doi: 10.1007/s00132-006-0994-y
12. Hampp E.L., Sodhi N., Scholl L., et al. Less iatrogenic soft-tissue damage utilizing robotic-assisted total knee arthroplasty when compared with a manual approach: A blinded assessment // *Bone Joint Res.* 2019. Vol. 8, № 10. P. 495–501. doi: 10.1302/2046-3758.810.BJR-2019-0129.R1
13. Hepinstall M.S., Sodhi N., Ehiorobo J.O., Hushmendi S., Mont M.A. Robotic-arm assisted total hip arthroplasty // *Ann Transl Med.* 2018. Vol. 6, № 22. P. 433. doi: 10.21037/atm.2018.10.37
14. Sultan A.A., Piuze N., Khlopas A., Chughtai M., Sodhi N., Mont M.A. Utilization of robotic-arm assisted total knee arthroplasty for soft tissue protection // *Expert Rev Med Devices.* 2017. Vol. 14, № 12. P. 925–927. doi: 10.1080/17434440.2017.1392237
15. Куляба Т.А. Первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава. Киев: Основа, 2019. 166–170 с.
16. Mattei L., Pellegrino P., Calò M., Bistolfi A., Castoldi F. Patient specific instrumentation in total knee arthroplasty: a state of the art // *Ann Transl Med.* 2016. Vol. 4, № 7. P. 126. doi: 10.21037/atm.2016.03.33
17. Birnbaum K., Schkommodau E., Decker N., Prescher A., Klapper U., Radermacher K. Computer-assisted orthopedic surgery with individual templates and comparison to conventional operation method // *Spine.* 2001. Vol. 26, № 4. P. 365–70. doi: 10.1097/00007632-200102150-00012
18. Radermacher K., Portheine F., Anton M., Zimolong A., Kaspers G., Rau G., Staudte H.W. Computer assisted orthopaedic surgery with image based individual templates // *Clin Orthop Relat Res.* 1998. № 354. P. 28–38. doi: 10.1097/00003086-199809000-00005
19. Wautier D., Thienpont E. Changes in anteroposterior stability and proprioception after different types of knee arthroplasty // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017. Vol. 25, № 6. P. 1792–1800. doi: 10.1007/s00167-016-4038-9
20. Harold R.E., Macleod J., Butler B.A., et al. Single-Use Custom Instrumentation in Total Knee Arthroplasty: Effect on In-Hospital Complications, Length of Stay, and Discharge Disposition // *Orthopedics.* 2019. Vol. 42, № 5. P. 299–303. doi: 10.3928/01477447-20190403-03
21. Voleti P.B., Hamula M.J., Baldwin K.D., Lee G.C. Current data do not support routine use of patient-specific instrumentation in total knee arthroplasty // *J Arthroplasty.* 2014. Vol. 29, № 9. P. 1709–12. doi: 10.1016/j.arth.2014.01.039
22. Филиппова А.В., Хурцилава О.Г., Пташников Д.А. Виртуальный протокол в предоперационном планировании тотального эндопротезирования коленного сустава // *Современные проблемы науки и образования.* 2023. № 3. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32658>. doi: 10.17513/spno.32658

REFERENCES

1. Docquier PL, Paul L, TranDuy K. Surgical navigation in paediatric orthopaedics. *EFORT Open Rev.* 2017;1(5):152–159. doi: 10.1302/2058-5241.1.000009
2. Sugano N. Computer-assisted orthopedic surgery. *J Orthop Sci.* 2003;8(3):442–8. doi: 10.1007/s10776-002-0623-6
3. Kubicek J, Tomanec F, Cerny M, Vilimek D, Kalova M, Oczka D. Recent Trends, Technical Concepts and Components of Computer-Assisted Orthopedic Surgery Systems: A Comprehensive Review. *Sensors (Basel).* 2019;19(23):5199. doi: 10.3390/s19235199
4. Wang Z, Jiang M, Gu H. Understanding and analysis of CAOS development in context: the case of China. *Int J Med Robot.* 2008;4(3):252–7. doi: 10.1002/rcs.204
5. DiGioia AM 3rd, Nolte LP. The challenges for CAOS: what is the role of CAOS in orthopaedics? *Comput Aided Surg.* 2002;7(3):127–8. doi: 10.1002/igs.10043
6. Nolte LP, Beutler T. Basic principles of CAOS. *Injury.* 2004;35(1):16. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.005
7. Langlotz F. Potential pitfalls of computer aided orthopedic surgery. *Injury.* 2004;35(1):23. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.006
8. Schmucki D, Gebhard F, Grützner PA, Hüfner T, Langlotz F, Zheng G. Computer aided reduction and imaging. *Injury.* 2004;35(1):104. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.017
9. Gebhard F, Krettek C, Hüfner T. Computer aided orthopedic surgery (CAOS) — a rapidly evolving technology. *Injury.* 2004;35(1):S–A1. doi: 10.1016/j.injury.2004.05.003
10. Zheng G, Nolte LP. Computer-Aided Orthopaedic Surgery: State-of-the-Art and Future Perspectives. *Adv Exp Med Biol.* 2018;(1093):1–20. doi: 10.1007/978-981-13-1396-7_1
11. Jenny JY. The history and development of computer assisted orthopaedic surgery. *Orthopade.* 2006;35(10):1038–42. doi: 10.1007/s00132-006-0994-y

12. Hampp EL, Sodhi N, Scholl L, et al. Less iatrogenic soft-tissue damage utilizing robotic-assisted total knee arthroplasty when compared with a manual approach: A blinded assessment. *Bone Joint Res.* 2019;8(10):495–501. doi: 10.1302/2046-3758.810.BJR-2019-0129.R1
13. Hepinstall MS, Sodhi N, Ehiorobo JO, Hushmendi S, Mont MA. Robotic-arm assisted total hip arthroplasty. *Ann Transl Med.* 2018;6(22):433. doi: 10.21037/atm.2018.10.37
14. Sultan AA, Piuzei N, Khlopas A, Chughtai M, Sodhi N, Mont MA. Utilization of robotic-arm assisted total knee arthroplasty for soft tissue protection. *Expert Rev Med Devices.* 2017;14(12):925–927. doi: 10.1080/17434440.2017.1392237
15. Kulyaba TA. Pervichnoye total'noye endoprotezirovaniye kolenogo sustava [Primary total knee arthroplasty]. Kiev: Osnova; 2019. 166–170 p. (in Russ).
16. Mattei L, Pellegrino P, Calò M, Bistolfi A, Castoldi F. Patient specific instrumentation in total knee arthroplasty: a state of the art. *Ann Transl Med.* 2016;4(7):126. doi: 10.21037/atm.2016.03.33
17. Birnbaum K, Schkommodau E, Decker N, Prescher A, Klapper U, Radermacher K. Computer-assisted orthopedic surgery with individual templates and comparison to conventional operation method. *Spine.* 2001;26(4):365–70. doi: 10.1097/00007632-200102150-00012
18. Radermacher K, Portheine F, Anton M, Zimolong A, Kaspers G, Rau G, Staudte HW. Computer assisted orthopaedic surgery with image based individual templates. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;(354):28–38. doi: 10.1097/00003086-199809000-00005
19. Wautier D, Thienpont E. Changes in anteroposterior stability and proprioception after different types of knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(6):1792–1800. doi: 10.1007/s00167-016-4038-9
20. Harold RE, Macleod J, Butler BA, et al. Single-Use Custom Instrumentation in Total Knee Arthroplasty: Effect on In-Hospital Complications, Length of Stay, and Discharge Disposition. *Orthopedics.* 2019;42(5):299–303. doi: 10.3928/01477447-20190403-03
21. Voleti PB, Hamula MJ, Baldwin KD, Lee GC. Current data do not support routine use of patient-specific instrumentation in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2014;29(9):1709–12. doi: 10.1016/j.arth.2014.01.039
22. Filippova AV, Khurtsilava OG, Ptashnikov DA. Virtual protocol in preoperative planning of total knee arthroplasty. *Modern problems of science and education. Surgery.* 2023;(3). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32658>. (in Russ). doi: 10.17513/spno.32658

ОБ АВТОРАХ

* **Филиппова Анастасия Викторовна**, помощник президента университета, врач травматолог-ортопед; специалист по 3D технологиям; адрес: Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; ORCID: 0000-0001-9417-9563; eLibrary SPIN: 7419-3814; e-mail: dr.anastasia3d@gmail.com

Хурцилава Отари Гивиевич, д.м.н., профессор, президент университета; ORCID: 0000-0002-7199-671X; e-mail: rectorat@szgmu.ru

Пташников Дмитрий Александрович, д.м.н., профессор; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ; ORCID: 0000-0001-5765-3158; eLibrary SPIN: 7678-6542; e-mail: drptashnikov@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Anastasia V. Filippova**, assistant to the president of the university; traumatologist-orthopedist; specialist in 3D technologies; address: 41 Kirochnaya str., 191015, St. Petersburg, Russia; ORCID: 0000-0001-9417-9563; eLibrary SPIN: 7419-3814; e-mail: dr.anastasia3d@gmail.com

Otari G. Khurtsilava, MD, Dr. Sci. (Med.), professor, the president of the university; ORCID: 0000-0002-7199-671X; e-mail: rectorat@szgmu.ru

Dmitrii A. Ptashnikov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor; head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery; ORCID: 0000-0001-5765-3158; eLibrary SPIN: 7678-6542; e-mail: drptashnikov@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto159380>

Применение индивидуального вертлужного компонента при дефекте вертлужной впадины: клинический случай

О.А. Алексанян, Г.А. Чрагян, С.В. Каграманов, Р.А. Ханмурадов, Н.В. Загородний

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

АННОТАЦИЯ

Введение. Число тотальных замещений тазобедренного сустава растёт с каждым годом. Чаще встречаются дефекты вертлужной впадины, при этом дефекты типа IIIA по Paprosky и выше становятся всё более распространёнными. В последние годы для реконструкции тяжёлых дефектов применяются индивидуальные конструкции, созданные с помощью 3D-печати. На этом клиническом примере показана возможность лечения пациентки с тяжёлым дефектом вертлужной впадины путём проведения одноэтапного ревизионного эндопротезирования с использованием индивидуальной конструкции.

Описание клинического случая. Пациентке 69 лет по поводу коксартроза в 2010 г. выполнено первичное тотальное эндопротезирование правого тазобедренного сустава эндопротезом компании Biomet. В 2011 г. — слева эндопротезом фирмы Zimmer. В 2013 г. — ревизионное эндопротезирование правого тазобедренного сустава по поводу нестабильности. В послеоперационном периоде отмечались неоднократные вывихи с последующими закрытыми вправлениями. В 2015 г. по поводу рецидивирующего вывиха выполнено ревизионное эндопротезирование с установкой антипрофузионного кольца Бурх–Шнайдера. В ноябре 2017 г. выявлена нестабильность тотального эндопротеза правого тазобедренного сустава, по поводу чего выполнено ревизионное эндопротезирование с применением индивидуального вертлужного компонента.

Показатель HHS до ревизионного эндопротезирования составил 18 баллов, через 1 мес после операции — 75 баллов, через 3 мес — 65, через 6 мес — 82, через 4 года — 74. Качество жизни оценивали по шкале WOMAC: до операции — 92 балла, через 1 мес после операции — 38 баллов, через 3 мес — 31, через 6 мес — 15, через 4 года — 35 баллов. На момент последней консультации пациентка передвигается с тростью, сохраняется хромота, связанная с рубцовой перестройкой и атрофией ягодичных мышц.

Заключение. При выраженных дефектах вертлужной впадины применение индивидуальных компонентов позволяет достичь надёжной фиксации «имплантат–кость», что приводит к улучшению функциональных результатов. Однако при хроническом нарушении целостности тазовой кости применение индивидуального вертлужного компонента не всегда позволяет достичь надёжной стабилизации. Все существующие методы для решения данной проблемы на сегодняшний день являются неоднозначными и требуют дальнейшего совершенствования.

Ключевые слова: тазобедренный сустав; ревизионное эндопротезирование; индивидуальная конструкция.

Как цитировать:

Алексанян О.А., Чрагян Г.А., Каграманов С.В., Ханмурадов Р.А., Загородний Н.В. Применение индивидуального вертлужного компонента при дефекте вертлужной впадины: клинический случай // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 209–217. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto159380>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto159380>

The use of an individual acetabular component for acetabular defect: a clinical case

Ovakim A. Aleksanyan, Gamlet A. Chragyan, Sergey V. Kagramanov,
Ruslan A. Khanmuradov, Nikolay V. Zagorodniy

Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The incidence of total hip replacements is increasing every year. Acetabular defects are becoming more frequent, with Paprosky type IIIA and above becoming more common. Recently, customized 3D-printed constructs have been used to remodel severe defects. We wanted to demonstrate the possibility of treating a patient with a severe acetabular defect by performing a one-stage revision endoprosthesis using a customized design.

CLINICAL CASES DESCRIPTION: A 69-year-old patient underwent primary total hip replacement of the right hip joint with a Biomet endoprosthesis for coxarthrosis in 2010. In 2011 — on the left side with a Zimmer endoprosthesis. In 2013 — revision endoprosthesis of the right hip joint due to instability was preformed. In the postoperative period, there were repeated dislocations with subsequent closed repositioning. In 2015, revision endoprosthetic replacement with a Burkh-Schneider antiprotrusion ring was done for recurrent dislocation. In november 2017, she was diagnosed with instability of the right total hip joint, for which she underwent revision hip replacement with a customized acetabular component.

HHS score before revision arthroplasty was 18 points, 1 month after surgery — 75 points, after 3 months — 65, after 6 months — 82, after 4 years — 74. Quality of life was assessed using the WOMAC scale: 92 points before surgery, 38 points 1 month after surgery, 31 points in 3 months, 15 points in 6 months, and 35 points in 4 years. As of the last visit, the patient moves with a cane, and still has a limp due to scar remodeling and gluteal muscles atrophy.

CONCLUSION: In case of severe acetabular defects, the use of individual components allows achieving reliable "implant–bone" fixation, which leads to improved functional results. However, in chronic pelvic bone integrity defects, the use of an individual acetabular component does not always achieve reliable stabilization. All existing methods for solving this problem are currently ambiguous and require further improvement.

Keywords: hip joint; revision arthroplasty; individual design.

To cite this article:

Aleksanyan OA, Chragyan GA, Kagramanov SV, Khanmuradov RA, Zagorodniy NV. The use of an individual acetabular component for acetabular defect: a clinical case. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):209–217. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto159380>

BACKGROUND

The number of total hip replacements is increasing annually, and the number of revision hip replacements is expected to nearly double in the next 10 years [1]. In revision hip arthroplasty, the surgeon is more often confronted with acetabular defects, with Paprosky type $\geq$ IIIA defects becoming more common. Thus, according to Christie et al., such defects account for 14% of revision cases [2]. Technologies for creating customized acetabular components have been steadily developing since the late 70s and now include computer-aided design and three-dimensional (3D) printing of implants using additive manufacturing technology [3]. Previously, 3D printing was only used to create models of the pelvis or implant, and the final implant was manufactured from forged titanium by milling.

Through a clinical example, we wanted to demonstrate the possibility of treating a patient with a severe acetabular defect with a one-stage revision endoprosthesis using a customized design.

CLINICAL CASE

A 69-year-old patient underwent primary total hip replacement of the right hip joint with a Biomet endoprosthesis for right-sided coxarthrosis in 2010. In 2011, a similar operation using a Zimmer endoprosthesis was performed for left-sided coxarthrosis. In 2012, pain in the right hip joint region appeared and began to progress. In 2013, a revision hip replacement of the right hip joint was performed for acetabular component instability. Postoperatively, the patient noted repeated dislocations of the head of the right hip joint endoprosthesis with subsequent closed repositioning. In 2015, a revision hip replacement with a Burkh-Schneider antiprotrusion ring was performed for recurrent dislocations of the head of the right hip joint. Eighteen months after surgery, pain in the operated joint recurred. In November 2017, the patient was admitted to the endoprosthesis department of the N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics. The assessment of the right hip joint function according to the Harris hip scale (HHS) was 18 points, the severity of pain syndrome according to the visual analog scale (VAS) was 74 points (for a more accurate assessment, the scale was measured in millimeters), and the patient's social adaptation according to the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) scale was 92 points. Radiographs of the pelvic bones in a straight projection were obtained (Fig. 1).

For a more detailed visualization of the defect of the bones forming the acetabulum, multislice computed tomography (CT) with 3D reconstruction was performed (Fig. 2).

Given the severity of the acetabular defect and the extreme difficulty of reconstruction using standard components, a customized acetabular component was used. In collaboration with "Endoprint" engineers, a 3D model of the implant was

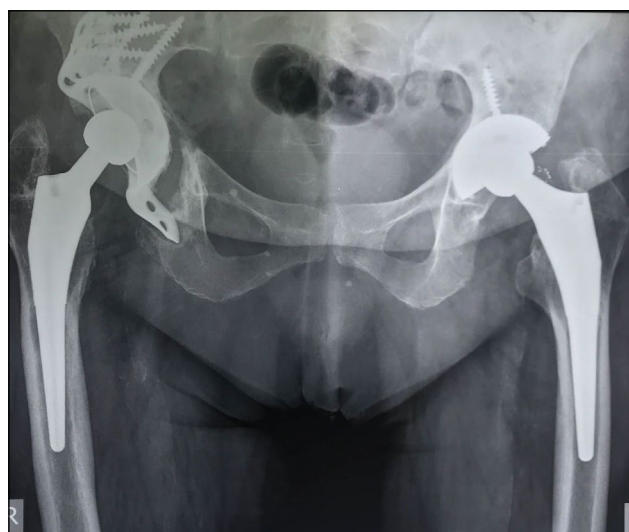


Fig. 1. Preoperative radiograph of a 69-year-old patient: type IIIB acetabular defect according to W.G. Paprosky.

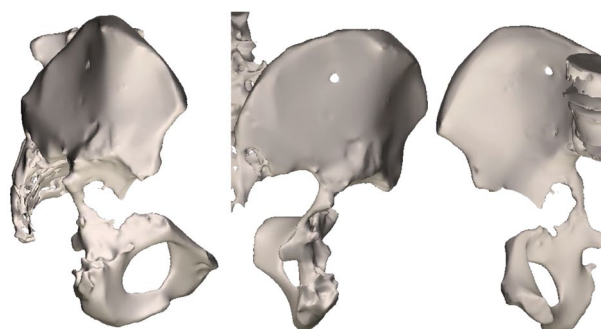


Fig. 2. 3D reconstruction of the right acetabulum by imaging using multislice computed tomography.

created in accordance with the bony defect of the acetabulum (Fig. 3).

The final digital model of the implant was printed on a 3D printer (Fig. 4), sterilized by autoclaving, and inserted (Fig. 5). The implant position was assessed on postoperative radiographs (Fig. 6). Postoperatively, the patient received symptomatic, anticoagulant, antibacterial, and rehabilitation therapy, and the wound healed with primary tension. The patient was discharged on day 7 after surgery.

Three months after surgery, the patient came for a follow-up examination. Radiographs showed migration of the sciatic and brow bones from the flanges of the construct (Fig. 7). The patient still had pain syndrome in the operated joint area, which was 28 (mm) points on the VAS scale. On the HHS scale, the hip joint function was assessed at 75 points. The social adaptation score on the WOMAC scale was 38 points. Considering the clinical and radiological picture, the patient was offered surgery for screw removal from the lower flanges and correction of the sciatic flange of individual design with a high-speed bur. The patient refused the proposed surgery.

Six months after surgery, no negative dynamics on control radiographs were observed. The HHS, WOMAC, and

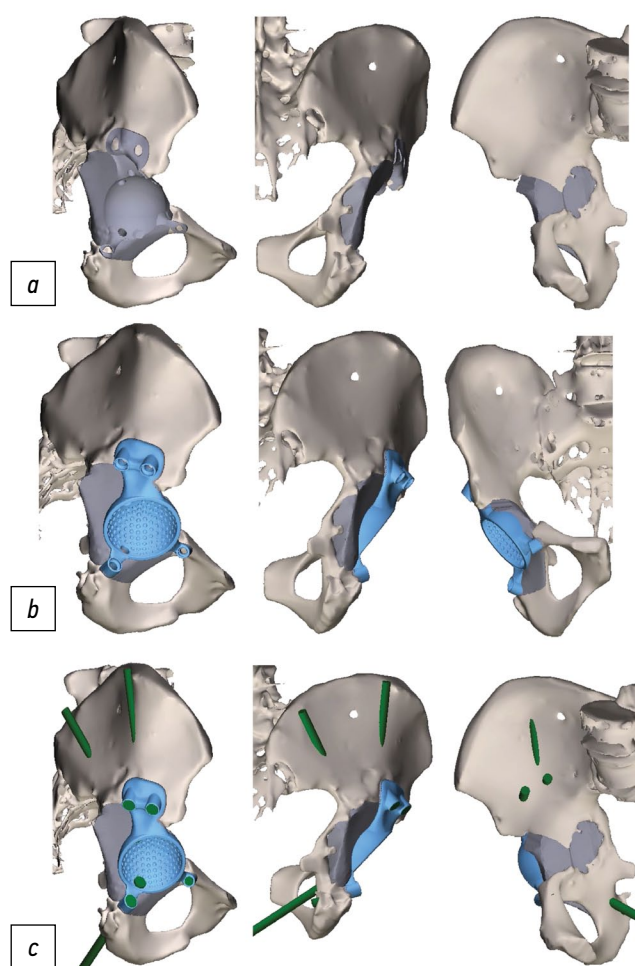


Fig. 3. 3D model of the implant: *a* — the porous part of the implant, which fills the structure of the bone defect; *b* — hemispherical part of the endoprosthesis with holes for screws; *c* — the direction of the screws, taking into account the density of the bone tissue.

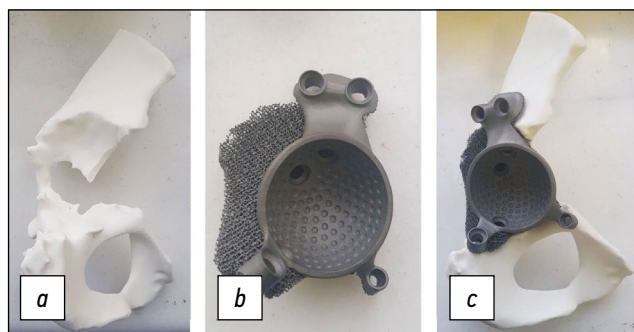


Fig. 4. 3D model of the implant: *a* — the porous part of the implant, which fills the structure of the bone defect; *b* — hemispherical part of the endoprosthesis with holes for screws; *c* — the direction of the screws, taking into account the density of the bone tissue.

VAS scores were 82, 15, and 30 (mm) points, respectively. Despite a slight increase in the severity of pain syndrome according to the VAS score, the patient noted improvement in the bearing capacity and functional results of the operated limb. No significant changes in the evaluation scales were

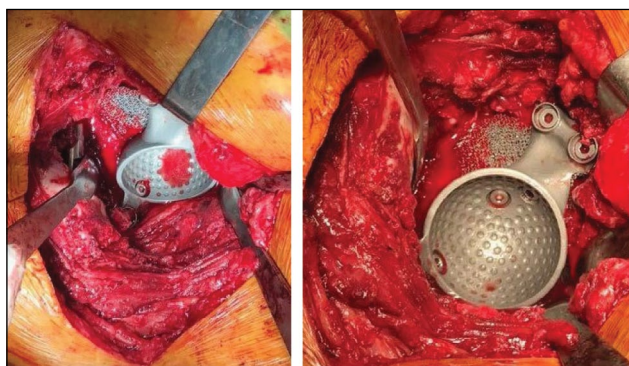


Fig. 5. Stage of implant placement.

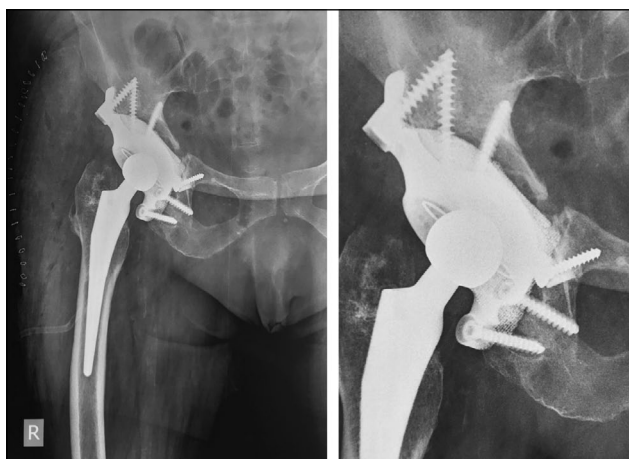


Fig. 6. Postoperative control X-ray.

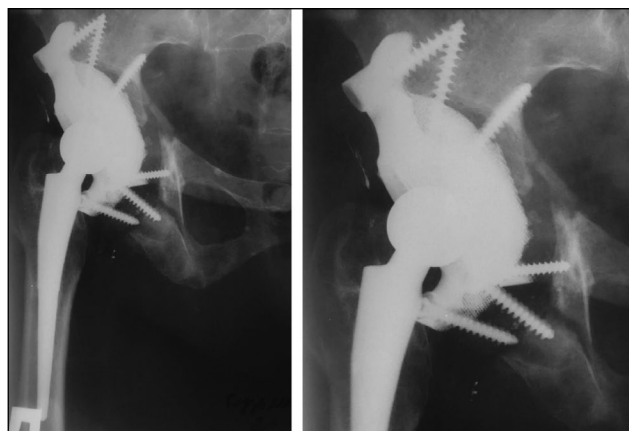


Fig. 7. Postoperative control X-ray after 3 months.

noted at the subsequent follow-up examinations (1 year after surgery and once a year thereafter). At the time of writing, >4 years have elapsed since the operation. Data obtained four years after surgery did not show negative dynamics on control radiographs (Fig. 8). The pain syndrome slightly increased and corresponds to 32 (mm) points on the VAS scale. On the HHS scale, the hip joint function corresponded to 74 points, and social adaptation according to the WOMAC scale corresponded to 35 points. The patient is under dynamic observation.



Fig. 8. Postoperative control X-ray 4 years after the operation.

DISCUSSION

The need for revision arthroplasty is increasing annually, and its incidence is expected to nearly double in the next 10 years [1]. According to Christie et al., who reported their centers' 6-year data (1922–1998), Paprosky type IIIA and IIIB defects accounted for 14% (78 hips) of the total number of revision hip replacements [2].

Different reconstruction options have been previously used to repair severe acetabular bone defects; however, unsatisfactory results reported in the published literature. Hip arthroplasty with one-staged restoration of acetabular integrity using plate and screw metallosteosynthesis resulted in revision in 47% of cases within 3 weeks to 124 months after the surgery [4].

In other studies using the antiprotrusion ring, the net reoperation rate was 29%–66% of cases [5–7].

The cup-cage technique is another option for the reconstruction of severe bone defects, including acetabular disruption. In the mid-term follow-up period, satisfactory results were obtained in 89% of cases [8, 9]. Complications included the dislocation of the endoprosthesis head, periprosthetic infection, and paresis of the peroneal portion of the sciatic nerve [8].

When porous tantalum augments were used during the 5-year follow-up period, only 2 out of 58 cases required revision because of aseptic loosening. In six cases, radiographic signs of progressive osteolysis of the bone in the third DeLee–Charnley zone were observed. A significant improvement in function after the 5-year follow-up was evidenced by the Mayo hip scores [10].

Another option for the reconstruction of large acetabular bone defects is the use of structural allografts combined with a tantalum-coated acetabular component. In one study, 1 of 20 patients had asymptomatic migration of the acetabular component that did not require revision [11]. The other

group included 58 patients (59 hips) with Paprosky type II–III acetabular defects in whom bone allografts combined with a cementless cup was used for reconstruction. In this group, revision was required in three cases: two with type IIIB defects and one with a type IIIA defect. Reoperations were performed after 4, 7, and 9 years for aseptic loosening of the acetabular component [12]. In 20 patients in whom a two-cup design was used for acetabular reconstruction, no cases of aseptic loosening occurred during the follow-up period (2.4 years). Complications included dislocation of the endoprosthesis head in six cases, deep infection in four cases, and delayed wound healing in three cases [13].

In the early stages of development, 3D-printing technology allowed for the creation of plastic models of the affected side of the pelvis, which were used to produce a clay prototype of the implant. The resulting prototype was then subjected to final modeling, from which a custom-made implant was fabricated from the forged titanium with the option of applying hydroxyapatite plasma spraying or porous coatings to the contact surface to stimulate osseointegration. The results improved but were still far from ideal. The failure rates ranged from 7.4% to 35% in 16 months to 7 years [2, 14–21].

The fabrication process of modern custom designs includes the creation of digital models that the surgeon can adjust online without viewing the physical model. This allows for wider dissemination of the technology and shortens the design time. Previously, the interval from CT scan to implant placement was 2–3 months [14]. In our experience, this interval is 3–4 weeks. In addition, the entire acetabular implant, including the porous base, is now printed using additive manufacturing technology, in which each titanium layer is fused using electron beam melting to ensure the strength of the implant.

Only a few published studies have demonstrated the results of current customized designs. At a conference in 2016, Hooper showed promising results with fewer revisions after 2 years than previous customized implants. Similar results were demonstrated in a study of nine patients. In this group, the median follow-up period was 28.8 months, the implant survival rate was 88.8%, and revision was required in one patient with bilateral pelvic bone integrity failure, which the authors believe led to unsatisfactory outcomes [22]. In a 2018 retrospective study with a mean follow-up period of 38 months of 36 patients, 1 had recurrent dislocations, 1 had revision for deep infection, 1 had early implant migration requiring stabilization, and 2 had radiological signs indicating lack of osseointegration. No cases of aseptic loosening were reported in this group at the time of publication [23].

With the improvement in the technological process abroad, the cost of customized implants has improved. In 2001, Joshi et al. reported that the cost of making an implant using clay models was \$5,000, whereas in 2012, Taunton et al. used computer models and made implants from forged titanium, which cost \$12,500. In 2021, Angela Yao

et al. reported that the cost of a customized implant using 3D-printing technology was AU\$19,000 [24]. Our experience with customized designs has demonstrated that with the improvement and adoption of 3D-printing technology, the cost of these implants has significantly decreased.

CONCLUSION

In severe acetabular defects, the use of customized components can achieve reliable "implant–bone" fixation, which leads to improved functional results. In chronic pelvic bone integrity defects, the use of an individual acetabular component does not always achieve reliable stabilization. All existing methods for solving this problem are currently ambiguous and require further improvement.

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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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 // *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2007. Vol. 89, № 4. P. 780–785. doi: 10.2106/JBJS.F.00222
2. Christie M.J., Barrington S.A., Brinson M.R., Ruhling M.E., DeBoer D.K. Bridging massive acetabular defects with the triflange cup: 2- to 9-year results // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2001. № 393. P. 216–227. doi: 10.1097/00003086-200112000-00024
3. Wyatt M.C. Custom 3D-printed acetabular implants in hip surgery — innovative breakthrough or expensive bespoke upgrade? // *HIP International*. 2015. Vol. 25, № 4. P. 375–379. doi: 10.5301/hipint.5000294
4. Stiehl J.B., Saluja R., Diener T. Reconstruction of major column defects and pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty // *Journal of Arthroplasty*. 2000. Vol. 17, № 7. P. 849–857. doi: 10.1054/arth.2000.9320
5. Berry D.J., Lewallen D.G., Hanssen A.D., Cabanela M.E. Pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1999. Vol. 81, № 12. P. 1692–1702. doi: 10.2106/00004623-199912000-00006
6. Berry D.J., Müller M.E. Revision arthroplasty using an anti-protrusion cage for massive acetabular bone deficiency // *Journal of Bone and Joint Surgery British*. 1992. Vol. 74, № 5. P. 711–715. doi: 10.1302/0301-620X.74B5.1527119
7. Paprosky W.B., O'Rourke M., Sporer S.M. The treatment of acetabular bone defects with an associated pelvic discontinuity // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2005. Vol. 441. P. 216–220. doi: 10.1097/01.blo.0000194311.20901.f9
8. Hipfl C., Janz V., Löchel J., Perka C., Wassilew G.I. Cup-cage reconstruction for severe acetabular bone loss and pelvic

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

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

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию их медицинских данных и фотографий (24.11.2017 г.).

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. The patients gave their written consent (24.11.2017) for publication of their medical data and images.

- discontinuity // *The Bone & Joint Journal*. 2018. Vol. 100B, № 11. P. 1442–1448. doi: 10.1302/0301-620X.100B11.BJJ-2018-0481.R1
9. Sculco P.K., Ledford C.K., Hanssen A.D., Abdel M.P., Lewallen D.G. The evolution of the cup-cage technique for major acetabular defects: Full and half cup-cage reconstruction // *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2017. Vol. 99, № 13. P. 1104–1110. doi: 10.2106/JBJS.16.00821
10. Jenkins D.R., Odland A.N., Sierra R.J., Hanssen A.D., Lewallen D.G. Minimum five-year outcomes with porous tantalum acetabular cup and augment construct in complex revision total hip arthroplasty // *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2017. Vol. 99, № 10. P. e49. doi: 10.2106/JBJS.16.00125
11. Chang C.H., Hu C.C., Chen C.C., Mahajan J., Chang Y., Shih H.N., et al. Revision total hip arthroplasty for paprosky type iii acetabular defect with structural allograft and tantalum trabecular metal acetabular cup // *Orthopedics*. 2018. Vol. 41, № 6. P. e861–e867. doi: 10.3928/01477447-20181023-02
12. Chen H.T., Wu C.T., Huang T.W., Shih H.N., Wang J.W., Lee M.S. Structural and morselized allografting combined with a cementless cup for acetabular defects in revision total hip arthroplasty: A 4- to 14-year follow-up // *BioMed Research International*. 2018. Vol. 2364269. doi: 10.1155/2018/2364269
13. Webb J.E., McGill R.J., Palumbo B.T., Moschetti W.E., Estok D.M. The double-cup construct: A novel treatment strategy for the management of Paprosky IIIA and IIIB acetabular defects // *The Journal of Arthroplasty*. 2017. Vol. 32, № 9. P. S225–S231. doi: 10.1016/j.arth.2017.04.017
14. Barlow B.T., Oi K.K., Lee Y., Carli A.V., Choi D.S., Bostrom M.P. Outcomes of custom flange acetabular components in revision total hip arthroplasty and predictors of failure // *The Journal of Arthroplasty*. 2016. Vol. 31, № 5. P. 1057–1064. doi: 10.1016/j.arth.2015.11.016

15. Berasi C.C., Berend K.R., Adams J.B., Ruh E.L., Lombardi A.V. Jr. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2015. Vol. 473, № 2. P. 528–535. doi: 10.1007/s11999-014-3969-z

16. DeBoer D.K., Christie M.J., Brinson M.F., Morrison J.C. Revision total hip arthroplasty for pelvic discontinuity // *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2007. Vol. 89, № 4. P. 835–840. doi: 10.2106/JBJS.F.00313

17. Holt G.E., Dennis D.A. Use of custom triflanged acetabular components in revision total hip arthroplasty // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2004. № 429. P. 209–214. doi: 10.1097/01.blo.0000150252.19780.74

18. Joshi A.B., Lee J., Christensen C. Results for a custom acetabular component for acetabular deficiency // *Journal of Arthroplasty*. 2002. Vol. 17, № 5. P. 643–648. doi: 10.1054/arth.2002.32106

19. Mao Y., Xu C., Xu J., et al. The use of customized cages in revision total hip arthroplasty for Paprosky type III acetabular bone defects // *International Orthopaedics*. 2015. Vol. 39, № 10. P. 2023–2030. doi: 10.1007/s00264-015-2965-6

REFERENCES

1. 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. *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2007;89(4):780–785. doi: 10.2106/JBJS.F.00222
2. Christie MJ, Barrington SA, Brinson MR, Ruhling ME, DeBoer DK. Bridging massive acetabular defects with the triflange cup: 2- to 9-year results. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2001;(393):216–227. doi: 10.1097/00003086-200112000-00024
3. Wyatt MC. Custom 3D-printed acetabular implants in hip surgery — innovative breakthrough or expensive bespoke upgrade? *HIP International*. 2015;25(4):375–379. doi: 10.5301/hipint.5000294
4. Stiehl JB, Saluja R, Diener T. Reconstruction of major column defects and pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*. 2000;17(7):849–857. doi: 10.1054/arth.2000.9320
5. Berry DJ, Lewallen DG, Hanssen AD, Cabanela ME. Pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1999;81(12):1692–1702. doi: 10.2106/00004623-199912000-00006
6. Berry DJ, Müller ME. Revision arthroplasty using an anti-protrusion cage for massive acetabular bone deficiency. *Journal of Bone and Joint Surgery British*. 1992;74(5):711–715. doi: 10.1302/0301-620X.74B5.1527119
7. Paprosky WB, O'Rourke M, Sporer SM. The treatment of acetabular bone defects with an associated pelvic discontinuity. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2005;441:216–220. doi: 10.1097/01.blo.0000194311.20901.f9
8. Hipfl C, Janz V, Löchel J, Perka C, Wassilew GI. Cup-cage reconstruction for severe acetabular bone loss and pelvic discontinuity. *The Bone & Joint Journal*. 2018;100B(11):1442–1448. doi: 10.1302/0301-620X.100B11.BJJ-2018-0481.R1
9. Sculco PK, Ledford CK, Hanssen AD, Abdel MP, Lewallen DG. The evolution of the cup-cage technique for major acetabular defects: Full and half cup-cage reconstruction. *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2017;99(13):1104–1110. doi: 10.2106/JBJS.16.00821
10. Jenkins DR, Odland AN, Sierra RJ, Hanssen AD, Lewallen DG. Minimum five-year outcomes with porous tantalum acetabular cup and augment construct in complex revision total hip arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2017;99(10):e49. doi: 10.2106/JBJS.16.00125
11. Chang CH, Hu CC, Chen CC, Mahajan J, Chang Y, Shih HN, et al. Revision total hip arthroplasty for paprosky type iii acetabular defect with structural allograft and tantalum trabecular metal acetabular cup. *Orthopedics*. 2018;41(6):e861–e867. doi: 10.3928/01477447-20181023-02
12. Chen HT, Wu CT, Huang TW, Shih HN, Wang JW, Lee MS. Structural and morselized allografting combined with a cementless cup for acetabular defects in revision total hip arthroplasty: A 4- to 14-year follow-up. *BioMed Research International*. 2018;2364269. doi: 10.1155/2018/2364269
13. Webb JE, McGill RJ, Palumbo BT, Moschetti WE, Estok DM. The double-cup construct: A novel treatment strategy for the management of Paprosky IIIA and IIIB acetabular defects. *The Journal of Arthroplasty*. 2017;32(9):S225–S231. doi: 10.1016/j.arth.2017.04.017
14. Barlow BT, Oi KK, Lee Y, Carli AV, Choi DS, Bostrom MP. Outcomes of custom flange acetabular components in revision total hip arthroplasty and predictors of failure. *The Journal of Arthroplasty*. 2016;31(5):1057–1064. doi: 10.1016/j.arth.2015.11.016
15. Berasi CC, Berend KR, Adams JB, Ruh EL, Lombardi AV Jr. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2015;473(2):528–535. doi: 10.1007/s11999-014-3969-z
16. DeBoer DK, Christie MJ, Brinson MF, Morrison JC. Revision total hip arthroplasty for pelvic discontinuity. *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2007;89(4):835–840. doi: 10.2106/JBJS.F.00313
17. Holt GE, Dennis DA. Use of custom triflanged acetabular components in revision total hip arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2004;(429):209–214. doi: 10.1097/01.blo.0000150252.19780.74
18. Joshi AB, Lee J, Christensen C. Results for a custom acetabular component for acetabular deficiency. *Journal of Arthroplasty*. 2002;17(5):643–648. doi: 10.1054/arth.2002.32106
19. Mao Y, Xu C, Xu J, et al. The use of customized cages in revision total hip arthroplasty for Paprosky type III acetabular

bone defects. *International Orthopaedics*. 2015;39(10):2023–2030. doi: 10.1007/s00264-015-2965-6

20. Taunton MJ, Fehring TK, Edwards P, Bernasek T, Holt GE, Christie MJ. Pelvic discontinuity treated with custom triflange component: A reliable option. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2012;470(2):428–434. doi: 10.1007/s11999-011-2126-1

21. Wind MA Jr, Swank MI, Sorger JI. Shortterm results of a custom triflange acetabular component for massive acetabular bone loss in revision THA. *Orthopedics*. 2013;36(3):e260–e265. doi: 10.3928/01477447-20130222-11

22. Citak M, Kochsiek L, Gehrke T, Haasper C, Suero EM, Mau H. Preliminary results of a 3D-printed acetabular component in the management of extensive defects. *HIP International*. 2018;28(3):266–271. doi: 10.5301/hipint.5000561

23. Kieser DC, Ailabouni R, Kieser SCJ, Wyatt MC, Armour PC, Coates MH, et al. The use of an Ossis custom 3D-printed tri-flanged acetabular implant for major bone loss: Minimum 2-year follow-up. *HIP International*. 2018;28(6):668–674. doi: 10.1177/1120700018760817

24. Yao A, George DM, Ranawat V, Wilson CJ. 3D Printed Acetabular Components for Complex Revision Arthroplasty. *Indian J Orthop*. 2021;55(3):786–792. doi: 10.1007/s43465-020-00317-x

ОБ АВТОРАХ

* **Алексанян Оваким Аргамович**, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

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

ORCID: 0000-0002-6909-6624;

e-mail: Hovakim1992@mail.ru

Чрагян Гамлет Ашотович, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0001-6457-3156;

eLibrary SPIN: 5580-8152;

e-mail: chragyan@gmail.com

Каграманов Сергей Владимирович, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0002-8434-1915;

eLibrary SPIN: 4670-7747;

e-mail: kagramanov2001@mail.ru

Ханмурадов Руслан Агамуратович,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0009-0005-6963-2027;

e-mail: ottogross@bk.ru

Загородний Николай Васильевич, д.м.н., профессор,

член-корреспондент РАН, врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0002-6736-9772;

eLibrary SPIN: 6889-8166;

e-mail: zagorodniy51@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Ovakim A. Aleksanyan**, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

address: 10 Priorova street, 127299, Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0002-6909-6624;

e-mail: Hovakim1992@mail.ru

Gamlet A. Chragyan, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0000-0001-6457-3156;

eLibrary SPIN: 5580-8152;

e-mail: chragyan@gmail.com

Sergey V. Kagramanov, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0000-0002-8434-1915;

eLibrary SPIN: 4670-7747;

e-mail: kagramanov2001@mail.ru

Ruslan A. Khanmuradov,

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0009-0005-6963-2027;

e-mail: ottogross@bk.ru

Nikolay V. Zagorodniy, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,

Corresponding member of RAS, traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0000-0002-6736-9772;

eLibrary SPIN: 6889-8166;

e-mail: zagorodniy51@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto346679>

Патогенетические и клинические аспекты остеоартроза и остеоартроз-ассоциированных дефектов хряща коленного сустава с позиций представлений о роли субхондральной кости

Г.П. Котельников, Ю.В. Ларцев, Д.С. Кудашев, С.Д. Зуев-Ратников,
В.Г. Асатрян, Н.Д. Щербатов

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

В статье представлен аналитический обзор современных представлений о патогенезе остеоартроза, основанный на результатах изучения субхондральной кости и её значения в развитии этого заболевания. Показано, что данные многочисленных исследований последних лет выявляют всё больше и больше доказательств первостепенности патологических изменений именно в субхондральной кости при развитии остеоартроза и его прогрессировании. В подавляющем числе научных работ находит своё подтверждение факт того, что гиалиновый хрящ и субхондральная костная ткань представляют собой единый морфофункциональный биокомпозит со взаимозависимой системой биохимических связей и молекулярного сигналинга, а также коррелятивными реакциями на стрессовые механические нагрузки. Авторами детально проанализированы механизмы клеточного и молекулярного взаимодействия в системе «гиалиновый хрящ — субхондральная кость» при развитии остеоартроза, убедительно демонстрирующие активное и приоритетное участие субхондральной костной ткани в дебюте и поддержании деструктивно-дистрофического процесса. В дискуссионном аспекте обсуждаются необходимость ухода от хондроцентрической модели патогенеза остеоартроза и целесообразность пересмотра точек приложения лечебных мероприятий у пациентов с остеоартрозом коленного сустава. Проведён обзор применяющихся в настоящее время способов оперативного лечения остеоартроза коленного сустава с позиций их патогенетической направленности. Авторы обсуждают актуальность разработки концепции органосохраняющей хирургии деструктивно-дистрофических поражений суставов, которая должна быть основана на данных о роли и значимости субхондральной и метафизарной костной ткани в вышеуказанных патологических процессах.

Ключевые слова: остеоартроз; субхондральная кость; гиалиновый хрящ; дефект хряща; коленный сустав.

Как цитировать:

Котельников Г.П., Ларцев Ю.В., Кудашев Д.С., Зуев-Ратников С.Д., Асатрян В.Г., Щербатов Н.Д. Патогенетические и клинические аспекты остеоартроза и остеоартроз-ассоциированных дефектов хряща коленного сустава с позиций представлений о роли субхондральной кости // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 219–231. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto346679>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto346679>

Pathogenetic and clinical aspects of osteoarthritis and osteoarthritis-associated defects of the cartilage of the knee joint from the standpoint of understanding the role of the subchondral bone

Gennadiy P. Kotelnikov, Yuriy V. Lartsev, Dmitry S. Kudashev, Sergey D. Zuev-Ratnikov, Vardan G. Asatryan, Nikita D. Shcherbatov

Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

ABSTRACT

The article presents an analytical review on modern ideas about the osteoarthritis pathogenesis based on the findings regarding the subchondral bone and its importance in the development of this disease. It is shown that the data of numerous studies in recent years reveal more and more evidence demonstrating the primacy of pathological changes in the subchondral bone in the development of osteoarthritis and its progression. The vast majority of scientific papers confirm the fact that hyaline cartilage and subchondral bone tissue are a single morphofunctional biocomposite with an interdependent system of biochemical connections and molecular signaling, as well as correlative reactions to stressful mechanical loads. The authors analyzed in detail the mechanisms of cellular and molecular interaction in the system "hyaline cartilage — subchondral bone" in the development of osteoarthritis, vividly demonstrating the active and priority involvement of subchondral bone tissue in the debut and maintenance of the destructive-dystrophic process. The necessity to leave the chondrocentric model of osteoarthritis pathogenesis and the expediency to revise the points of application of therapeutic measures in patients with knee joint osteoarthritis are discussed. The current methods of surgical treatment of knee joint osteoarthritis are critically reviewed from the perspective of their pathogenetic orientation. The authors discuss the relevance in developing the concept of organ-preserving surgery in destructive-dystrophic joint lesions, which should be based on the findings describing the role and significance of subchondral and metaphyseal bone tissue in the above pathologic processes.

Keywords: osteoarthritis; subchondral bone; articular cartilage; articular cartilage defect; knee joint.

To cite this article:

Kotelnikov GP, Lartsev YV, Kudashev DS, Zuev-Ratnikov SD, Asatryan VG, Shcherbatov ND. Pathogenetic and clinical aspects of osteoarthritis and osteoarthritis-associated defects of the cartilage of the knee joint from the standpoint of understanding the role of the subchondral bone. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):219–231. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto346679>

INTRODUCTION

Among all joint pathologies in orthopedic and rheumatologic practice, destructive–dystrophic diseases, of which osteoarthritis (OA) [1] is the most widespread, lead to severe and persistent functional impairment and represent a major medical and social problem. Currently, OA is defined as a group of diseases that have different etiologies but have common pathogenetic mechanisms and similar morphologic and clinical manifestations. OA outcomes are attributed to the sequential involvement of all joint structures—hyaline cartilage, subchondral bone, synovial membrane, menisci, ligaments, capsule, and periarticular soft tissues—in the pathological process and is represented by the progressive development of gross anatomical and functional changes and a significant reduction in the quality of life [2].

To date, OA subtypes correlated with various risk factors, lesion localization, clinical manifestations, course, and prognosis, which not only determine the disease onset and progression rate but are also of key importance in the selection of planned treatment techniques. In this regard, knee OA occurs in 29.4%–35.2% of all disease localizations and represents not only the most urgent medical but also a highly significant socioeconomic problem. It causes progressive damage of the largest and one of the leading supporting joints of the lower limb, occurs in middle-aged, healthy, and most professionally and creatively matured people, leads to persistent statodynamic dysfunction and disability, and is accompanied by the development and aggravation of several economic consequences [1, 3].

SOURCING METHODOLOGY

NCBI, PubMed, eLIBRARY, and Cochrane Library databases were used for the literature search. The keywords for the search were “osteoarthritis,” “osteoarthritis,” “osteocondral defect,” “cartilage defect,” “subchondral bone,” “hyaline cartilage,” “pathogenesis of osteoarthritis,” and “bone remodeling” (in Russian and English). The selection criteria for journal articles and other materials were as follows: publication year not earlier than 2010, emphasis on pathologic anatomy, pathophysiology, and experimental medicine, and systematic reviews.

According to domestic and foreign data, 23%–37% of patients with knee OA develop defects of the articular surfaces of the femur and tibia, and in OA stages 2 and 3, they occur in 44%–60% of cases. The development of full-thickness chondral defects of the knee joint is associated with the most severe clinical picture of intra-articular damage and a negative prognosis of spontaneous repair [4].

The pathogenesis of OA has historically been viewed through the prism of primary and priority structural changes in articular cartilage. Therefore, OA was initially treated as a cartilage disease, and the vast majority of therapeutic and surgical correction methods, both historically and

currently, are aimed specifically at damage to the hyaline cartilage. However, to date, several studies have convincingly demonstrated the primacy of bone changes in the pathogenesis of OA, and recent studies have proved that pathological processes in the subchondral bone tissue determine disease onset and progression [1, 3–5].

Data revealed that the periarticular bone transformations characterizing the process of OA development represent the adaptation to local biomechanical and biological signals. These processes are mediated by bone cells that modify bone architecture and properties [1, 2, 6]. In this case, bone remodeling not only affects bone tissues but also causes changes in the contour and shape of the subchondral bone. These changes create a biomechanical environment that adversely affects the articular cartilage and leads to its degradation and destruction.

In 1986, E.L. Radin and R.M. Rose emphasized skeletal changes as the initial effector of OA. They suggested that the pathogenesis of OA may be associated with the primary changes in the periarticular bone [1] and that the destructive–dystrophic process is initiated by an increase in the density, volume, and stiffness of subchondral bone with a subsequent increase in the load transfer to the overlying articular cartilage. This leads to chondrocyte dysfunction and subsequently causes cartilage matrix degradation and loss. At present, their hypothesis is supported by numerous studies demonstrating that changes in the subchondral bone in the presence of OA occur very early and, apparently, even before changes in the hyaline cartilage [7, 8].

The first direct evidence of the pathogenetic relationship between the primary changes in the subchondral bone and the subsequent OA development was obtained in 1993 by Dieppe et al. who used the scintigraphic method to initiate several similar studies. They conducted a prospective follow-up of 94 patients with knee OA for 5 years. All patients underwent radiographic and scintigraphic examinations of the joints. A positive correlation was found between OA progression, determined by joint gap narrowing, and scintigraphic data, namely, increased accumulation of technetium-99 in the subchondral bone tissue, indicating the intensification of its remodeling. In 34% of patients with significant radionuclide accumulation in the subchondral bone, narrowing of the X-ray articular gap by >2 mm was observed during the observation period. Conversely, no disease progression was observed in patients with unchanged scintigraphic picture. Based on their results, the authors concluded that increased technetium-99 accumulation can be a predictor of articular cartilage loss, which is a direct consequence of changes in bone tissue metabolism [8].

Studies have shown that both cortical and trabecular bones can change their architecture and structural properties at a much higher rate than the hyaline cartilage, whose chondrocytes modulate their morphological status and functional state in response to loading for a much longer period. Some authors actively studied the importance of

subchondral bone tissue and have demonstrated that with OA progression, its metabolism can increase 20 times compared with physiological bone metabolism [3, 4, 9, 10].

One of the key aspects of the relationship between the hyaline cartilage and the subchondral bone in OA development is the analysis of blood circulation in the latter, showing its crucial role in the regeneration and remodeling and providing trophic needs not only of the bone tissue but also of the overlying articular cartilage. Changes in the microcirculatory channel causing venous stasis, vessel occlusion, spasms, or others lead to the development of pathologies of the subchondral bone and hyaline cartilage [4, 5, 11].

Modern radiographic techniques, including magnetic resonance imaging (MRI) with dynamic contrast and positron emission tomography, show that venous outflow obstruction, which causes decreased perfusion, venous stasis, and subsequent ischemia, leads to trabecular bone remodeling and induces changes in the physicochemical properties of the subchondral bone similar to those in OA. Osteoblasts exposed to hypoxia changed their expression profile of cytokines, proteins, and growth factors, including vascular endothelial growth factor (VEGF), insulin-like growth factor-2, and transforming growth factor β 1 (TGF- β 1). TGF- β 1, hypoxia-induced factor 1 α , type 1 collagen, and tissue inhibitor of matrix metalloproteinase (MMP)-1 are associated with accelerated bone remodeling and cartilage degeneration, which is a histopathologic feature of OA [12].

In addition, changes in the perfusion and pressure in osteoblasts result in the activation of cell signaling pathways, including transcription factors (c-Fos and Egr1), inflammatory mediators, intercellular secondary messengers (Cox2, prostaglandin E2, and nitric oxide) and enzymes, particularly MMP 1, 3, and 13. Under these conditions, osteoblasts also begin to express large amounts of cytokines associated with bone outgrowth, namely, osteocalcin, alkaline phosphatase, and insulin-like growth factor-1, and participate in the induction of remodeling of compact and cancellous subchondral bone tissue, also very similar to the structural changes observed in OA [4, 5, 8].

The close physical relationship between the cartilage and subchondral bone in joints has introduced the concept of "biochemical and molecular crosstalk"—biochemical and molecular cross-links in the affected area. Chondrocytes possess receptors that respond to biomechanical perturbations in the surrounding cartilage matrix and intrinsic and extrinsic growth factors, cytokines, and other inflammatory mediators. Several integrins, which serve as receptors for fibronectin fragments (FN) and type II collagen (COL2), when activated, can stimulate the production of matrix-degrading proteinases and inflammatory cytokines and chemokines in the chondrocytes. The significant phenotypic modulation of the chondrocytes through increased synthesis of FN, COL2, and aggrecan (AGG) immediately after disease onset suggests that articular chondrocytes are attempting to repair the damaged matrix. However, this repair process

appears to be unsuccessful, leading to irreversible cartilage degeneration [3, 4, 6, 13].

Conversely, during the development of OA in the subchondral bone, the expression levels of certain genes are increased in conjunction with changes in cartilage and the production of various inflammatory mediators, biological factors, and cytokines, which are also biochemical markers of the disease. Subchondral bone explants from patients with OA secrete high levels of alkaline phosphatase, osteocalcin, osteopontin, interleukin-6, interleukin-8, ankylosis progression gene homolog, urokinase-type plasminogen activator, prostaglandins, and insulin-like growth factor-1 compared to bone explants from healthy individuals. In addition, subchondral bone osteoblasts from patients with OA express higher levels of alkaline phosphatase, osteopontin, matrix ribonucleic acid osteocalcin, collagen type 1 protein, and growth factors such as insulin-like growth factors 1 and 2, and TGF- β than normal subchondral bone osteoblasts. The increased secretion of biochemical factors that promote bone formation suggests increased bone anabolic activity of subchondral bone osteoblasts, exemplified by osteophyte formation [1, 2, 5].

Destruction and degradation of the hyaline cartilage and bone tissue are accompanied by the appearance and/or elevation of key biochemical markers, and the main ones are presented in Table 1.

All these data indicate that the subchondral bone and hyaline cartilage should be considered a single morphofunctional biocomposite with an integrated system of molecular signaling, unified metabolism, and equal mutual influence of cartilage and bone tissues on each other in daily living. They are dynamic support structures that simultaneously and interconnectedly perceive and distribute mechanical load, change their metabolism, and modulate their biomechanical characteristics to adapt to stress loads. The close anatomical relationship of cartilage and subchondral bone gives them ample opportunity to induce physical and functional changes in each other through molecular interactions. Recent studies support the view of the transduction of active molecules between the bone and cartilage. Biological factors and signaling molecules produced by both tissues can transfer from one area to another, affecting their homeostasis. Modern *in vitro* and *in vivo* studies convincingly prove the presence and uniqueness of a crosstalk between the cartilage and subchondral bone in synovial joints.

Increased vascularization and development of microfractures in the bone matrix in OA strongly suggest that mediators secreted from chondrocytes and subchondral bone cells directly interact with each other through these channels. In OA, regulatory factors secreted by chondrocytes in degenerated cartilage may play a definite role in osteoclastogenesis and thus contribute to subchondral bone mass loss [3, 5, 12]. During endochondral ossification, cartilage hypertrophy appears to be the result of signals

Table 1. Biomarkers of the cartilage and subchondral bone during the onset and progression of osteoarthritis

Biomarker	Function in the joint	Processes due to increased expression in osteoarthritis
<i>Cartilage biomarkers</i>		
Oligomeric cartilage matrix protein	It is synergistic with inflammatory synovial proliferation, regulation of fibril assembly, and maintenance of a mature collagen network	Cartilage degradation
C-terminal telopeptide of collagen type II	Provides strength and integrity and maintains the shape of the fabric	Remodeling of the calcified cartilage
Helix fragments (Helix II Coll 2-1, and Coll 2-1N02)	Promote the inflammation and catabolism of the cartilage in the joint	Degradation of type II collagen
Amino-terminal propeptide of procollagen type II	One of two propeptides of type II procollagen and reflects the rate of type II collagen synthesis	Cartilage degradation
Carboxyterminal propeptide of procollagen type II	One of two propeptides of type II procollagen and reflects the rate of type II collagen synthesis	Cartilage degradation
YLK-40 glycoprotein: non-collagen proteins	Plays a vital role in the development or alteration of tissue inflammation, immunity, and/or remodeling	Cartilage degradation
Keratan sulfate	Acts as a cushion to absorb mechanical shock	Aggrecan and cartilage degradation
Epitope 846 chondroitin sulfate	Provides a hydrated gel structure (through the interaction with hyaluronic acid and binding protein) that provides the load-bearing properties of cartilage	Cartilage metabolism
Hyaluronic acid	Necessary for the viscosity and elasticity of the synovial fluid and cartilage	Cartilage degradation
<i>Bone biomarkers</i>		
N-terminal telopeptide of collagen type I	Supports the bone remodeling process	Degradation of type I collagen
C-terminal telopeptide of type I collagen (serum C-terminal telopeptide)	Collagen type I cross-linking peptide essential for immunoreactivity	Increased osteoclastogenesis and bone degradation
Amino-terminal propeptide of procollagen type I	One of the two propeptides of type I procollagen and reflects the rate of type I collagen synthesis	Bone degradation
Carboxyterminal propeptide of procollagen type I	One of the two propeptides of type I procollagen and reflects the rate of type I collagen synthesis	Bone degradation
Osteocalcin	Essential for bone mineralization and recruitment of osteoblasts and osteoclasts at the site of bone formation	Anabolic bone metabolism
Total pyridinoline in urine	Helps stabilize and strengthen the entire collagen tissue structure, both bone and cartilage tissues	Catabolic bone metabolism
Bone sialoprotein	Essential for mineralization in the interaction of the cartilage and bone tissue	Anabolic bone metabolism

derived from various cells such as osteoblasts and hematopoietic cells. On the contrary, an experiment showed that signals from hypertrophied chick cartilage chondrocytes stimulate osteoblast differentiation and subsequent bone matrix deposition.

To provide an idea of the nature, extent, and depth of cellular and molecular interactions in the hyaline cartilage–subchondral bone system that determines OA onset and progression, the factors involved in these processes can be classified into the following most important groups:

- Biological factors
- Wingless (Wnt)-type signaling pathways
- TGF- β /bone morphogenetic protein (BMP) signaling system
- mitogen-activated protein kinase/ERK kinase (MARK) signaling system

Biological factors

Despite ongoing discussions in the professional community regarding the significance of synovial inflammation in OA,

studies have emphasized verifiable synovitis, including the infiltration of activated B cells and T lymphocytes along with the overexpression of proinflammatory mediators in both early and late disease stages. Proinflammatory mediators present in the synovial fluid contribute to the catabolic activity of chondrocytes leading to the remodeling of the cartilage extracellular matrix [1, 2, 7, 9]. In vivo and in vitro studies have demonstrated that the amounts of chemokines and cytokines present in the synovial fluid are sufficient to activate chondrocytes and subsequently increase their synthesis of matrix molecules and promote their destruction through the synthesis of proinflammatory cytokines and proteases. Chondrocytes in OA secrete interleukin-1, interleukin-1 β -converting enzyme (caspase-1), and interleukin-1 receptor. The concentration of interleukin-1 synthesized by chondrocytes can induce the expression of MMPs, aggrecanases, adisintegrin, metalloproteinases with thrombospondin motifs, and other catabolic genes in areas of OA-induced cartilage matrix depletion [3, 4]. Changes in cartilage remodeling lead to the loss of the components and structure of the extracellular matrix, affecting the characteristic phenotype of hyaline cartilage chondrocytes. Under these conditions, chondrocyte expression of molecules associated with chondrocyte hypertrophy and terminal differentiation, such as VEGF, Runt-related transcription factor 2 (RUNX2), and MMP-13, is stimulated. These events also lead to the calcification of the extracellular matrix around chondrocytes and contribute to the thinning of the articular surface. The secretion of angiogenic factors such as VEGF increases vascularization in the deep layers of the articular cartilage, facilitating molecular transport by the diffusion of molecules through calcified articular cartilage tissues from the subchondral bone [5, 8, 9].

Evidence shows that chemokines, cytokines, and proteases secreted from chondrocytes are involved in the alteration of the biochemical and functional capabilities of subchondral bone osteoblasts. For example, interleukin-6, in combination with other cytokines such as interleukin-1 β , can switch osteoblasts from a normal phenotype to a sclerotic phenotype. Chondrocytes undergoing destruction also secrete large amounts of the receptor activator of nuclear factor κ B ligand (RANKL), a factor that induces osteoclastogenesis. High RANKL expression is associated with increased metabolism of the subchondral bone tissue at early stages of OA [2, 7, 10].

Additionally, to the stimulatory role of chondrocytes with respect to the subchondral bone, the number of factors produced by the subchondral bone tissue and involved in both remodeling of the bone and modulation of cartilage catabolism increased. In vitro experiments have shown that subchondral osteoblasts in OA lead to a reduction in a specific cartilage phenotype (glycosaminoglycan, AGG, and COL2) when co-cultured with articular cartilage chondrocytes. In addition, cultured subchondral osteoblasts from patients with OA caused increased degradation of proteoglycans

in the cartilage compared with control subjects containing healthy subchondral bone tissue osteoblasts. Researchers explain this effect by the increased production of MMP-2 by subchondral bone osteoblasts [3, 6, 11].

Wingless type signal paths (Wnt)

Joint homeostasis critically depends on the balance between various anabolic and catabolic molecular signaling pathways of bone and cartilage tissues [3, 12]. Signaling mechanisms in joints are essential for maintaining a stable phenotype of the articular cartilage and subchondral bone, sustained synthesis of the extracellular matrix, balancing of bone remodeling processes, efficient cleavage and clearance of macromolecules and dead cells, and functional and molecular adaptation to mechanical stress. Several signaling pathways between the bone and cartilage coexist in the joints, which are necessary to maintain homeostasis and ensure adequate joint function. However, the imbalance of the delicate balance between them that develops in destructive–dystrophic joint lesions leads to the gradual hypertrophy of the subchondral bone and deterioration of the quality of the hyaline cartilage, contributing to OA progression [1, 8].

Wnt pathways represent a large family of cysteine-rich morphogens. To date, 19 structurally related glycoproteins that can transduce their signal through various intracellular cascades have been identified. Classically, Wnt pathways have been classified into canonical and noncanonical pathways. Canonical pathways can inhibit GSK-3 β phosphorylation of β -catenin and its subsequent degradation (e.g., Wnt 1, 3a, and 8), and noncanonical pathways do not affect the level of β -catenin (e.g., Wnt 4, 5a, and 11) [4, 7].

Studies on experimental animals (mice) have emphasized the importance of the canonical Wnt signaling system in maintaining the mature phenotype of the articular cartilage, which is characterized by prolonged cell survival and lack of differentiation toward hypertrophy [2, 3]. Several studies have demonstrated that the canonical Wnt signaling system acts as a survival signal by inhibiting chondrocyte apoptosis. Conversely, the overexpression of Wnt signals is harmful to the chondrocytes, leading to destructive and dystrophic changes in the cartilage [7].

The implementation of both canonical and noncanonical cascades of the Wnt signaling system in chondrocyte proliferation and differentiation indicates its importance in the regulation of cartilage homeostasis. In addition, to chondrogenesis, the Wnt signaling system is essential for bone development and its subsequent homeostasis. The positively regulating Wnt signaling system can induce sclerosis in bones [3, 5, 7].

TGF- β /BMP signaling system

BMPs perform many functions in the skeletal system, including the regulation of the cartilage extracellular matrix and bone remodeling. The BMP signaling system regulates the process of bone induction and is essential for enchondral

bone formation. As an intermediate stage of bone formation, BMPs are involved in all phases of chondrogenesis. BMPs 2, 4, and 5 are essential for chondrocyte proliferation and matrix synthesis [2, 3, 5, 6].

BMPs are crucial for cartilage protection and repair by regulating aggrecan and proteoglycan synthesis and are involved in various stages of chondrocyte terminal differentiation. This signaling system not only plays an important role in the early stages of chondrogenesis by stimulating the synthesis of matrix molecules such as COL2 but also actively participates in the terminal differentiation of chondrocytes by increasing the expression of MMP-13, which is observed in the hyaline cartilage in OA [3, 5, 9, 11]. Alternatively, BMPs are potent osteogenic stimulators and can regulate the activity of osteoblasts and osteoclasts in vitro and in vivo [2]. In particular, the reduced levels of BMP signaling stimulator, such as GDF5, affects the properties of the subchondral bone and its remodeling processes in destructive–dystrophic articular lesions [7].

Along with BMPs, TGF- β also plays an indispensable role in maintaining metabolic homeostasis and structural integrity of the articular cartilage [4, 9]. TGF- β is expressed at high levels in healthy cartilage, whereas it is nearly absent in OA cartilage. Since TGF- β is a potent inducer of cartilage extracellular matrix synthesis, a decrease in its level leads to proteoglycan loss and cartilage degradation. Moreover, the ablation of endogenous TGF- β 1 activity suppresses osteophyte formation and synovial thickening in vivo [1, 3, 11, 13]. Along with its critical role in cartilage homeostasis, TGF- β 1 regulates osteoclastic bone resorption and induces the migration of bone marrow mesenchymal stem cells into resorption pits to form new trabecular bone in long bones [2, 4, 12]. These studies have suggested that the TGF- β /BMP signaling system is one of the most important systems for the normal homeostasis of the cartilage–bone biochemical unit. The increased production of TGF- β in the deteriorating cartilage in OA affects the homeostasis not only of the cartilage but also of the subchondral bone, which once again proves the molecular level of the depth of the crosstalk between cartilage and bone tissues.

TGF- β 1 inhibition restored the microarchitecture of the subchondral bone by arresting angiogenesis, reducing the population of bone marrow mesenchymal stem cells undergoing osteogenesis, as well as attenuating proteoglycan loss and increased calcification observed in mice with experimental OA [12].

Mitogen-activated protein kinase (MAPK) signaling system

MAPK includes three broad categories of kinases: extracellular signal-regulated kinases (ERK), stress-activated protein kinases/c-Jun N-terminal kinases, and p38 kinases. Recently, the MAPK family was found to be associated with the pathophysiology of OA. The activation of ERK and p38 is a key signaling event in the processes leading to articular

cartilage degeneration. The activation of both ERK and p38 signaling is necessary for MMP expression and activity, whereas only ERK activation is necessary for aggrecanase-mediated cartilage degeneration [4, 5]. MMP-13 production from subchondral bone osteoblasts in response to mechanical stress may trigger the cartilage degradation observed during OA progression. The possibility of MAPK-mediated release of degradative enzymes from the subchondral bone affecting chondrocytes suggests the existence of intercellular communication between cartilage and bones affecting each other. In this case, articular cartilage chondrocytes in OA lead to the increased production of markers of their differentiation, such as RUNX2, alkaline phosphatase, osteopontin, and osteocalcin, by healthy subchondral osteoblasts, whereas normal articular chondrocytes inhibit this process [9, 11].

Secreted cytokines, growth factors, and signaling molecules that form the biochemical units of the cartilage and bone play a modulating role in altering joint pathophysiology in OA. The complexity of Wnt, BMPs, TGF- β , and MAPK signaling systems in the maintenance and control of joint homeostasis, their role in the crosstalk between cartilage and subchondral bone, and the observed alterations in OA change the views on the pathogenetic mechanisms of this disease [1].

In the analysis of the results of numerous studies aimed at objectivizing the assessment of OA pathogenesis processes, we should state that dogmatic attitudes regarding the understanding of the role and participation of bone and cartilage tissues, their interaction, and sequence of key events accompanying the debut and progression of this pathology have been revised. The close morphofunctional interrelation of the subchondral bone tissue and hyaline cartilage, complexity and proven absolute interdependence of molecular signaling pathways between them, emerging and accumulating data on the peculiarities of subchondral bone tissue metabolism and its importance in ensuring adequate vital activity of articular cartilage determine the departure from the chondrocentric model of OA pathogenesis, which postulated the primary role of articular cartilage in disease development. Today, increasing evidence shows that the subchondral bone is the initiator and key player in OA progression. OA first manifests as molecular disorganization and development of abnormal metabolism of the bone, cartilage tissue and their interface, followed by anatomophysiological abnormalities, manifesting with clinical manifestations and an extensive disease picture. At present, most researchers studying the pathophysiology of destructive–dystrophic joint diseases, with regard to OA, no longer adhere to the position of the parallelism of the start of pathological processes in bone and cartilage tissues but raise the question: “How early do changes in the subchondral bone begin in relation to hyaline cartilage”?

The formation of articular cartilage defects in OA is the final manifestation of the destructive and dystrophic changes in the cartilage and, of utmost importance, subchondral bone. Until recently, a certain stereotypical view of chondral

defects of the knee joint in OA was raised in the professional community owing to the lack of instrumental diagnostic capabilities in relation to the initial stages of the pathological process and the postulation of the primary changes in OA in the articular cartilage and, accordingly, the a priori impossibility to detect these changes clinically up to the terminal disease stages. A direct evidence of this is the continued use of two main classification systems of OA in the world: the exclusive radiologic classification of Kellgren and Lawrence (1957) with modifications, which distinguishes four disease stages, and the clinical and radiologic classification of N.S. Kosinskaya (1961), according to which three OA stages are verified. Neither the first nor the second of them assess changes in the articular cartilage, which, obviously, can be explained by the historical impossibility of detailing its condition at the development of these classifications. However, this argument loses its validity, because at present, even though a highly sensitive and highly specific diagnostic method such as MRI is widespread, no MRI classification of OA stages is universally accepted. The same should be said for our country: no MRI classification of OA is validated in the Russian Federation. This also applies to other instrumental methods of OA verification, which include computed tomography and ultrasonography. The MRI systems developed and currently used to assess the severity of pathologic changes in OA include the Boston Leeds osteoarthritis knee score, whole-organ magnetic resonance imaging score, MRI osteoarthritis score, and outcome measures in rheumatology – knee inflammation MRI scoring system (OMERACT-KIMRISS) – they have a very narrow focus of application, mainly in patients with combined traumatic injuries of the soft tissue structures of the knee joint.

The characteristics of the knee joint structures during the development of OA-associated articular surface defects generally correspond to the pathologic transformations characteristic of OA stages 2 and 3. In the articular surface, predominantly the medial femoral condyle, numerous deep cartilage erosions are formed, penetrating the calcified cartilage and subchondral bone, sometimes dividing the hyaline cartilage into isolated fragments. In some of the most stressed areas, the hyaline cartilage thins, sometimes exposing the subchondral bone, forming defects of the articular surface of irregular round shape with often indistinct boundaries. In the defect area, the subchondral bone appears as a smooth shiny surface, macroscopically hypertrophied, and not bleeding when damaged. The hyaline cartilage surrounding such a full-layer defect shows signs of moderate degeneration, corresponding to the degree of the destructive–dystrophic process in a particular clinical situation. Defects of the articular surfaces in primary OA, unlike aseptic osteonecrosis, never extend in depth below the subchondral bone plate, which is their bottom [5].

When considering the issues of articular hyaline cartilage repair in the development of degenerative–dystrophic joint diseases, the current lack of a complete understanding of the

mechanisms of its realization should be also recognized. Our knowledge of the peculiarities of reparative chondrogenesis is based on either the analysis of acute traumatic injuries of the hyaline cartilage or the study of various experimental models of artificial chondrodestruction and can be extrapolated to the processes in OA and its treatment with a large degree of conventionality [6].

The possibilities of hyaline cartilage for reparative regeneration are limited by its avascularity and the peculiarities of its anatomy. The absence of blood vessels in the articular cartilage makes it impossible for the inflammatory phase to unfold and stem cells to migrate into the cartilage. Moreover, the extracellular matrix forms a physical barrier to the migration of existing chondrocytes into the damaged area. In damaged cartilage, the sources of its regeneration are the cartilage itself, synovial membrane of the joint, bone tissue cells transforming into cartilage cells, and bone marrow cells, which can serve as sources of regeneration in deep cartilage damage that affects the subchondral bone tissue [2, 7, 8]. However, to date, the participation of chondrocytes in the regeneration process is very insignificant and does not play an appreciable role [1, 3].

Although the subtle morphofunctional features of the hyaline cartilage, subchondral bone, and their tissue and molecular interactions do not allow us to fully determine the course of the spontaneous repair of lesions in the articular surfaces, recent studies have demonstrated the crucial role of the subchondral bone in these processes. In fact, the completeness of reparative processes in full-thickness and penetrating chondral defects in OA directly correlate with the quality of subchondral and metaphyseal bone tissue, adequacy of its metabolism, and restoration of bone morphofunctional sufficiency during treatment.

In the analysis of the medical care problem for patients with knee OA and associated local lesions of articular surfaces, two differently polar vectors of treatment strategy can be conditionally distinguished today. First, a wide, active and aggressive introduction of nonoperative methods of chondrogenesis stimulation into clinical practice continues, including various invasive methods aimed at direct stimulation of hyaline cartilage formation processes or the creation of favorable conditions for their course, such as intra-articular injection of hyaluronic acid-based preparations, PRP, and SVF therapy. These methods have gained and retained a kind of popularity niche in the professional environment because of, among other things, the possibility of their application in outpatient settings, absence of the need for constant long-term medical supervision of the patient, high patient compliance, and patient's psychologically more positive attitude to treatment, which does not require hospitalization.

Second, there is a clear trend toward an increase in the number of organ-substituting surgical interventions such as unicompartmental and total joint endoprosthetics in the Russian Federation. The prospect of a one-stage and radical relief from suffering, high efficiency in the maximum and full

restoration of the joint and limb function after surgery, prognosis of rapid and significant improvement in the quality of life, material and technical capabilities of specialized trauma and orthopedic hospitals, widespread availability and accessibility of courses and training cycles for specialists, and to a certain extent the image component have led to the use of endoprosthesis.

However, joint endoprosthetics, which involves the mechanical removal of affected cartilage and bone tissues, the main but (and this is important) not the only source of the patient's suffering, cannot be considered a pathogenetic way of treating OA and is essentially an operation of partial replacement of the affected organ.

Furthermore, the risks of serious complications such as paraendoprosthesis infection, periprosthetic fractures of the femur and tibia, early aseptic instability of the endoprosthesis components, venous thrombosis, which in some cases are fatal for the joint and affects the quality of life of patients and often require long-term and economically expensive treatment, issues of patients' satisfaction with the mid-term and long-term results of the operation (which does not exceed 42%–65%), dictate the need for a very careful and balanced approach when planning total endoprosthesis as the operation of choice in these patients.

CONCLUSIONS

An important factor that determines treatment effectiveness in patients with knee OA is the current understanding of the priority of the functional state of the joint: even against the background of significant morphological changes in intra- and para-articular structures, including hyaline cartilage, in certain cases, the joint function can be relatively compensated for a long time. This leads to the revision of views on the correlation approach to the choice of treatment techniques established in the professional orthopedic community, which for many years was defined by the formula "the more severe the degree of destructive–dystrophic lesions of the knee joint, the more radical the surgery should be."

Against this background and considering emerging data on the pathogenesis of OA and associated local lesions of the hyaline cartilage, the development and introduction into clinical practice of organ-preserving surgical interventions, minimally invasive surgical techniques of chondroplasty, methods of stimulation of reparative chondro- and osteogenesis and their combinations, which allow the restoration of the anatomical integrity of the joint structures and its functional sufficiency and thus improve the quality of life, are becoming increasingly important nowadays.

The effectiveness of the organ-preserving methods of surgical treatment in bone–cartilage defects of destructive–dystrophic genesis directly correlates with the state of subchondral and metaphyseal bone tissue; thus, the completeness and adequacy of the restoration of its

anatomical integrity and provision of metabolic restitution are the most important tasks of surgical reconstructive and plastic correction. Attempts at the isolated treatment of hyaline cartilage lesions in the light of currently available new ideas about the pathogenetic mechanisms of the development of destructive–dystrophic knee joint diseases, are ineffective, and its results do not satisfy patients or doctors. Thus, a fundamentally important and difficult task in the treatment of these patients is a one-stage correction of both articular cartilage damage and pathologic changes in the subchondral bone and bone tissue of the femoral and tibial metaphyses. Conditions and opportunities for the most complete regeneration of articular cartilage can be provided only in this case, which further determines the restoration of the functions of the knee joint and lower extremity.

Thus, the currently established similarity of the underlying pathogenetic mechanisms of knee joint OA and the emerging persistent trend toward the development and implementation of reconstructive surgical treatment in operative orthopedics, which allows the preservation of the anatomy and function of the joint, necessitate the development of organ-preserving surgery of destructive–dystrophic joint lesions, based on the modern techniques of reconstructive surgery of the knee joints.

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: Г.П. Котельников — редактирование статьи; Ю.В. Ларцев — обзор литературных источников, редактирование статьи; Д.С. Кудашев — оперативное лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста, редактирование статьи; С.Д. Зуев-Ратников — оперативное лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников; В.Г. Асатрян — курация и хирургическое лечение пациентов; Н.Д. Щербатов — сбор и анализ литературных источников.

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. G.P. Kotelnikov — article editing; Yu.V. Lartsev — review of literary sources, editing of the article; D.S. Kudashev — surgical treatment of patients, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text and editing of the article; S.D. Zuev-Ratnikov — surgical treatment of patients, collection and analysis of literary sources; V.G. Asatryan — curation and surgical

treatment of patients; N.D. Shcherbatov — collection and analysis of literary sources.

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. Алексеева Л.И., Таскина Е.А., Кашеварова Н.Г. Остео-артрит: эпидемиология, классификация, факторы риска и прогрессирования, клиника, диагностика, лечение // Современная ревматология. 2019. Т. 13, № 2. С. 9–21. doi: 10.14412/1996-7012-2019-2-9-21
2. Кабалык М.А. Биомаркеры и участники ремоделирования субхондральной кости при остеоартрозе // Тихоокеанский медицинский журнал. 2017. № 1. С. 37–34. doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.37-41
3. Alan B. The Bone Cartilage Interface and Osteoarthritis // *Calcified Tissue International*. 2021. Vol. 109, № 3. P. 303–328. doi: 10.1007/s00223-021-00866-9
4. Ashish R.S., Supriya J., Sang-Soo L., Ju-Suk N. Interplay between Cartilage and Subchondral Bone Contributing to Pathogenesis of Osteoarthritis // *Int J Mol Sci*. 2013. Vol. 14, № 10. P. 19805–19830. doi: 10.3390/ijms141019805
5. Loefer M., van Beest S., Kroon F.P.B., et al. Comparison of histological and morphometrical changes underlying subchondral bone abnormalities in inflammatory and degenerative musculoskeletal disorders: a systematic review // *Osteoarthritis Cartilage*. 2018. Vol. 26, № 8. P. 992–1002. doi: 10.1016/j.joca.2018.05.007
6. Goldring S.R., Goldring M.B. Changes in the osteochondral unit during osteoarthritis: structure, function, and cartilage-bone crosstalk // *Nat Rev Rheumatol*. 2016. Vol. 12, № 11. P. 632–644. doi: 10.1038/nrrheum.2016.148
7. Boyde A., Davis G.R., Mills D., et al. On fragmenting, densely mineralized acellular protrusions into articular cartilage and their possible role in osteoarthritis // *J Anat*. 2014. Vol. 225, № 4. P. 436–446. doi: 10.1111/joa.12226
8. Алексеева Л.И., Зайцева Е.М. Роль субхондральной кости при остеоартрозе // Научно-практическая ревматология. 2009. Т. 47, № 4. С. 41–48. doi: 10.14412/1995-4484-2009-1149
9. Roy K.A., Jennifer R., Jonathan P.D. Contribution of Circulatory Disturbances in Subchondral Bone to the Pathophysiology of Osteoarthritis // *Curr Rheumatol Rep*. 2017. Vol. 19, № 8. P. 49. doi: 10.1007/s11926-017-0660-x
10. Kuttapitiya A., Assi L., Laing K., et al. Microarray analysis of bone marrow lesions in osteoarthritis demonstrates upregulation of genes implicated in osteochondral turnover, neurogenesis and inflammation // *Ann Rheum Dis*. 2017. Vol. 76, № 10. P. 1764–1773. doi: 10.1136/annrheumdis-2017-211396
11. Butterfield N.C., Curry K.F., Steinberg J., et al. Accelerating functional gene discovery in osteoarthritis // *Nat Commun*. 2021. Vol. 12, № 1. P. 467. doi: 10.1038/s41467-020-20761-5
12. Zhen G., Wen C., Jia X., et al. Inhibition of TGF-beta signaling in mesenchymal stem cells of subchondral bone attenuates osteoarthritis // *Nat Med*. 2013. Vol. 19, № 6. P. 704–712. doi: 10.1038/nm.3143
13. Li G., Zheng Q., Landao-Bassonga E., Cheng T.S., et al. Influence of age and gender on microarchitecture and bone remodeling in subchondral bone of the osteoarthritic femoral head // *Bone*. 2015. № 77. P. 91–97. doi: 10.1016/j.bone.2015.04.019
14. Егизарян К.А., Лазишвили Г.Д., Храменкова И.В., и др. Алгоритм хирургического лечения больных с рассекающим остеохондритом коленного сустава // Вестник РГМУ. 2018. № 2. С. 77–83. doi: 10.24075/brsmu.2018.020

REFERENCES

1. Alekseeva LI, Taskina EA, Kashevarova NG. Osteoarthritis: epidemiology, classification, risk factors, and progression, clinical presentation, diagnosis, and treatment. *Modern Rheumatology Journal*. 2019;13(2):9–21. (In Russ). doi: 10.14412/1996-7012-2019-2-9-21
2. Kabalyk MA. Biomarkers of subchondral bone remodeling in osteoarthritis. *Pacific Medical Journal*. 2017;(1):37–41. (In Russ). doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.37-41
3. Alan B. The Bone Cartilage Interface and Osteoarthritis. *Calcified Tissue International*. 2021;109(3):303–328. doi: 10.1007/s00223-021-00866-9
4. Ashish RS, Supriya J, Sang-Soo L, Ju-Suk N. Interplay between Cartilage and Subchondral Bone Contributing to Pathogenesis of Osteoarthritis. *Int J Mol Sci*. 2013;14(10):19805–19830. doi: 10.3390/ijms141019805
5. Loefer M, van Beest S, Kroon FPB, et al. Comparison of histological and morphometrical changes underlying subchondral bone abnormalities in inflammatory and degenerative musculoskeletal disorders: a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2018;26(8):992–1002. doi: 10.1016/j.joca.2018.05.007
6. Goldring SR, Goldring MB. Changes in the osteochondral unit during osteoarthritis: structure, function, and cartilage-bone crosstalk. *Nat Rev Rheumatol*. 2016;12(11):632–44. doi: 10.1038/nrrheum.2016.148
7. Boyde A, Davis GR, Mills D, et al. On fragmenting, densely mineralized acellular protrusions into articular cartilage and their possible role in osteoarthritis. *J Anat*. 2014;225(4):436–446. doi: 10.1111/joa.12226
8. Alexeeva LI, Zaitseva EM. Role of subchondral bone in osteoarthritis. *Rheumatology Science and Practice*. 2009;47(4):41–48. (In Russ). doi: 10.14412/1995-4484-2009-1149
9. Roy KA, Jennifer R, Jonathan PD. Contribution of Circulatory Disturbances in Subchondral Bone to the Pathophysiology

of Osteoarthritis. *Curr Rheumatol Rep.* 2017;19(8):49. doi: 10.1007/s11926-017-0660-x

10. Kuttapitiya A, Assi L, Laing K, et al. Microarray analysis of bone marrow lesions in osteoarthritis demonstrates upregulation of genes implicated in osteochondral turnover, neurogenesis and inflammation. *Ann Rheum Dis.* 2017;76(10):1764–1773. doi: 10.1136/annrheumdis-2017-211396

11. Butterfield NC, Curry KF, Steinberg J, et al. Accelerating functional gene discovery in osteoarthritis. *Nat Commun.* 2021;12(1):467. doi: 10.1038/s41467-020-20761-5

12. Zhen G, Wen C, Jia X, et al. Inhibition of TGF-beta signaling in mesenchymal stem cells of subchondral bone attenuates osteoarthritis. *Nat Med.* 2013;19(6):704–12. doi: 10.1038/nm.3143

13. Li G, Zheng Q, Landao-Bassonga E, Cheng TS, et al. Influence of age and gender on microarchitecture and bone remodeling in subchondral bone of the osteoarthritic femoral head. *Bone.* 2015;(77):91–7. doi: 10.1016/j.bone.2015.04.019

14. Egiazaryan KA, Lazishvili GD, Hramenkova IV, et al. Knee osteochondritis dissecans: surgery algorithm. *Vestnik RGMU.* 2018;(2):77–83. (In Russ). doi: 10.24075/brsmu.2018.020

ОБ АВТОРАХ

Котельников Геннадий Петрович, д.м.н.,

академик РАН, профессор;

ORCID: 0000-0001-7456-6160;

eLibrary SPIN: 9910-1130;

e-mail: g.p.kotelnikov@samsmu.ru

Ларцев Юрий Васильевич, д.м.н., профессор;

ORCID: 0000-0003-4450-2486;

eLibrary SPIN: 7407-4693;

e-mail: lartcev@mail.ru

* **Кудашев Дмитрий Сергеевич**, к.м.н., доцент;

адрес: Россия, 443081, г. Самара, ул. Стара-Загора, д. 68, кв. 19;

ORCID: 0000-0001-8002-7294;

eLibrary SPIN: 4180-6470;

e-mail: dmitrykudashew@mail.ru

Зуев-Ратников Сергей Дмитриевич, к.м.н., доцент;

ORCID: 0000-0001-6471-123X;

eLibrary SPIN: 7415-8060;

e-mail: stenocardia@mail.ru

Асатрян Вардан Граатович;

ORCID: 0009-0009-1751-700X;

eLibrary SPIN: 7496-3860;

e-mail: vandamsmail@gmail.com

Щербатов Никита Дмитриевич;

ORCID: 0009-0007-7202-7471;

eLibrary SPIN: 4243-9081;

e-mail: niksherbatov@mail.ru

AUTHORS' INFO

Gennadiy P. Kotelnikov, MD, Dr. Sci. (Med.),

academician of the Russian Academy of Sciences, professor;

ORCID: 0000-0001-7456-6160;

eLibrary SPIN: 9910-1130;

e-mail: g.p.kotelnikov@samsmu.ru

Yuriy V. Lartsev, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0003-4450-2486;

eLibrary SPIN: 7407-4693;

e-mail: lartcev@mail.ru

* **Dmitry S. Kudashev**, MD, Cand. Sci. (Med.), associate professor;

address: 68 Stara Zagora street, 19, 443081, Samara, Russia;

ORCID: 0000-0001-8002-7294;

eLibrary SPIN: 4180-6470;

e-mail: dmitrykudashew@mail.ru

Sergey D. Zuev-Ratnikov, MD, Cand. Sci. (Med.), associate professor;

ORCID: 0000-0001-6471-123X;

eLibrary SPIN: 7415-8060;

e-mail: stenocardia@mail.ru

Vardan G. Asatryan;

ORCID: 0009-0009-1751-700X;

eLibrary SPIN: 7496-3860;

e-mail: vandamsmail@gmail.com

Nikita D. Shcherbatov;

ORCID: 0009-0007-7202-7471;

eLibrary SPIN: 4243-9081;

e-mail: niksherbatov@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321367>

Лечение внутрисуставных переломов и переломовывихов в проксимальном межфаланговом суставе пальцев кисти в остром и отдалённом периодах травмы

И.О. Голубев, М.В. Меркулов, В.Д. Кузнецов, О.М. Бушуев, И.А. Кутепов, Г.Г. Балюра

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

АННОТАЦИЯ

Данный обзор литературы посвящён проблеме лечения пациентов с внутрисуставными переломовывихами проксимального межфалангового сустава пальцев кисти и их последствиями. Эти повреждения достаточно часто встречаются среди травм кисти, однако в настоящее время нет единого универсального подхода к их лечению. Обзор проведён с использованием баз данных медицинской литературы и ресурсов PubMed и eLibrary. В работе освещены элементы анатомии сустава, механизмы получения травм, методы диагностики этих повреждений, варианты классификации и методов лечения.

Ключевые слова: проксимальный межфаланговый сустав; внутрисуставной перелом; переломовывих; аппарат внешней фиксации; гемиартропластика; артропластика.

Как цитировать:

Голубев И.О., Меркулов М.В., Кузнецов В.Д., Бушуев О.М., Кутепов И.А., Балюра Г.Г. Лечение внутрисуставных переломов и переломовывихов в проксимальном межфаланговом суставе пальцев кисти в остром и отдалённом периодах травмы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 233–244. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321367>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321367>

Treatment of intra-articular fractures and fracture-dislocations fingers of the wrist in acute and long-distant periods

Igor O. Golubev, Maksim V. Merkulov, Vasiliy D. Kuznetsov, Oleg M. Bushuev, Ilya A. Kutepov, Grigoriy G. Baliura

Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

This review is devoted to the problem of treating patients with intra-articular fracture dislocations affecting the finger proximal interphalangeal joint and their consequences. Although these traumas are quite common among hand injuries, there is currently no single universal approach to their treatment. The review was conducted using literature databases, PubMed and eLibrary. The work highlights the joint anatomy, injury mechanisms, diagnostic methods, classification variations, and treatment methods.

Keywords: proximal interphalangeal joint; intraarticular fracture; fracture-dislocation; external fixation; hemihamate arthroplasty; arthroplasty.

To cite this article:

Golubev IO, Merkulov MV, Kuznetsov VD, Bushuev OM, Kutepov IA, Balura GG. Treatment of intra-articular fractures and fracture-dislocations fingers of the wrist in acute and long-distant periods. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):233–244. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321367>

Received: 15.03.2023

Accepted: 17.07.2023

Published: 24.07.2023

ВВЕДЕНИЕ

Кисть человека является органом, отличающимся особой сложностью дифференцированных движений. Любая травма с нарушением анатомического строения кисти приводит к изменениям её биомеханики и тем самым ограничивает трудоспособность больного [1]. 30% от всех травм опорно-двигательного аппарата составляют повреждения кисти [2]. Ежегодно частота переломов пальцев кисти составляет 67,9 на 100 000 человек при оценке посещений отделений неотложной помощи. Спектр травм варьирует от незначительных до внутрисуставных переломов. Часто тяжесть травмы недооценивается пациентом [3]. Лечение переломов фаланг и пястных костей остаётся сложным разделом хирургии кисти [4]. Проксимальный межфаланговый сустав (ПМФС) наиболее часто подвержен травматизации в суставах кисти. Повреждения ПМФС трудно поддаются лечению из-за склонности сустава к формированию ранней тугоподвижности и позднего выявления повреждений, так как последние часто игнорируются или недооцениваются при первичном обращении пациента. Ошибки в диагностике и лечении повреждений фаланг пальцев и пястных костей наблюдаются в 28–70% случаев, а частота неудовлетворительных исходов достигает 16–30% [4]. Такие повреждения наиболее часто встречаются у лиц молодого возраста, ведущих активный образ жизни, что серьёзно ограничивает функциональные возможности и существенно снижает качество жизни [5]. Открытое положение сустава и большая амплитуда движений в ПМФС делают его наиболее уязвимым для травм. Некоторые травмы являются только мягкотканными, в то время как другие приводят к внутрисуставному перелому с подвывихом/вывихом или без них [6]. При неправильно выбранной тактике лечения пациентов с повреждениями ПМФС возникает скорое формирование тугоподвижности, контрактур, а также длительно сохраняющийся болевой синдром [5]. Раннее восстановление движений в суставе является главной задачей при лечении пациентов с данным типом повреждений, так как даже самые незначительные травмы могут привести к тугоподвижности [7]. Средний (III) и безымянный (IV) пальцы подвержены риску переломов из-за их длинного соотношения рычагов, особенно в проксимальном межфаланговом суставе из-за относительно небольшого его диаметра. Осевая тупая травма в сочетании с вектором силы, действующей под углом, часто вызывает серьёзные внутрисуставные переломы, как правило, при занятиях спортом с мячом.

Целью данной работы является освещение проблемы переломовывихов проксимальных межфаланговых суставов пальцев кисти и обсуждение вариантов лечения пациентов с данным типом повреждений.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Поиск и выборка материала проведены с использованием баз данных PubMed и eLibrary с применением

следующих ключевых слов: «проксимальный межфаланговый сустав»; «внутрисуставной перелом»; «переломовывих»; «аппарат внешней фиксации»; «гемиартропластика»; «артропластика», «proximal interphalangeal joint»; «intraarticular fracture»; «fracture-dislocation»; «external fixation»; «hemihamate arthroplasty»; «arthroplasty». Описаны особенности анатомии проксимального межфалангового сустава и механизмы возникновения травмы. Отмечены методы диагностики повреждений и их классификации. Перечислены методы возможного лечения — как консервативные, так и оперативные.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анатомия

Проксимальный межфаланговый сустав занимает особое положение среди суставов пальцев, поскольку он дополнительно совершает вращение во время сгибания, что позволяет пальцам располагаться в направлении ладьевидной и полулунной костей, когда пальцы согнуты в кулак. Это связано с разной высотой мыщелков на головке проксимальной фаланги, которые стабилизируют сустав во фронтальной плоскости. В основании средней фаланги, по центру, расположена небольшая выпуклость, которая проходит между двумя мыщелками, что дополнительно обеспечивает стабилизацию кости. Костная ладонная губа ПМФС стабилизируется в сагиттальной плоскости. Шарнирное соединение ПМФС представляет собой не просто шарнирное, а шарнирно-скользящее соединение. Помимо вращения, в сагиттальной плоскости одновременно происходит скользящее движение. Это связано с формой основания средней фаланги и конфигурацией головки проксимальной фаланги. Однако основная стабильность ПМФС обеспечивается за счёт структур коллатеральных связок и ладонной пластинки [8].

Пара собственных и пара добавочных коллатеральных связок (рис. 1–3) образуют комплекс, обеспечивающий боковую стабильность сустава [9]. Ладонная пластинка выстилает и образует дно проксимального межфалангового

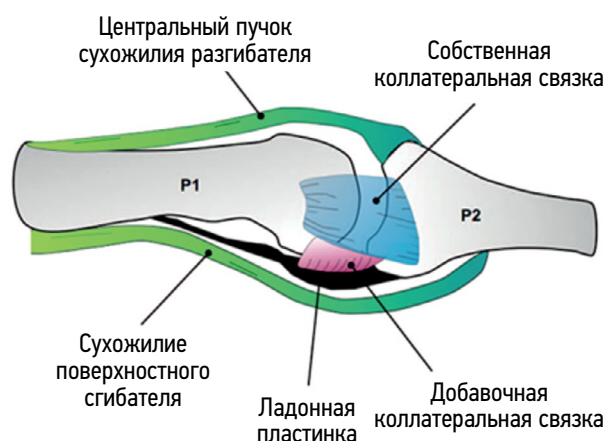


Рис. 1. Анатомия проксимального межфалангового сустава [3].
Fig. 1. Anatomy of the proximal interphalangeal joint [3].

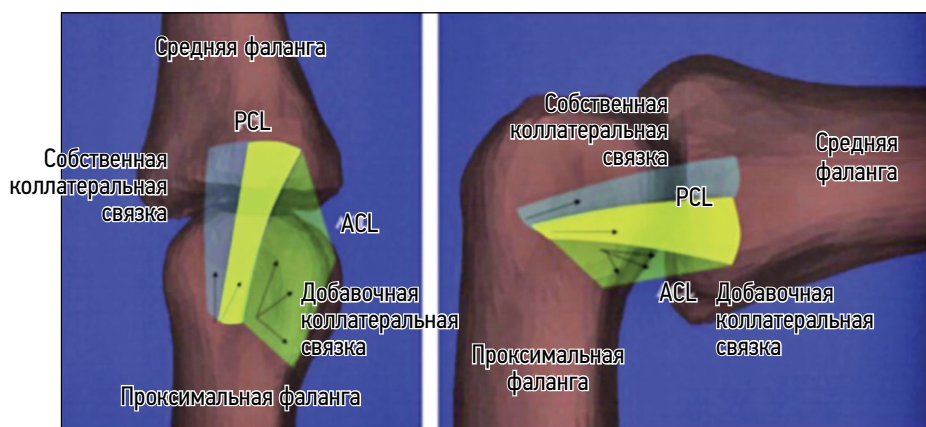


Рис. 2. Анатомия проксимального межфалангового сустава (продолжение) [11].

Fig. 2. Anatomy of the proximal interphalangeal joint (continued) [11].

сустава. Дистальная её часть образована плотной фиброзной тканью с прикреплением к основанию средней фаланги. Проксимальная же её часть представлена волокнистой соединительной тканью, имеющей складчатую структуру. Проксимальная часть пластинки утолщается, образуя по обоим краям фаланги ограничивающие связки (checkrein-связки), продолжающиеся в проксимальном направлении [9, 10]. Как продолжение ладонной пластинки в проксимальном направлении, вдоль канала сухожилий сгибателей располагаются ладонные ограничивающие связки, прикрепляющиеся к надкостнице проксимальной фаланги и внутренней поверхности связки A2. Волокна связки, прикрепляющиеся к наружной поверхности A2, вероятнее всего, обеспечивают более равномерное распределение нагрузки при гиперэкстензии [11]. Ладонная пластинка является главным стабилизатором сустава при гиперэкстензии, а также вторично осуществляет боковую стабилизацию сустава [11, 12].

Механизм травмы

Переломовывихи ПМФС являются следствием двух основных механизмов: отрыва или смещения при осевом ударе. Направление смещения используется

для классификации травмы: тыльный переломовывих (то есть тыльный вывих с переломом ладонного края средней фаланги) (рис. 4) или ладонный переломовывих (то есть ладонный вывих с переломом тыльного края средней фаланги). Третья категория — это травма пилона, при которой в перелом вовлечены как ладонный, так и тыльный края основания средней фаланги. При разгибании в ПМФС ладонная пластинка натягивается. При гиперэкстензии повреждение ладонной пластинки происходит в виде разрыва толщи пластинки либо отрыва от основания средней фаланги. Отрывные переломы различаются по размеру костного фрагмента и его смещению, но, как правило, без фрагментации отломка. Осевая нагрузка, приложенная к пальцу при его сгибании, приводит к столкновению с головкой проксимальной фаланги. При сгибании в ПМФС осевая нагрузка на среднюю фалангу приводит к перелому ладонного края её основания. При таком переломе теряется стабилизирующая функция ладонной пластинки и происходит тыльное смещение фаланги [13].

Диагностика

Даже при незначительной травме области ПМФС возникают болевой синдром и местная отёчность.

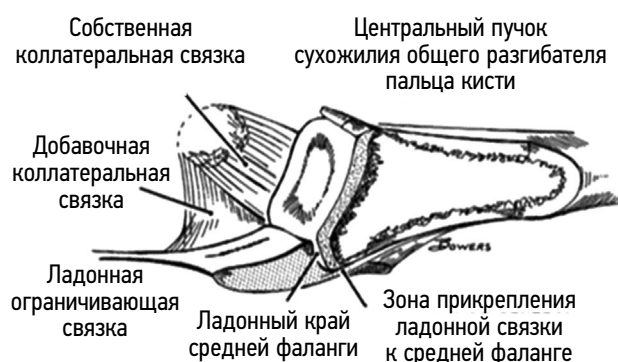


Рис. 3. Анатомия проксимального межфалангового сустава (окончание) [11].

Fig. 3. Anatomy of the proximal interphalangeal joint (ending) [11].

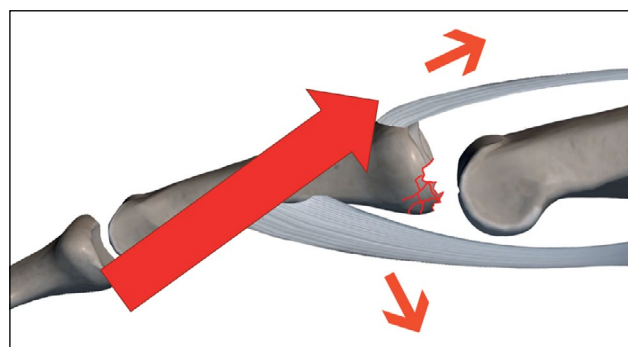


Рис. 4. Схема механизма травмы переломовывиха ладонного края основания средней фаланги.

Fig. 4. Schematic diagram of the base of the middle palmar edge phalanx fractured-dislocation injury mechanism.

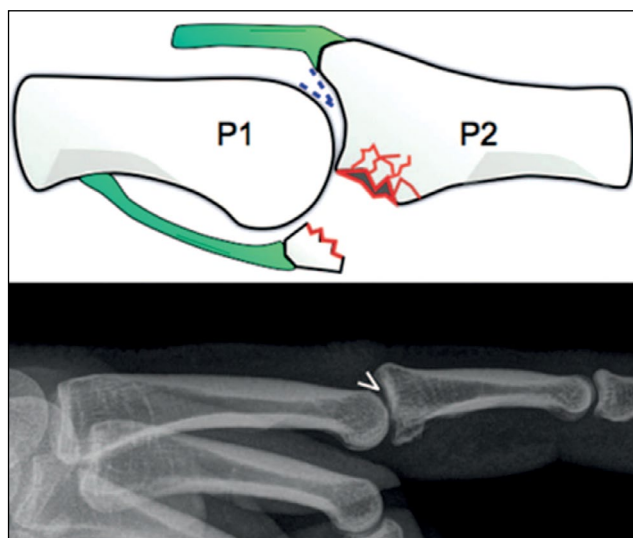


Рис. 5. Признаки переломовывиха проксимального межфалангового сустава [3].

Fig. 5. Signs of proximal interphalangeal joint fracture-dislocation [3].



Рис. 6. Рентгенологические признаки переломовывиха. V-знак [7].

Fig. 6. Radiologic signs of fracture-dislocation. V-sign [7].

При обследовании пациента оцениваются стабильность, болезненность, амплитуда движений во всех суставах пальца, а также сохранность чувствительности и кровоснабжения. Уже при появлении болезненности в какой-либо зоне выполняется серия рентгенограмм для исключения или подтверждения наличия повреждения костной ткани до проведения физикального обследования. Стабильный сохранный сустав имеет допустимую девиацию до 10° . Девиация фаланги более чем на 15° указывает на повреждение как собственных, так и добавочных коллатеральных связок сустава. Часто отрывные переломы ладонного или тыльного края основания средней фаланги остаются незамеченными. Особое внимание следует обратить на конгруэнтность суставных поверхностей. Фрагмент основания фаланги оценивается в процентном соотношении от всей площади её суставной поверхности. Наиболее специфическим рентгенологическим признаком переломовывиха основания средней фаланги является так называемый V-знак (V-sign) (рис. 5, 6) — воображаемый знак V на тыльной поверхности области ПМФС в боковой проекции, между осями основания средней фаланги и головки проксимальной фаланги [14].

Классификация

Существует множество классификаций, описывающих характер переломовывихов основания средней фаланги [15]. Классификация Kieffhaber–Stern описывает влияние размера фрагмента в процентах от площади всей суставной поверхности на степень стабильности перелома (рис. 7). Изначально она была представлена Н. Hastings и позже, в 1998 г., модифицирована T.R. Kieffhaber и J. Stern [16].

Классификация Eaton (рис. 8) была представлена Eaton и Malerich в 1980 г. Данная классификация описывает степень вовлечения коллатеральных связок и наличие или отсутствия перелома [17].

В 2019 году Eichi Itadera, Seiji Okamoto, Michiaki Miura была представлена классификация SCARF (рис. 9), которая описывает характер вывиха в сагиттальной, коронарной и аксиальной плоскостях, наличие или отсутствие ротационного компонента и собственно перелома. Сами авторы отмечают, что классификация не описывает

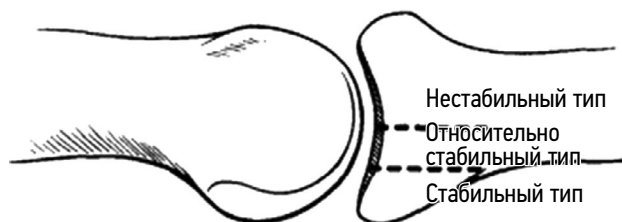


Рис. 7. Классификация Kieffhaber-Stern [6].

Fig. 7. Kieffhaber-Stern classification [6].

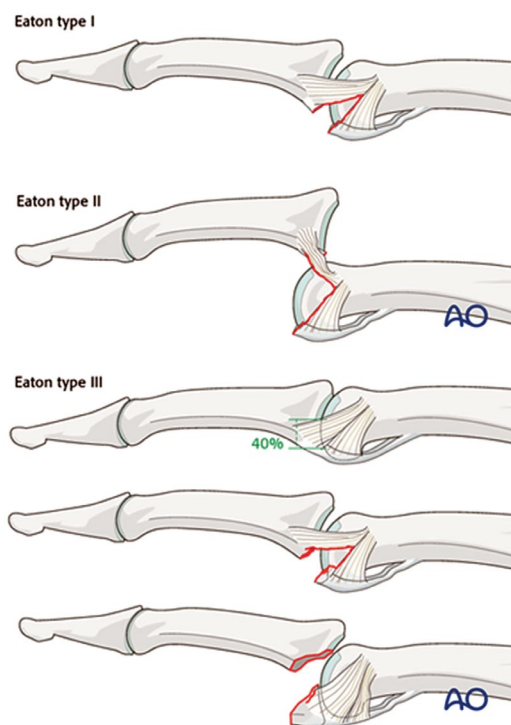


Рис. 8. Классификация Eaton.

Fig. 8. Eaton classification.

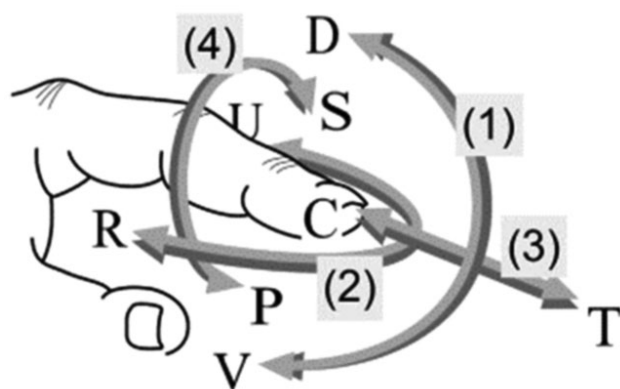


Рис. 9. Классификация SCARF [18].

Fig. 9. SCARF classification [18].

характер перелома и должна дополняться другой классификацией [18].

Лечение

Главной задачей лечения пациентов с переломами межфаланговых пальцев кисти является стабилизация и ранняя разработка активных движений [7]. Восстановление анатомии является важной, но не главной задачей [5].

Переломы, нарушающие стабильность сустава, лечатся чаще консервативно, а нестабильные требуют оперативного лечения [5].

При лечении пациентов со сложными переломами часто наблюдаются долгосрочные последствия, такие как болевой синдром, тугоподвижность и ограничение движений. Применяется множество методов лечения в зависимости от каждого конкретного случая, однако ни один из них не гарантирует стабильно хорошего результата [19]. Выбор метода лечения зависит от степени стабильности структур в поврежденном

суставе, размера костного фрагмента и направления его смещения, а также сопутствующих повреждений мягких тканей, преимущественно стабилизаторов сустава [7].

Ортезирование

Ed McElfresh описал технику блокирующего ортеза в 1972 году. Этот метод включает проведение закрытой репозиции, а затем рентгенологической оценки для определения амплитуды движения до появления подвывиха. Затем ПМФС удерживают в дополнительном сгибании на 10–20° от точки, где появляется подвывих. В пределах ортеза (рис. 10) начинается ранняя разработка движений. Допустимая степень разгибания постепенно увеличивается с течением времени, пока ортезирование не будет прекращено. Данный метод эффективен, однако ортез может быть громоздким и требует соответствующего терпения и готовности мириться с определёнными неудобствами. Кроме того, McElfresh и Dobyns рекомендовали это лечение пациентам с переломами 30% или менее суставной поверхности и некоторым лицам с переломами 30–50%, хотя они заявили, что у таких пациентов необходимо рассмотреть возможность хирургического вмешательства [17].

Спицевая фиксация

Закрытая репозиция, фиксация спицами

Использование чрескожной фиксации спицами Киршнера (рис. 11) для лечения различных типов переломов ПМФС становится всё более предпочтительным. Данная техника может стать методом лечения, во-первых, потому что спицы компактные, гибкие и легкодоступны в экстренных случаях, и, во-вторых, потому что они позволяют пациенту двигать как повреждённым, так и смежным суставом во время фиксации; раннее



Рис. 10. Варианты ортезирования [7, 12, 22].

Fig. 10. Orthotization options [7, 12, 22].

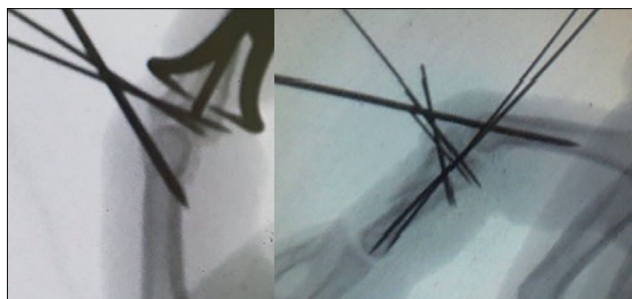


Рис. 11. Остеосинтез спицами [20].

Fig. 11. Osteosynthesis with spokes [20].

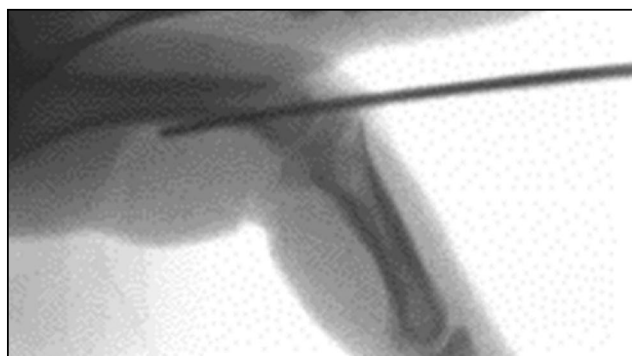


Рис. 12. Интрамедуллярная блокирующая спица [5].

Fig. 12. Intramedullary blocking spoke [5].

восстановление движений улучшит восстановление суставной поверхности [20].

Ограничение гиперэкстензии спицами

Чтобы избежать громоздкой шины и устранить опасения по поводу соблюдения правил использования шины, была представлена техника блокирующей спицы (рис. 12). Первоначально Sugawa описал эту технику в 1979 году,

исходя из принципа, что блокирующая спица предотвращает компрессионную нагрузку на ладонный край основания средней фаланги. Это не только предотвратило повторный дорсальный подвывих или вывих, но и устранило необходимость в постоянной фиксации перелома или костного трансплантата для исключения повторного смещения [17]. Данный метод состоит в закрытой репозиции и транскутанном трансартикулярном проведении спицы через головку проксимальной фаланги так, что исключается разгибание в суставе в крайние 30–60° [21], что повторяет принцип ортезирования.

Открытая репозиция и внутренняя фиксация

Несмотря на широкую практику применения остеосинтеза винтами, уникальные анатомические особенности фаланг (скользящие структуры, тонкие кортикальные слои и небольшие костные фрагменты), остеосинтез фаланг пальцев винтами (рис. 13) является одним из наиболее технически сложных методов лечения. Однако достигнутая стабильность при данном методе лечения даёт возможность скорейшей мобилизации травмированного сегмента, что является явным преимуществом по сравнению с некоторыми другими методами. При остеосинтезе диаметр винта не должен превышать 1/3 длины линии перелома; необходимо провести минимум 2, а лучше 3 винта для создания многоплоскостной стабильности; ближний кортикальный слой дополнительно просверливается сверлом одного диаметра с наружным диаметром резьбы винта для создания скользящего отверстия и компрессии отломка [22].

При использовании пластин (рис. 14) для остеосинтеза внутрисуставных переломов и переломовывихов фаланги в отличие от остеосинтеза винтами обеспечивается более широкая поверхность для удержания фрагментов,

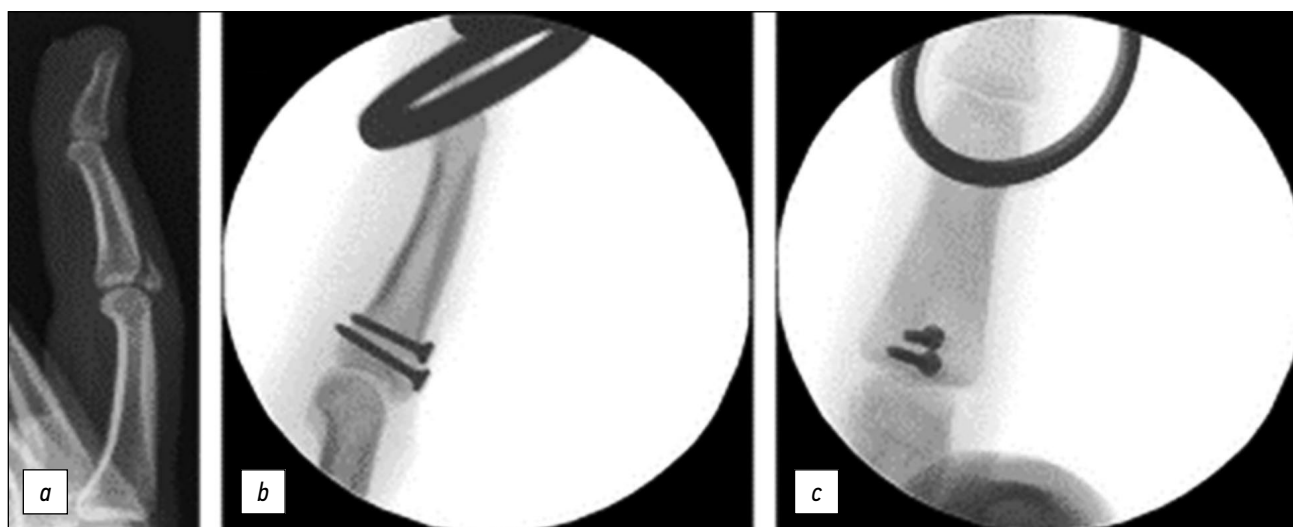
Рис. 13. Остеосинтез винтами. *a* — внутрисуставной перелом тыльного края основания средней фаланги, *b, c* — остеосинтез фрагмента средней фаланги винтами [7].

Fig. 13. Osteosynthesis with screws. *a* — intra-articular fracture of the back edge of the base of the middle phalanx, *b, c* — osteosynthesis of a fragment of the middle phalanx with screws [7].

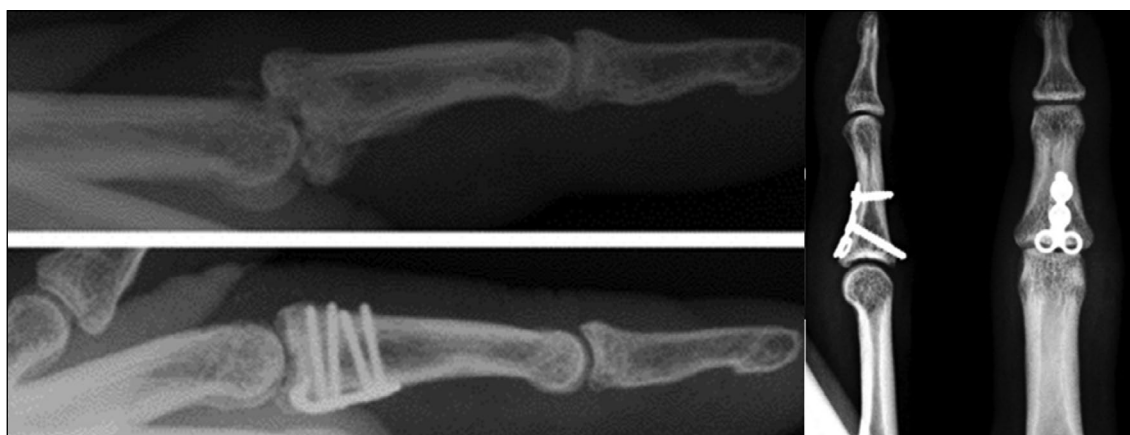


Рис. 14. Остеосинтез пластиной [7].

Fig. 14. Osteosynthesis with a plate [7].

особенно мелких. Проксимальный край пластины может, как бы огибая по диаметру основание средней фаланги, более стабильно удерживать даже мелкие фрагменты, сохранившие связь с ладонной пластинкой [5].

Основным осложнением внутренней фиксации является сгибательная контрактура, часто возникающая после ладонного доступа к суставу, с последующим формированием спаечного процесса в области сухожилий сгибателей, что впоследствии может вызвать необходимость проведения дополнительной операции (тенолиза) [23].

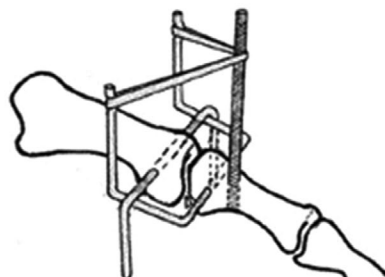
Чрескостный остеосинтез

Описано множество различных видов внешних фиксаторов, статических и динамических (рис. 15) [24].

Динамические виды, используя механизм лигаментотаксиса от дистракции, позволяют добиться репозиции фрагментов и удерживать её. Благодаря преимуществам динамических фиксаторов были изжиты статические модели, поскольку первые позволяли получить ранние движения, что приводило к лучшим клиническим результатам. Идеальный внешний фиксатор поддерживает



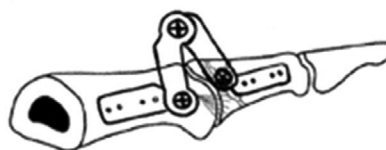
Schenck (banjo frame), 1986



Agee, 1987



Inanami et al, 1993



Hastings and Ernst, 1993



Suzuki et al, 1994



Syed et al, 2003

Рис. 15. Вариативность аппаратов внешней фиксации [3].

Fig. 15. Variation of external fixation devices [3].

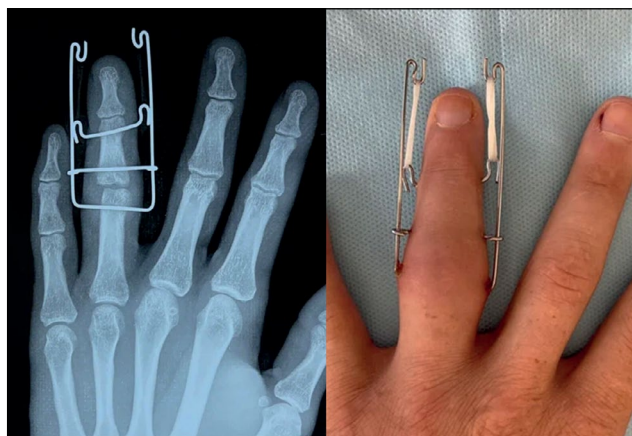


Рис. 16. Фиксация в аппарате Suzuki.

Fig. 16. Fixation in the Suzuki apparatus.

репозицию, благодаря дистракции осуществляется лигаментотаксис, он достаточно компактен и обеспечивает раннее восстановление движений. Дистракция достигается благодаря поперечно проведённой спице через центр ротации в головке проксимальной фаланги [5]. Описаны аппараты внешней фиксации, состоящие из спиц Киршнера, которые моделировались определёнными способами для достижения идей каждой отдельной методики. Конгруэнтность суставной поверхности достигалась за счёт дистракции и нужного репозиционного

момента, создаваемых в условиях внешних фиксаторов [7]. В 1994 году Suzuki с соавт. опубликовали работу, в которой представили аппарат наружной фиксации, состоящий из 3 спиц и резиновых колец (рис. 16) [25].

Гемиартропластика

Пластика основания средней фаланги костным ауто-трансплантатом крючковидной кости (рис. 17) обеспечивает стабилизацию ладонной пластинки, раннюю мобилизацию за счёт жесткой фиксации и пластику повреждённой хрящевой поверхности [5]. Данная методика является технически сложной процедурой. Частота осложнений остаётся высокой, а признаки остеоартроза рентгенологически регистрируются в 50% случаев [26]. В 10% наблюдений отмечаются контрактура и резорбция трансплантата [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лечение внутрисуставных переломов и переломо-вывихов фаланг пальцев кисти является непростой и актуальной задачей. Описано множество возможных методов лечения того или иного типа повреждений. Необходимо придерживаться классификаций и алгоритмов при выборе конкретного метода лечения, так как каждый из них имеет свои преимущества и недостатки,

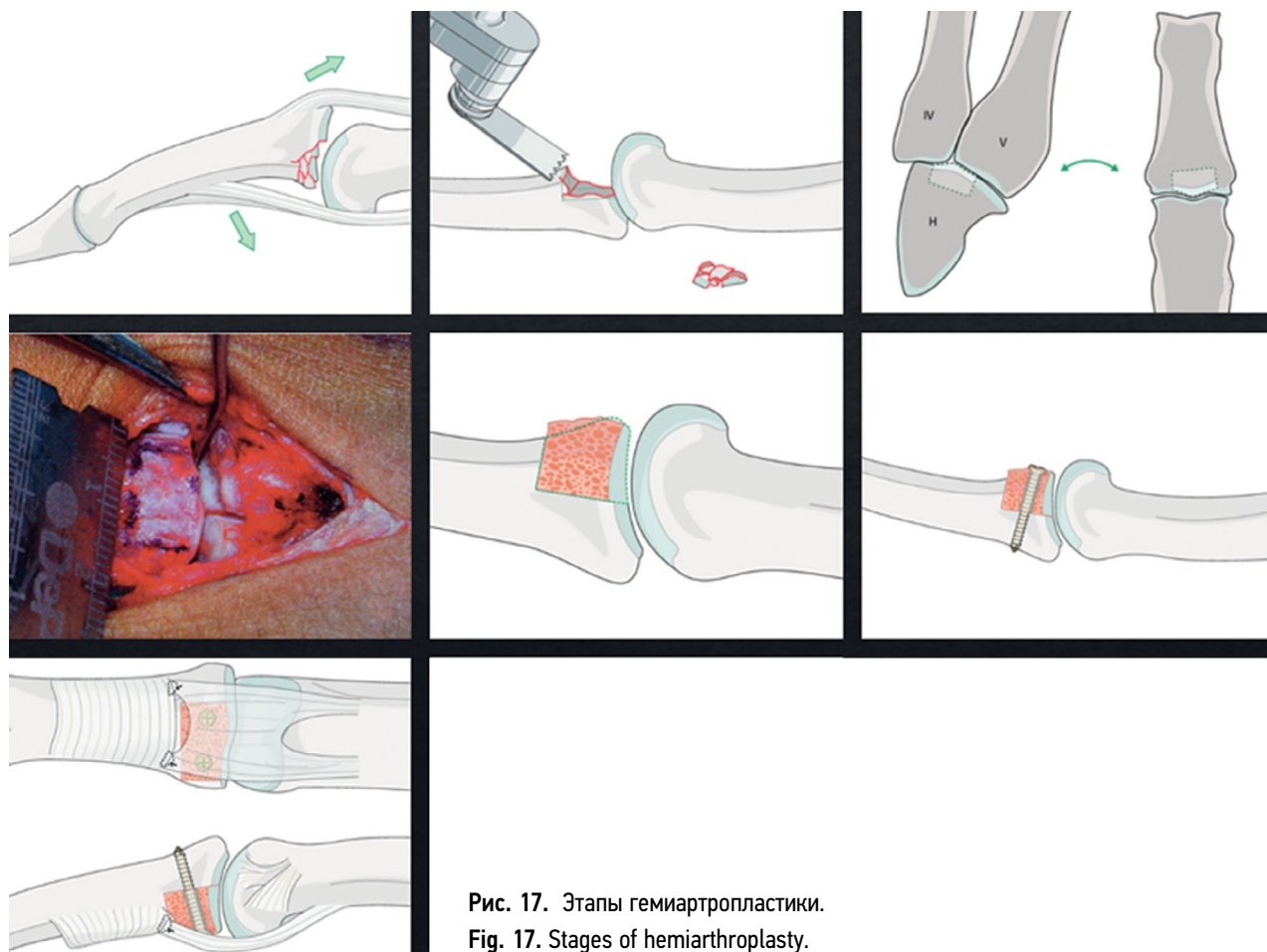


Рис. 17. Этапы гемиартропластики.

Fig. 17. Stages of hemiarthroplasty.

а также важно понимать анатомию сегмента и механизм травмы. И самыми важными концепциями лечения являются стабилизация и ранняя мобилизация повреждённого сегмента.

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).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при подготовке публикации.

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

ADDITIONAL INFO

Author contribution. 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.

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. Коршунов В.Ф., Магдиев Д.А., Барсук В.И. Удлинение культи пальцев кисти и устранение укорочений фаланг и пястных костей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2004. Т. 11, № 1. С. 66–70. doi: 10.17816/vto200411166-70
2. Гильмутдинова Л.Т., Кутлиахметов Н.С., Сахбудинова А.Р. Медицинская реабилитация больных с травмами верхних конечностей // Фундаментальные исследования. 2014. Т. 10, № 4. С. 647–650.
3. Haase S.C., Chung K.C. Current Concepts in Treatment of Fracture-Dislocations of the Proximal Interphalangeal Joint // Plastic and Reconstructive Surgery. 2014. Vol. 134, № 6. P. 1246–1257. doi: 10.1097/PRS.0000000000000854
4. Коршунов В.Ф., Магдиев Д.А., Барсук В.И. Стабильный интрамедуллярный остеосинтез при переломах пястных костей и фаланг пальцев кисти // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2000. Т. 7, № 2. С. 22–26. doi: 10.17816/vto101596
5. Tan R., Cheah A. Injuries Around the Proximal Interphalangeal Joint // Clinics in Plastic Surgery. 2019. Vol. 46, № 3. P. 437–449. doi: 10.1016/j.cps.2019.03.005
6. Kieffhaber T.R., Stern P.J. Fracture dislocations of the proximal interphalangeal joint // J Hand Surg. 1998. Vol. 23A, № 3. P. 368–79. doi: 10.1016/S0363-5023(05)80454-X
7. Caggiano N.M., Harper C.M., Rozental T.D. Management of Proximal Interphalangeal Joint Fracture Dislocations // Hand Clinics. 2018. Vol. 34, № 2. P. 149–165. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.005
8. Unglaub F., Langer M.F., Hahn P., Müller L.P., Ahrens C., Spies C.K. Fingermittegelenkfrakturen: Diagnostik und operative Therapiemöglichkeiten // Der Unfallchirurg. 2016. Vol. 119, № 2. P. 133–145. doi: 10.1007/s00113-016-0142-z
9. Dy C., Rosenblatt L., Lee S. Current Methods and Biomechanics of Extensor Tendon Repairs // Hand Clinics. 2013. Vol. 29, № 2. P. 261–268. doi: 10.1016/j.hcl.2013.02.008
10. Leibovic S.J., Bowers W.H. Anatomy of the proximal interphalangeal joint // Hand Clin. 1994. Vol. 10, № 2. P. 169–78.
11. Pang E.Q., Yao J. Anatomy and Biomechanics of the Finger Proximal Interphalangeal Joint // Hand Clin. 2018. Vol. 34, № 2. P. 121–126. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.002
12. Khouri J.S., Bloom J.M.P., Hammert W.C. Current Trends in the Management of Proximal Interphalangeal Joint Injuries of the Hand // Plastic and Reconstructive Surgery. 2013. Vol. 132, № 5. P. 1192–1204. doi: 10.1097/PRS.0b013e3182a48d65
13. Elfar J., Mann T. Fracture-dislocations of the Proximal Interphalangeal Joint // Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2013. Vol. 21, № 2. P. 88–98. doi: 10.5435/JAAOS-21-02-88
14. Williams C.S. Proximal Interphalangeal Joint Fracture Dislocations // Hand Clinics. 2012. Vol. 28, № 3. P. 409–416. doi: 10.1016/j.hcl.2012.05.036
15. Bindra R., Woodside J.C. Treatment of Proximal Interphalangeal Joint Fracture-Dislocations // JBJS Reviews. 2015. Vol. 3, № 12. P. e1. doi: 10.2106/JBJS.RVW.0.00019
16. Jha P., Bell D., Hacking C. Keiffhaber-Stern classification of volar plate avulsion injuries of hand. Режим доступа: <https://radiopaedia.org/articles/47255>
17. Adams J.E., editor. PIP Joint Fracture Dislocations. Cham: Springer International Publishing, 2016.
18. Itadera E., Okamoto S., Miura M. Ratio of dislocation types of the proximal interphalangeal joint of the fingers: A new classification system for initial therapy // Journal of Orthopaedic Science. 2019. Vol. 24, № 6. P. 1042–1046. doi: 10.1016/j.jos.2019.08.007
19. Lo C.H., Nothdurft S.H., Park H.-S., Paul E., Leong J. Distraction ligamentotaxis for complex proximal interphalangeal joint fracture dislocations: a clinical study and the modified pins rubber band traction system revisited // Burns & Trauma. 2018. № 6. P. 23. doi: 10.1186/s41038-018-0124-1
20. Mazhar F.N., Motaghi P. Closed Reduction and Percutaneous Pinning for Treatment of Proximal Interphalangeal Joint Pilon Fractures // HAND. 2023. Vol. 18, № 1. P. 40–47. doi: 10.1177/1558944721990774
21. Waris E., Nordback P.H. Percutaneous Intramedullary Reduction Technique for Impacted Middle Phalanx Base Fractures // Tech Hand Up Extrem Surg. 2022. Vol. 26, № 1. P. 2–6. doi: 10.1097/BTH.0000000000000346
22. Carpenter S., Rohde R.S. Treatment of Phalangeal Fractures // Hand Clinics. 2013. Vol. 29, № 4. P. 519–534. doi: 10.1016/j.hcl.2013.08.006
23. Watanabe K., Kino Y., Yajima H. Factors affecting the functional results of open reduction and internal fixation for fracture-dislocations of the proximal interphalangeal joint // Hand Surgery. 2015. Vol. 20, № 1. P. 107–114. doi: 10.1142/S021881041550015X
24. Krakauer J.D., Stern P.J. Hinged Device for Fractures Involving the Proximal Interphalangeal Joint // Clinical Orthopaedics and Related Research. 1996. № 327. P. 29–37. doi: 10.1097/00003086-199606000-00006

25. Suzuki Y., Matsunaga T., Sato S., Yokoi T. The pins and rubbers traction system for treatment of comminuted intraarticular fractures and fracture-dislocations in the hand // *Journal of Hand Surgery (British and European Volume)*. 1994. Vol. 19, № 1. P. 98–107. doi: 10.1016/0266-7681(94)90059-0

26. Yang D.S., Lee S.K., Kim K.J., Choy W.S. Modified Hemihamate Arthroplasty Technique for Treatment of Acute Proximal Interphalangeal Joint Fracture-Dislocations // *Annals of Plastic Surgery*. 2014. Vol. 72, № 4. P. 411–416. doi: 10.1097/SAP.0b013e3182623988

REFERENCES

1. Korshunov VF, Magdiev DA, Badger VI. Lengthening of the stumps of the fingers of the hand and elimination of shortening of the phalanges and metacarpal bones. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2004;11(1):66–70. (In Russ). doi: 10.17816/vto200411166-70
2. Gilmutdinova LT, Kutliakhmetov NS, Sahabudinova AR. Medical rehabilitation of patients with upper limb injuries. *Fundamental research*. 2014;10(4):647–650. (In Russ).
3. Haase SC, Chung KC. Current Concepts in Treatment of Fracture-Dislocations of the Proximal Interphalangeal Joint. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2014;134(6):1246–1257. doi: 10.1097/PRS.0000000000000854
4. Korshunov VF, Magdiev DA, Badger VI. Stable intramedullary osteosynthesis in fractures of the metacarpal bones and phalanges of the fingers of the hand. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2000;7(2):22–26. (In Russ). doi: 10.17816/vto101596
5. Tan R, Cheah A. Injuries Around the Proximal Interphalangeal Joint. *Clinics in Plastic Surgery*. 2019;46(3):437–449. doi: 10.1016/j.cps.2019.03.005
6. Kieffhaber TR, Stern PJ. Fracture dislocations of the proximal interphalangeal joint. *J Hand Surg*. 1998;23A(3):368–79. doi: 10.1016/S0363-5023(05)80454-X
7. Caggiano NM, Harper CM, Rozental TD. Management of Proximal Interphalangeal Joint Fracture Dislocations. *Hand Clinics*. 2018;34(2):149–165. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.005
8. Unglaub F, Langer MF, Hahn P, Müller LP, Ahrens C, Spies CK. Fingermittegelenkfrakturen: Diagnostik und operative Therapiemöglichkeiten. *Der Unfallchirurg*. 2016;119(2):133–145. (In Germ). doi: 10.1007/s00113-016-0142-z
9. Dy C, Rosenblatt L, Lee S. Current Methods and Biomechanics of Extensor Tendon Repairs. *Hand Clinics*. 2013;29(2):261–268. doi: 10.1016/j.hcl.2013.02.008
10. Leibovic SJ, Bowers WH. Anatomy of the proximal interphalangeal joint. *Hand Clin*. 1994;10(2):169–78.
11. Pang EQ, Yao J. Anatomy and Biomechanics of the Finger Proximal Interphalangeal Joint. *Hand Clin*. 2018;34(2):121–126. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.002
12. Khouri JS, Bloom JMP, Hammert WC. Current Trends in the Management of Proximal Interphalangeal Joint Injuries of the Hand. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2013;132(5):1192–1204. doi: 10.1097/PRS.0b013e3182a48d65
13. Elfar J, Mann T. Fracture-dislocations of the Proximal Interphalangeal Joint. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2013;21(2):88–98. doi: 10.5435/JAAOS-21-02-88

14. Williams CS. Proximal Interphalangeal Joint Fracture Dislocations. *Hand Clinics*. 2012;28(3):409–416. doi: 10.1016/j.hcl.2012.05.036
15. Bindra R, Woodside JC. Treatment of Proximal Interphalangeal Joint Fracture-Dislocations. *JBJS Reviews*. 2015;3(12):e1. doi: 10.2106/JBJS.RVW.0.00019
16. Jha P, Bell D, Hacking C. *Keifhaber-Stern classification of volar plate avulsion injuries of hand*. Available from: <https://radiopaedia.org/articles/47255>
17. Adams JE, editor. *PIP Joint Fracture Dislocations*. Cham: Springer International Publishing; 2016.
18. Itadera E, Okamoto S, Miura M. Ratio of dislocation types of the proximal interphalangeal joint of the fingers: A new classification system for initial therapy. *Journal of Orthopaedic Science*. 2019;24(6):1042–1046. doi: 10.1016/j.jos.2019.08.007
19. Lo CH, Nothdurft SH, Park H-S, Paul E, Leong J. Distraction ligamentotaxis for complex proximal interphalangeal joint fracture dislocations: a clinical study and the modified pins rubber band traction system revisited. *Burns & Trauma*. 2018;(6):23. doi: 10.1186/s41038-018-0124-1
20. Mazhar FN, Motaghi P. Closed Reduction and Percutaneous Pinning for Treatment of Proximal Interphalangeal Joint Pilon Fractures. *HAND*. 2023;18(1):40–47. doi: 10.1177/1558944721990774
21. Waris E, Nordback PH. Percutaneous Intramedullary Reduction Technique for Impacted Middle Phalanx Base Fractures. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2022;26(1):2–6. doi: 10.1097/BTH.0000000000000346
22. Carpenter S, Rohde RS. Treatment of Phalangeal Fractures. *Hand Clinics*. 2013;29(4):519–534. doi: 10.1016/j.hcl.2013.08.006
23. Watanabe K, Kino Y, Yajima H. Factors affecting the functional results of open reduction and internal fixation for fracture-dislocations of the proximal interphalangeal joint. *Hand Surgery*. 2015;20(1):107–114. doi: 10.1142/S021881041550015X
24. Krakauer JD, Stern PJ. Hinged Device for Fractures Involving the Proximal Interphalangeal Joint. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1996;(327):29–37. doi: 10.1097/00003086-199606000-00006
25. Suzuki Y, Matsunaga T, Sato S, Yokoi T. The pins and rubbers traction system for treatment of comminuted intraarticular fractures and fracture-dislocations in the hand. *Journal of Hand Surgery (British and European Volume)*. 1994;19(1):98–107. doi: 10.1016/0266-7681(94)90059-0
26. Yang DS, Lee SK, Kim KJ, Choy WS. Modified Hemihamate Arthroplasty Technique for Treatment of Acute Proximal Interphalangeal Joint Fracture-Dislocations. *Annals of Plastic Surgery*. 2014;72(4):411–416. doi: 10.1097/SAP.0b013e3182623988

О АВТОРАХ

Голубев Игорь Олегович, д.м.н.,
врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0002-1291-5094;
eLibrary SPIN: 2090-0471;
e-mail: iog305@mail.ru

AUTHORS' INFO

Igor O. Golubev, MD, Dr. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist,
ORCID: 0000-0002-1291-5094;
eLibrary SPIN: 2090-0471;
e-mail: iog305@mail.ru

Меркулов Максим Владимирович, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0009-0004-9362-3449;

eLibrary SPIN: 4695-3570;

e-mail: mailmerkulovmv@cito-priorov.ru

*** Кузнецов Василий Дмитриевич, аспирант,**

врач травматолог-ортопед;

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

ORCID: 0000-0003-1745-8010;

eLibrary SPIN: 4093-7566;

e-mail: Dr.kuznetsovvd@gmail.com

Бушуев Олег Михайлович, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0009-0002-0051-2666;

eLibrary SPIN: 9793-5486;

e-mail: bushuevom@cito-priorov.ru

Кутепов Илья Александрович, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0009-0001-3802-2577;

eLibrary SPIN: 6598-7387;

e-mail: kutepovia@cito-priorov.ru

Балюра Григорий Григорьевич, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0002-1656-1406;

eLibrary SPIN: 6581-4371;

e-mail: balyuragg@cito-priorov.ru

Maksim V. Merkulov, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0009-0004-9362-3449;

eLibrary SPIN: 4695-3570;

e-mail: mailmerkulovmv@cito-priorov.ru

*** Vasily D. Kusnetsov, post-graduate student,**

traumatologist-orthopedist;

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

ORCID: 0000-0003-1745-8010;

eLibrary SPIN: 4093-7566;

e-mail: Dr.kuznetsovvd@gmail.com

Oleg M. Bushuev, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0009-0002-0051-2666;

eLibrary SPIN: 9793-5486;

e-mail: bushuevom@cito-priorov.ru

Ilya A. Kutepov, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0009-0001-3802-2577;

eLibrary SPIN: 6598-7387;

e-mail: kutepovia@cito-priorov.ru

Grigoriy G. Baliura, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0000-0002-1656-1406;

eLibrary SPIN: 6581-4371;

e-mail: balyuragg@cito-priorov.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

Зубовидная кость второго шейного позвонка: история и современные подходы к лечению. Обзор литературы. Часть 2¹

А.А. Кулешов¹, А.Н. Шкарубо², В.А. Шаров¹, М.С. Ветрилэ¹,
И.Н. Лисянский¹, С.Н. Макаров¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

² Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Представлена вторая часть обзора литературы, посвящённого редкой патологии краниовертебральной области — зубовидной кости С_{II} позвонка. Обзор носит несистематический характер и проведён с использованием баз данных медицинской литературы и поисковых ресурсов PubMed, Google Scholar и eLibrary. Во второй части данного обзора литературы представлены описание исторических, в том числе консервативных, подходов к тактике лечения пациентов с зубовидной костью, особенности предоперационного планирования и подготовки, а также современные методики и варианты оперативного лечения.

Ключевые слова: зубовидная кость; зубовидный отросток; краниовертебральная область; атлантоаксиальная нестабильность; атлантоаксиальная стабилизация; С_I-С_{II} фиксация.

Как цитировать:

Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Шаров В.А., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Зубовидная кость второго шейного позвонка: история и современные подходы к лечению. Обзор литературы. Часть 2 // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 245–258. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

¹ Первая часть обзора (Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Шаров В.А., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. «Зубовидная кость второго шейного позвонка: аспекты эпидемиологии, этиопатогенеза, клинической картины и диагностики. Обзор литературы») опубликована в журнале «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». 2023. Т. 30, № 1. С. 97–110. doi: <https://doi.org/10.17816/vto121329>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

Os odontoideum of C₂ vertebra: History and current options to treatment. Literature review. Part 2

Alexander A. Kuleshov¹, Alexey N. Shkarubo², Vladislav A. Sharov¹, Marchel S. Vetrile¹, Igor N. Lisyansky¹, Sergey N. Makarov¹

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

² Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The second part of a literature review is presented on a rare pathology of the craniovertebral region, the os odontoideum of the C₂ vertebra. This review is non-systematic and was conducted using the databases and search resources: PubMed, Google Scholar, and eLibrary. The second part of this literature review describes historical, including conservative, treatment tactics for patients with os odontoideum, peculiarities of preoperative planning and preparation, as well as modern techniques and options for surgical treatment.

Keywords: os odontoideum; odontoid process; craniovertebral junction; atlantoaxial instability; atlantoaxial fixation; C₁-C₂ fixation.

To cite this article:

Kuleshov AA, Shkarubo AN, Sharov VA, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN. Os odontoideum of C₂ vertebra: History and current options to treatment. Literature review. Part 2. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):245–258. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нет точных стандартов диагностики и протоколов лечения пациентов с зубовидной костью. Наряду с этиологией этого порока в литературе до сих пор широко обсуждаются концептуальные подходы к лечению лиц данной группы. Учитывая постоянно растущее количество работ о методах фиксации краниовертебральной области и лечении пациентов с зубовидной костью, представляем вторую часть несистематического обзора литературы, посвящённого данной редкой патологии краниовертебральной области.

Сегодня абсолютное большинство авторов сходятся во мнении, что происхождение зубовидной кости не влияет на тактику лечения и пациенты с нестабильной зубовидной костью или с фиксированной деформацией, вызывающей компрессию спинного мозга в области краниовертебрального перехода, должны лечиться оперативно. К примеру, А.В. Губин, Э.В. Ульрих в работе «Синдромальный подход к ведению детей с пороками развития шейного отдела позвоночника» (2010 г.) относят зубовидную кость к группе первично нестабильных пороков и, как следствие, считают, что пациенты с этой патологией требуют стабилизации в максимально ранние сроки [1–4].

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Поиск и отбор источников проведены с использованием баз данных медицинской литературы и поисковых ресурсов PubMed, Google Scholar и eLibrary по следующим ключевым словам: «os odontoideum», «atlantoaxial instability», «atlantoaxial fixation», «C₁-C₂ fixation», «зубовидная кость», «атлантаксиальная нестабильность», «атлантаксиальная стабилизация», «C₁-C₂ фиксация».

Вторая часть литературного обзора посвящена историческим аспектам подходов к лечению пациентов с зубовидной костью C₂ позвонка, возможностям консервативных методик и описанию современных хирургических тактик.

ОБСУЖДЕНИЕ

Консервативный подход к лечению пациентов с зубовидной костью

Имеются немногочисленные сообщения о применении консервативного лечения у пациентов со стабильной зубовидной костью без признаков компрессии спинного мозга [5]. E.L. Spierings, R. Braakman в 1982 г. описали 20 пациентов (из группы 37 лиц с зубовидной костью), лечившихся консервативно. У 16 из них изначально не было неврологического дефицита, после лечения у большего числа пациентов отмечалось улучшение либо отсутствие изменений в симптоматике. Лишь у 2 пациентов возник болевой синдром в шее и плечах. Из 4 пациентов

с миелопатией незначительное ухудшение неврологической симптоматики отмечалось у одного человека, и один пациент умер по несвязанной причине (онкология), данные о его состоянии отсутствуют [6].

В исследовании, представленном J.W. Fielding с соавт. в 1980 г., описаны 37 пациентов с зубовидной костью, 8 из которых не имели нестабильности и проходили консервативное лечение. По результатам трёхлетнего наблюдения, у них не отмечалось неврологических осложнений. Один пациент с нестабильностью отказался от операции и оставался здоровым с точки зрения неврологической симптоматики в течение последующих 2 лет наблюдений [7].

Однако в литературе присутствуют примеры пациентов со стабильной зубовидной костью, у которых впоследствии развилась нестабильность [4], или примеры того, как у пациента, прошедшего консервативное лечение, развилась параплегия после незначительной травмы [3, 8].

В случаях, когда нестабильность ассоциирована с наличием зубовидной кости и/или присутствует неврологический дефицит, имеются менее убедительные доказательства оправданности консервативного подхода [3].

В настоящее время самое обширное описание результатов консервативного лечения пациентов с зубовидной костью представлено в работе I.J. Helenius с соавт. «Os Odontoideum in Children: Treatment Outcomes and Neurological Risk Factors», изданной в 2019 г. В ней описывается анализ 102 лиц с зубовидной костью, из которых оперативному лечению подвергся 71 пациент, а 31 лечился консервативно. Показаниями для консервативного лечения были максимальное изменение атлантодентального интервала при сгибании и разгибании не более 5 мм и отсутствие симптомов стойкого неврологического дефицита. Пациенты без неврологических нарушений проходили наблюдение, если же имелись явления временного неярко выраженного неврологического дефицита после незначительной травмы, для консервативного лечения использовалась иммобилизация в жёстком воротнике либо жилете Гало в течение 3 месяцев. Также в группу консервативного лечения вошли пациенты, отказавшиеся от оперативного лечения, несмотря на клинические показания. В течение срока наблюдения 2 пациентам, лечившимся консервативно, всё же потребовалось выполнение оперативного лечения из-за развития атлантаксиальной нестабильности и миелопатии. У 1 пациента со стойким неврологическим дефицитом в виде асимметричного неполного тетрапареза, отказавшегося от оперативного лечения, не наблюдалось динамики в изменении неврологического статуса в течение 10 лет наблюдения. Результаты консервативного лечения остальных пациентов оцениваются авторами как удовлетворительные [9].

Тем не менее, несмотря на данные наблюдения, пациентам с зубовидной костью и признаками нестабильности или неврологического дефицита рекомендуется

проведение оперативного лечения [1]. Более того, за пациентами со стабильной зубовидной костью, которым решено проводить консервативное лечение, должно осуществляться долгосрочное наблюдение, чтобы иметь возможность выявить возникновение нестабильности в будущем [3].

Использование галотракции перед операцией и внешней иммобилизации в послеоперационном периоде

Галотракция оказалась очень полезным инструментом при лечении редуцируемых патологий краниоцервикального перехода, который в настоящее время чаще используется для внешней иммобилизации в до- и послеоперационном периодах [10, 11]. Есть несколько определённых показаний к его предоперационному применению в отношении зубовидной кости. При дистопическом варианте зубовидной кости, при котором имеется нередуцируемая компрессия в области большого затылочного отверстия, тракция может быть использована с осторожностью после установки галоаппарата в нейтральное положение и постепенной коррекции с применением рентген-контроля. При достижении выравнивания и редукции наложение жилета поможет временно сохранить положение коррекции, после чего может быть выполнена задняя фиксация со спондилодезом [3, 12].

С.Ф. List ещё в 1941 г. описал применение тракции для восстановления краниовертебральных соотношений [13]. L. Dai с соавт. использовали тракцию в предоперационной подготовке у всех 39 описанных ими пациентов с зубовидной костью с хорошим результатом [5].

С.Т. Ветрилэ и С.В. Колесов описали применение галоаппарата в сочетании с проведённой спицей через остистый отросток С_{II} позвонка при лечении неврвратимых трансдентальных подвывихов и вывихов С_I позвонка. Спицу фиксировали в скобе, которую крепили к штангам галоаппарата при помощи репонирующего устройства. Такая конструкция позволяла существенно повысить точность репозиции, в том числе при застарелых повреждениях [14].

А.А. Кулешов с соавт. в работе «Варианты хирургического лечения застарелых переломов зубовидного отростка С_{II} позвонка» (2019 г.) отмечают, что в случаях выраженного смещения отломков и деформации позвоночного канала с компрессией спинного мозга используют многоэтапные варианты лечения с репозицией в галоаппарате и последующими декомпрессивно-стабилизирующими вмешательствами — моносегментарной фиксацией (проволочной, крючковой, винтовой по Magerl, Harms и т.п.) или окципитоспондилодезом [12]. Данный тезис правомерно применить и в отношении лечения пациентов с зубовидной костью из-за схожести этих клинических состояний [15].

В случаях использования техник дорсальной фиксации, включая субламинарное проведение, при котором

отмечаются более поздние сроки сращения, а также в случаях, связанных с заболеваниями соединительной ткани и синдромом Дауна, при которых сроки сращения (достижения спондилодеза) также увеличены, послеоперационное наложение галокольца может быть хорошим вариантом к рассмотрению [16]. Однако Н.О. Хусаинов, С.В. Виссарионов, Д.Н. Кокушин отмечают, что у детей с синдромом Дауна применение галоаппарата ограничено в связи с низким уровнем интеллекта подавляющего большинства больных, трудностями послеоперационного ухода и необходимостью тщательного наблюдения за пациентами. Применение головодержателя — Шанца или типа «Филадельфия» — у таких пациентов является оптимальным вариантом внешней фиксации шейного отдела позвоночника в послеоперационном периоде [17].

Использование навигации и биомоделей при оперативном лечении

J.E. Brecknell и G.M. Malham в 2008 г. продемонстрировали использование компьютерной томографии в качестве навигации, а также биомоделей как удачное дополнение к дорсальному проведению полиаксиальных винтов у 3 пациентов с зубовидной костью [18].

Биомодели являются достаточно точными инструментами. Трёхмерные реконструкции компьютерной модели, созданной на основе тонких срезов компьютерной томографии, обычно изготавливаются на основе акрилата или пластмассовых смол. Использование биомоделей для предоперационного планирования, предоставления информации пациентам и обучения технике операции может быть весьма полезным, хотя модальность данного утверждения требует дальнейшей проверки и изучения [19].

Варианты хирургического лечения пациентов с зубовидной костью

Невозможно обосновать единый хирургический подход к лечению пациента с нестабильной зубовидной костью и клинической симптоматикой. Парадигма принятия решений должна быть адаптирована к каждому случаю в индивидуальном порядке. Однако есть общие принципы, согласно которым формируется принятие решения о хирургическом доступе и методах фиксации, требующихся для лечения этого состояния. Алгоритм принятия решения в том или ином случае при наличии у пациента зубовидной кости изложен в работе B. Arvin с соавт. 2010 г. «Os odontoideum: etiology and surgical management» (рис. 1) [3].

Как и при многих других состояниях, затрагивающих краниовертебральный переход, оперативное вмешательство в этой области преследует две основные цели: устранить компрессию в зоне большого затылочного отверстия и атлантоаксиальной области и стабилизировать позвоночник по отношению к его субаксиальному отделу, для чего в некоторых случаях прибегают к его фиксации с черепом [3, 10, 20].



Рис. 1. Алгоритм выбора метода лечения пациентов с зубовидной костью.

Fig. 1. Algorithm for selecting the method of treatment for patients with os odontoideum.

Выбор переднего либо заднего доступа

Решение оперировать передним или задним доступом в значительной степени зависит от 2 факторов: во-первых, направления компрессии и, во-вторых, предпочтения, личного опыта и уровня комфорта выбранного доступа для хирурга.

Невыправимый передний подвывих, связанный с компрессией спинного мозга, должен оперироваться из вентрального доступа. Задняя компрессия — дорсальным доступом. В случае пациента с зубовидной костью учитываются и другие факторы, такие как положение зубовидной кости и её способность к редукции. Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев можно пользоваться дорсальным доступом. Более того, если редукция достигается при крайнем положении сгибания, передний доступ становится технически сложно-выполнимым [3].

В то же время, если редукция достигается в разгибании, дорсальный доступ можно применять только в том случае, если удастся избежать компрессии спинного мозга. В ряде случаев необходимо использовать возможность декомпрессии из передних доступов, особенно если сохраняется значительная остаточная компрессия после выполнения дорсального этапа. При фиксированной зубовидной кости, в основном дистопическом варианте,

как правило, требуется передняя декомпрессия с применением трансорального либо трансназального доступа с предварительно выполненной дорсальной стабилизацией [3, 15, 21, 22].

Хирургические техники для заднего C₁-C_{II} спондилодеза с использованием полиаксиальных винтов и стержней

А. Goel с соавт. в 1994 г. были первыми, кто описал применение независимых C₁ и C_{II} винтов, соединённых пластиной. В опубликованном ими исследовании с участием 160 пациентов самая большая группа (48 пациентов) имела зубовидную кость, при использовании этой техники отмечались хорошие результаты [23, 24] (рис. 2).

J. Harms, R.P. Melcher в 2001 г. описали методику фиксации C₁-C_{II} сегмента с проведением полиаксиальных винтов через боковые массы C₁ и через pars interarticularis транспедикулярно в C_{II} с последующим выполнением корригирующего манёвра под рентген-контролем и фиксацией стержнями (рис. 3) [25]. Шесть из 37 пациентов, описанных в исследовании, имели зубовидную кость. В позднем послеоперационном периоде у всех пациентов наблюдались рентгенологические признаки спондилодеза. Эта техника имеет значительные преимущества: корригирующий манёвр может быть выполнен интраоперационно,

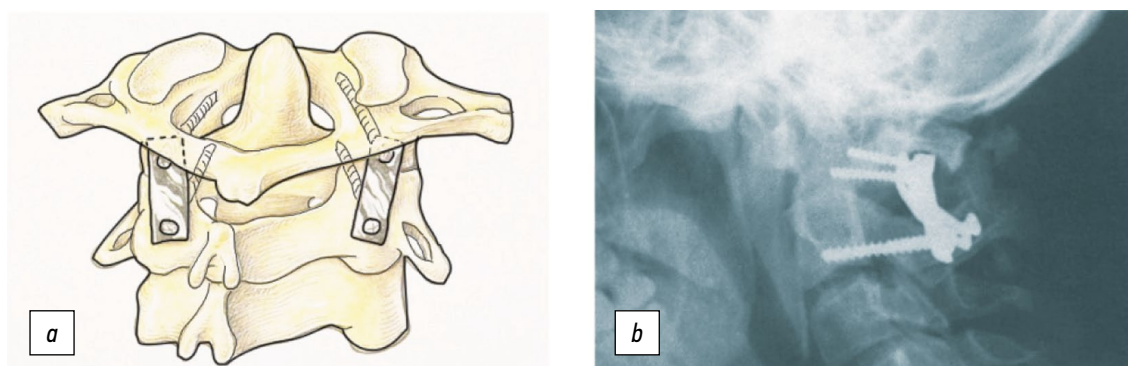


Рис. 2. Методика фиксации C_1 - C_2 по Goel. *a* — иллюстрация методики, *b* — рентгенограмма в боковой проекции.

Fig. 2. C_1 - C_2 Goel fixation techniques. *a* — illustration of technique, *b* — the X-ray in lateral view.

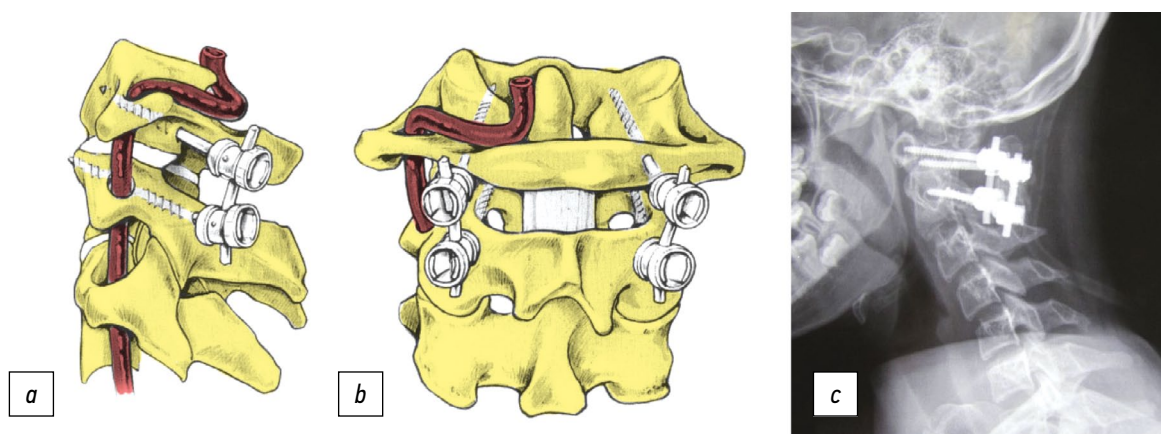


Рис. 3. Методика фиксации C_1 - C_2 по Harms и Melcher. *a* — вид сбоку, *b* — вид сзади, *c* — рентгенограмма в боковой проекции.

Fig. 3. C_1 - C_2 Harms and Melcher fixation technique. *a* — side view, *b* — back view, *c* — the X-ray in lateral view.

и риск повреждения позвоночной артерии значительно снижен [25].

М. Al-Barbarawi с соавт. в 2005 г. описали комбинацию техники Harms и Melcher с трансартикулярным проведением винтов у пациента с зубовидной костью (рис. 4) [26]. Осложнений в интраоперационном и послеоперационном периодах отмечено не было. При дальнейшем наблюдении на контрольных рентгенограммах и компьютерной томографии — положение элементов металлоконструкции удовлетворительное. Спондилодез сформировался через 3 месяца [26].

F. Magerl и P.S. Seemann в 1979 г. предложили методику задней трансартикулярной фиксации C_1 - C_2 винтами (рис. 5) [27]. Данная техника показала лучшее сращение, чем субламинарная проволоочная фиксация [3].

С.А. Dickman и V.K. Sonntag в 1998 г. в большой серии исследований с участием 121 пациента, у 9 из которых была зубовидная кость и которым проводилась C_1 - C_2 фиксация с задним спондилодезом с применением задней трансартикулярной либо субламинарной проволоочной фиксации, продемонстрировали уровень формирования костного блока, равный 98%, при использовании этой техники по сравнению с 86% при использовании задней субламинарной проволоочной фиксации [28].

Хотя существенной разницы в частоте формирования костного блока при использовании трансартикулярной винтовой фиксации и проведении полиаксиальных винтов через боковые массы C_1 и через pars



Рис. 4. Комбинированная методика фиксации C_1 - C_2 , описанная Al-Barbarawi.

Fig. 4. The combined C_1 - C_2 fixation technique described by Al-Barbarawi.

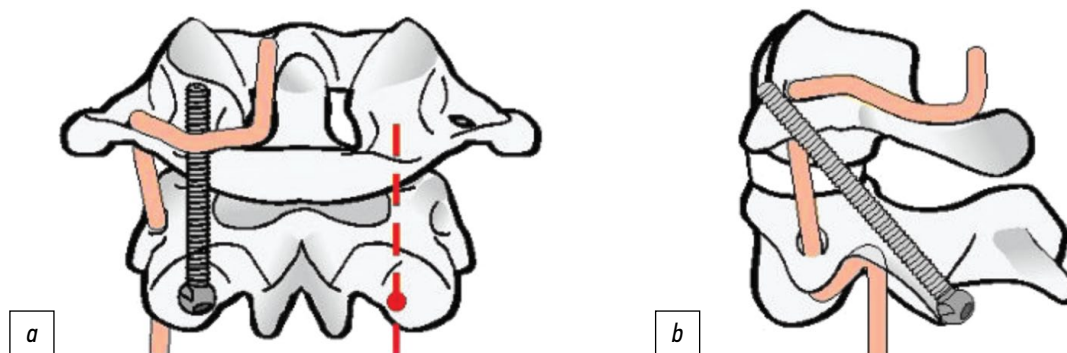


Рис. 5. Методика фиксации C_1 - C_2 по Magerl. *a* — вид сзади, *b* — вид сбоку.

Fig. 5. C_1 - C_2 fixation technique by Magerl. *a* — back view, *b* — side view.

interarticularis транспедикулярно в C_{II} нет, имеются ограничения в плане техники. Во-первых, перед проведением трансартикулярного винта необходимо привести в норму соотношения в атлантоаксиальном суставе, что означает достижение редукции. Во-вторых, правильный угол проведения винта в случаях, когда у пациента имеется выраженная кифотическая деформация грудного отдела, может быть не достигнут. И наконец, примерно пятая часть пациентов с аномалиями краниовертебрального перехода имеют другие костные аномалии в данной области либо аномальное прохождение позвоночной артерии, что увеличивает вероятность её травмирования при использовании этой техники [29, 30].

J. Liu с соавт. в 2019 г. описали методику комплексной редукции при неврправимом вывихе C_1 позвонка на фоне зубовидной кости с последовательным использованием галотракции, давления вперёд за остистый отросток C_{II} позвонка, дистракции на элементах установленной металлоконструкции с последующим смещением C_1 позвонка кзади (рис. 6) [31].

Передняя трансартикулярная фиксация

Метод передней трансартикулярной фиксации, впервые описанный J.R. Barbour в 1971 г. для лечения пациентов с атлантоаксиальной нестабильностью [32], в настоящее время имеет меньшую популярность по сравнению с методами дорсальной фиксации C_1 - C_{II} . Однако W.L. Li с соавт. в работе «Percutaneous anterior transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a case series» (2010 г.) провели ретроспективный анализ 8 случаев пациентов с атлантоаксиальной нестабильностью, у 3 из которых обнаружили зубовидную кость и которым выполнялось оперативное лечение в виде перкутанной передней трансартикулярной фиксации C_1 - C_{II} винтами. По результатам данного исследования, методика передней трансартикулярной фиксации продемонстрировала схожий уровень биомеханической стабильности в сравнении с другими способами фиксации C_1 - C_{II} , а также высокий показатель клинического успеха. Спондилодез сформировался у всех пациентов [33].

Также передняя трансартикулярная фиксация может быть альтернативой фиксации из заднего доступа

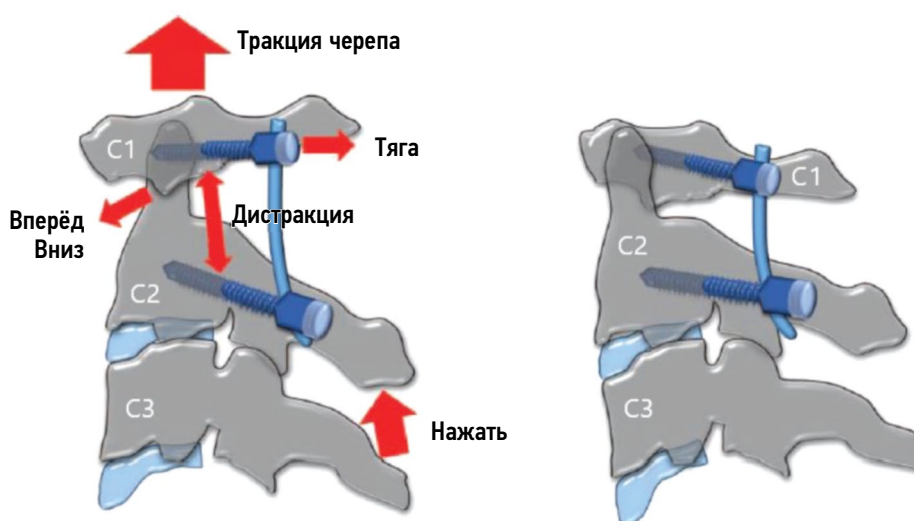


Рис. 6. Схема поэтапной комплексной редукции по J. Liu с соавт.

Fig. 6. Scheme of staged complex reduction by J. Liu et al.

при выраженном грудном кифозе и aberrантном расположении позвоночной артерии [34, 35].

Задняя субламинарная проволоочная фиксация

Ранние хирургические техники с применением субламинарной проволоочной фиксации, описанные A.L. Brooks, E.B. Jenkins и W.E. Gallie, получили переменные результаты формирования спондилодеза [36, 37]. Биомеханически движения ограничены при использовании этих техник в разгибании (из-за распорки или костного трансплантата) и сгибании (из-за субламинарных спиц или трансартикулярных винтов). Большинство сторонников данного хирургического подхода рекомендуют послеоперационную галоиммобилизацию сроком на 3 месяца.

Для осуществления фиксации с использованием этих техник также требуется нормальная задняя дуга C_1 и C_{II} , что в случае врождённых аномалий часто не гарантируется [3].

С появлением трансартикулярной фиксации, возможности проведения полиаксиальных винтов через боковые массы C_1 и через *pars interarticularis* транспедикулярно в C_{II} и различных модификаций метода Harms и Melcher субламинарная проволоочная фиксация встречается всё реже.

Этот метод остаётся полезным инструментом в арсенале хирурга для формирования заднего спондилодеза C_1 - C_{II} в случаях aberrантного прохождения позвоночной артерии и в педиатрической практике [3].

Показания к формированию окципитоспондилодеза

Иногда возникает необходимость в формировании окципитоспондилодеза. Это увеличивает ограничение подвижности в шейном отделе позвоночника при сгибании, разгибании и вращении на 15–20 дополнительных градусов. Частота осложнений при этом методе также выше, в том числе внутричерепной геморагии, ликвореи, несостоятельности раны и инфекционных осложнений [3].

Показания к формированию окципитоспондилодеза у пациентов с зубовидной костью делятся на две категории: случаи, когда имеется нестабильный дистопический вариант зубовидной кости, и случаи, если имеется ассоциация с врождёнными воспалительными процессами и дегенеративными аномалиями, поражающими краниоцервикальный переход. Иногда компрессию создают тело осевого позвонка и зуб, а не зубовидная кость. В таких случаях более обширные операции аксиальной коррекции потребуют обязательного окципитоспондилодеза [3, 10].

Этот метод особенно применим в случаях, когда трансоральная хирургия использовалась для резекции зуба и тела C_{II} , а также при разрушении атлантоаксиального

связочного аппарата, что способствовало развитию тяжёлой окципитоцервикальной нестабильности [3, 15, 21].

Эндоскопические доступы (трансоральный и эндоназальный)

A.H. Menezes в 2008 г. сообщил об обширном опыте использования трансорального доступа у 733 пациентов, из которых у 30 был дистопический вариант зубовидной кости. Расположенная на средней линии зубовидная кость особенно хорошо подходит для выполнения данного доступа [38].

С другой стороны, последовательный, пошаговый релиз передних структур при этом доступе позволяет выполнить редукцию фиксированной ранее деформации, устраняя необходимость в субтракционном манёвре. Эти шаги включают релиз *m. longus colli*, *m. longus capitis*, передней продольной связки, спаек C_1 - C_{II} сустава, передней дуги C_1 и, наконец, апикальной и крыловидных связок [3].

A.H. Шкарубо, A.A. Кулешов с соавт. в 2016 г. описали клинический случай пациента с редким сочетанием зубовидной кости с солитарной костной кистой второго шейного позвонка и самой зубовидной кости. Пациенту было выполнено многоэтапное оперативное лечение, включающее дорсальную стабилизацию в виде окципитоспондилодеза, трансоральное удаление кисты из тела C_{II} позвонка и последующее трансоральное удаление зубовидной кости с солитарной костной кистой [21].

Для выполнения передней декомпрессии путём резекции зубовидного отростка может использоваться эндоскопический эндоназальный доступ.

Впервые в мире эндоскопическое эндоназальное удаление инвагинированного зубовидного отростка позвонка C_{II} (одонтоидэктомия) выполнил в 2005 г. американский нейрохирург A. Kassam, а в России впервые подобная операция была выполнена A.H. Шкарубо в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко в 2010 г. (рис. 7) [22].

S. Magrini с соавт. в 2008 г. описали эндоскопическую эндоназальную одонтоидэктомию у пациента с синдромом Дауна, зубовидной костью и клиникой прогрессирующего тетрапареза с дыхательными нарушениями. Послеоперационный период протекал без осложнений. Через 2 месяца интенсивной физиотерапии отмечалось улучшение неврологической симптоматики в виде увеличения мышечной силы с 2 до 4 баллов и исчезновения дыхательных расстройств [39].

В качестве итога в вопросах хирургического лечения пациентов с зубовидной костью необходимо предоставить наибольший по количеству прооперированных лиц опыт исследователей из Китая Deng Zhao с соавт. (2015 г.). В исследование были включены 279 пациентов, которым проводилось оперативное лечение по поводу наличия зубовидной кости. Использовались различные

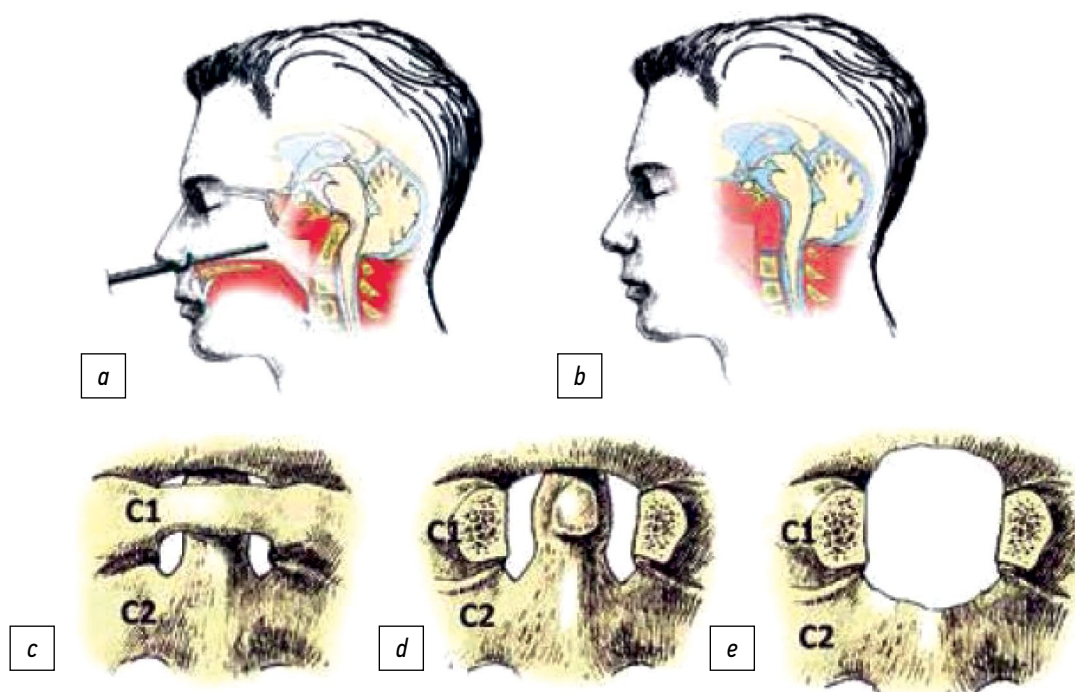


Рис. 7. *a* — схема эндоскопического эндоназального доступа и удаления зубовидного отростка C_{II} позвонка, *b* — состояние после эндоскопической трансназальной резекции инвагинированного зубовидного отростка и декомпрессии стволовых структур, *c* — костные структуры области краниовертебрального перехода, *d* — резекция переднего полукольца C_I позвонка, *e* — резекция зубовидного отростка C_{II} позвонка, части тела C_{II} позвонка и нижних отделов ската.

Fig. 7. *a* — scheme of endoscopic endonasal approach and removal of the C_2 dens, *b* — condition after endoscopic transnasal resection of invaginated C_2 dens and decompression, *c* — CVJ bone structures, *d* — resection of the anterior half ring of the C_1 , *e* — resection of C_2 dens, part C_2 body and the lower parts of basion.

варианты дорсальной фиксации: трансартикулярная фиксация C_1 - C_{II} (модифицированная техника Magerl) выполнялась в 38 случаях, педикулярная винтовая фиксация (техника Goel и Harms) — в 202 случаях, окципитоспондилодез до уровня C_{II} — в 35 случаях, более продлённая фиксация окципитоспондилодеза до уровня C_{III} или C_{IV} — в 4 случаях. У 38 пациентов с неправильными вывихами в атлантоаксиальных суставах в одну операционную сессию на первом этапе выполнялся трансоральный релиз.

Общая частота осложнений составила 2,4% (8 пациентов). В частности, они включали ликворею (1 пациент), инфекцию области оперативного вмешательства (4 пациента), пневмонию (2 пациента) и тромбоз глубоких вен нижней конечности (1 пациент). По результатам последующего наблюдения, у 217 пациентов (77,7%) отмечалось улучшение неврологического и физического статуса после операции. У 30 пациентов (10,8%) динамики в изменении статуса не наблюдалось. И ещё 32 пациента (11,5%) отмечали ухудшение.

Согласно результатам последующего обследования с применением лучевых методов исследования, костный блок сформировался у 270 пациентов (96,8%) в среднем через 5,7 месяца. У 9 пациентов (3,2%) отсутствовали признаки формирования костного блока, однако клинических проявлений не отмечалось, конструкция была

стабильна, и дальнейших ревизионных операций не потребовалось [40].

РЕЗЮМЕ

Для рационального предоперационного планирования в качестве дополнительных инструментов всё чаще используются компьютерная томографическая ангио- и миелография, на основе которых можно изготавливать 3D-биоимодели и кастомизированные металлоимплантаты, что, в свою очередь, значительно повышает точность предоперационного планирования и улучшает результаты оперативного лечения [3].

Несмотря на то, что описаны случаи консервативного лечения пациентов с зубовидной костью, в настоящее время большинство авторов придерживаются мнения, что лица с данным пороком краниовертебральной области должны лечиться оперативно [1–3, 17].

Галотракция является важным инструментом для достижения редукции и сохранения стабильности на дооперационном этапе. Этот метод следует применять во всех случаях, когда существует неопределённость в отношении редукции зубовидного отростка [5, 10, 12].

Подходы к оперативному лечению пациентов с зубовидной костью также разнятся. В настоящее время предложено множество вариантов хирургического

лечения данной патологии, однако остаётся несомненным то, что универсальным компонентом в лечении пациентов с зубовидной костью является либо сохранение, либо достижение стабильности на уровне C_1 – C_{II} позвонков и, при необходимости, выполнение декомпрессии [41–43].

Для устранения передней компрессии можно использовать дорсальный доступ, но только в тех случаях, когда возможно вправление и спинной мозг на уровне краниовертебрального перехода не подвергается риску дополнительной компрессии. Во всех остальных случаях вентральной компрессии показано этапное хирургическое лечение в виде трансоральной декомпрессии в сочетании с задним спондилодезом. Существует множество методов для выполнения заднего спондилодеза, однако в настоящее время наиболее предпочтительным вариантом является методика Harms и Melcher с проведением полиаксиальных винтов через боковые массы C_1 и через *pars interarticularis* транспедикулярно в C_{II} с последующим выполнением корригирующего манёвра под рентген-контролем и фиксацией стержнями [10, 25, 40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зубовидная кость второго шейного позвонка является крайне редкой патологией краниовертебральной области, которая в значительной части случаев приводит к развитию грозных неврологических и функциональных осложнений. С учётом этого понимание подходов к курации и лечению данной группы пациентов является важным для врача травматолога-ортопеда в условиях как амбулатории, так и стационара. Современные подходы к предоперационному планированию и оперативному лечению, в свою очередь, должны быть известны и доступны широкому кругу хирургов-вертебрологов.

Несмотря на то, что существуют сообщения с описанием консервативных подходов к лечению пациентов с зубовидной костью, в настоящее время всё больше исследователей считают, что такие пациенты нуждаются в инструментальной фиксации.

Тем не менее всё ещё имеется потребность в индивидуальном подходе при оценке каждого из случаев с точки зрения как предоперационного планирования,

так и объёма оперативного вмешательства, выбора хирургического доступа, уровня фиксации. Тактика хирургического лечения должна быть выбрана в соответствии с подготовкой и оснащением хирургической бригады, показаниями для того или иного вида декомпрессии и, что немаловажно, пожеланиями пациента и его семьи.

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: В.А. Шаров — сбор и анализ литературных источников, написание текста статьи; А.А. Кулешов — редактирование и написание текста статьи; А.Н. Шкарубо — редактирование текста статьи; М.С. Ветрилэ — редактирование текста статьи; И.Н. Лисянский — сбор литературных источников, редактирование текста статьи; С.Н. Макаров — сбор литературных источников, редактирование текста статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при 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, 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 — collection and analysis of literary sources, writing the text of the article; A.A. Kuleshov — editing and writing the text of the article; A.N. Shkarubo — editing the text of the article; M.S. Vetrile — editing the text of the article; I.N. Lisyansky — collecting literary sources, editing the text of the article; N.S. Makarov — collecting literary sources, editing 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губин А.В., Ульрих Э.В. Синдромальный подход к ведению детей с пороками развития шейного отдела позвоночника // Хирургия позвоночника. 2010. № 3. С. 14–19. doi: 10.14531/ss2010.3.14-19
2. Губин А.В., Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю., Рябых С.О., Бурцев А.В., Анисимов А.Н., Дубонос Ю.В., Очирова П.В. Неврологическая вертебрология: шейный отдел позвоночника у детей // Хирургия позвоночника. 2013. № 3. С. 81–91. doi: 10.14531/ss2013.3.81-91
3. Arvin B., Fournier-Gosselin M.P., Fehlings M.G. Os odontoideum: etiology and surgical management // Neurosurgery. 2010. Vol. 66, № 3, Suppl. P. 22–31. doi: 10.1227/01.NEU.0000366113.15248.07
4. Clements W.D., Mezue W., Mathew B. Os odontoideum congenital or acquired? That's not the question // Injury. 1995. Vol. 26, № 9. P. 640–642. doi: 10.1016/0020-1383(95)00123-q
5. Dai L., Yuan W., Ni B., Jia L. Os odontoideum: etiology, diagnosis, and management // Surg Neurol. 2000. Vol. 53, № 2. P. 106–8; discussion 108–9. doi: 10.1016/s0090-3019(99)00184-6

6. Spierings E.L., Braakman R. The management of os odontoideum. Analysis of 37 cases // *J Bone Joint Surg Br*. 1982. Vol. 64, № 4. P. 422–8. doi: 10.1302/0301-620X.64B4.7096415
7. Fielding J.W., Hensinger R.N., Hawkins R.J. Os Odontoideum // *J Bone Joint Surg Am*. 1980. Vol. 62, № 3. P. 376–83.
8. Klimo P.Jr, Kan P., Rao G., Apfelbaum R., Brockmeyer D. Os odontoideum: presentation, diagnosis, and treatment in a series of 78 patients // *J Neurosurg Spine*. 2008. Vol. 9, № 4. P. 332–42. doi: 10.3171/SPI.2008.9.10.332
9. Helenius I.J., Bauer J.M., Verhofste B., Sponseller P.D., Krengel W.F., Hedequist D., Cahill P.J., Larson A.N., Pahys J.M., Anderson J.T., Martus J.E., Yaszay B., Phillips J.H. Os Odontoideum in Children: Treatment Outcomes and Neurological Risk Factors // *J Bone Joint Surg Am*. 2019. Vol. 101, № 19. P. 1750–1760. doi: 10.2106/JBJS.19.00314
10. Wu X., Wood K.B., Gao Y., Li S., Wang J., Ge T., Zhao B., Shao Z., Yang S., Yang C. Surgical strategies for the treatment of os odontoideum with atlantoaxial dislocation // *J Neurosurg Spine*. 2018. Vol. 28, № 2. P. 131–139. doi: 10.3171/2017.5.SPINE161211
11. Луцик А.А., Раткин И.К., Никитин М.Н. Краниовертебральные повреждения и заболевания. Новосибирск: Издатель, 1998. 551 с.
12. Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Еськин Н.А., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н., Пономаренко Г.П., Чернов И.В. Варианты хирургического лечения застарелых переломов зубовидного отростка С2 позвонка // *Хирургия позвоночника*. 2019. Т. 16, № 1. С. 16–24. doi: 10.14531/ss2019.1.16-24
13. List C.F. Neurologic syndromes accompanying developmental anomalies of occipital bone, atlas and axis // *Arch Neurol Psychiatr*. 1941. № 45. P. 577–616. doi: 10.1001/archneurpsyc.1941.02280160009001
14. Ветрилэ С.Т., Колесов С.В. Краниовертебральная патология. Москва: Медицина, 2007. 201–202 с.
15. Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Громов И.С., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н., Чернов И.В., Митрофанова Е.В., Пономаренко Г.П. Хирургическое лечение неопухолевых заболеваний краниовертебральной области // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2018. Т. 25, № 1. С. 36–41. doi: 10.32414/0869-8678-2018-1-36-41
16. Selman W.R., Spetzler R.F., Brown R. The use of intraoperative fluoroscopy and spinal cord monitoring for transoral microsurgical odontoid resection // *Clin Orthop Relat Res*. 1981. № 154. P. 51–6.
17. 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
18. Brecknell J.E., Malham G.M. Os odontoideum: report of three cases // *J Clin Neurosci*. 2008. Vol. 15, № 3. P. 295–301. doi: 10.1016/j.jocn.2006.07.022
19. D'Urso P.S., Williamson O.D., Thompson R.G. Biomodeling as an aid to spinal instrumentation // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005. Vol. 30, № 24. P. 2841–5. doi: 10.1097/01.brs.0000190886.56895.3d
20. Taggard D.A., Menezes A.H., Ryken T.C. Treatment of Down syndrome-associated craniovertebral junction abnormalities // *J Neurosurg*. 2000. Vol. 93, № 2, Suppl. P. 205–13. doi: 10.3171/spi.2000.93.2.0205
21. Шкарубо А.Н., Кулешов А.А., Семёнова Л.А., Шишкина Л.В., Швеи В.В., Ветрилэ М.С., Громов И.С., Маршаков В.В., Чернов И.В. Хирургическое лечение кист кости ската черепа и аксиса // *Вопросы нейрохирургии*. 2016. Т. 80, № 1. С. 88–97. doi: 10.17116/neiro201680188-97
22. Шкарубо А.Н. Атлас эндоскопической эндоназальной хирургии основания черепа и краниовертебрального сочленения. Москва: АБВ-пресс, 2020. С. 208–209.
23. Goel A., Desai K.I., Muzumdar D.P. Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients // *Neurosurgery*. 2002. Vol. 51, № 6. P. 1351–6; discussion 1356–7.
24. Goel A., Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation // *Acta Neurochir (Wien)*. 1994. Vol. 129, № 1–2. P. 47–53. doi: 10.1007/BF01400872
25. Harms J., Melcher R.P. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001. Vol. 26, № 22. P. 2467–71. doi: 10.1097/00007632-200111150-00014
26. Al-Barbarawi M., Sekhon L.H. Protection of the C1 posterior arch in atlantal lateral mass fixation: technical case report // *J Clin Neurosci*. 2005. Vol. 12, № 1. P. 59–61. doi: 10.1016/j.jocn.2004.03.006
27. Magerl F., Seemann P.S. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P., Weidner A., editors. *Cervical Spine*. Vol. 1. Springer; Strassbourg; Wien; New York, 1985. P. 322–327.
28. Dickman C.A., Sonntag V.K. Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis // *Neurosurgery*. 1998. Vol. 43, № 2. P. 275–80; discussion 280–1. doi: 10.1097/00006123-199808000-00056
29. Madawi A.A., Casey A.T., Solanki G.A., Tuite G., Veres R., Crockard H.A. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique // *J Neurosurg*. 1997. Vol. 86, № 6. P. 961–8. doi: 10.3171/jns.1997.86.6.0961
30. Paramore C.G., Dickman C.A., Sonntag V.K. The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation // *J Neurosurg*. 1996. Vol. 85, № 2. P. 221–4. doi: 10.3171/jns.1996.85.2.0221
31. Liu J., Zhu L.J., Jiang E.Z., Bao X.G., Hu B., Niu D.Y., Xu G.H. C1-C2 pedicle screw fixation for adolescent with os odontoideum associated atlantoaxial dislocation and a compound reduction technique for irreducible atlantoaxial dislocation // *Chin Med J (Engl)*. 2019. Vol. 132, № 10. P. 1253–1256. doi: 10.1097/CM9.0000000000000224
32. Barbour J.R. Screw fixation in fracture of the odontoid process // *S Aust Clin*. 1971. № 5. P. 20.
33. Li W.L., Chi Y.L., Xu H.Z., Wang X.Y., Lin Y., Huang Q.S., Mao F.M. Percutaneous anterior transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a case series // *J Bone Joint Surg Br*. 2010. Vol. 92, № 4. P. 545–9. doi: 10.1302/0301-620X.92B4.22790
34. Wu A.M., Wang X.Y., Zhou F., Zhang X.L., Xu H.Z., Chi Y.L. Percutaneous atlantoaxial anterior transarticular screw fixation combined with mini-open posterior C1/2 wire fusion for patients with a high-riding vertebral artery // *J Spinal Cord Med*. 2016. Vol. 39, № 2. P. 234–9. doi: 10.1179/2045772314Y.00000000298
35. Kim S.M., Lim T.J., Paterno J., Hwang T.J., Lee K.W., Balabhadra R.S., Kim D.H. Biomechanical comparison of anterior and posterior stabilization methods in atlantoaxial instability // *J Neurosurg*. 2004. Vol. 100, № 3, Suppl Spine. P. 277–83. doi: 10.3171/spi.2004.100.3.0277
36. Brooks A.L., Jenkins E.B. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method // *J Bone Joint Surg Am*. 1978. Vol. 60, № 3. P. 279–84.
37. Gallie W.E. Fracture and dislocations of the cervical spine // *Am J Surg*. 1939. № 46. P. 495–499.

38. Menezes A.H. Craniovertebral junction database analysis: incidence, classification, presentation, and treatment algorithms // *Childs Nerv Syst*. 2008. Vol. 24, № 10. P. 1101–8. doi: 10.1007/s00381-008-0605-9

39. Magrini S., Pasquini E., Mazzatenta D., Mascari C., Galassi E., Frank G. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a patient affected by Down syndrome: technical case report // *Neurosurgery*. 2008. Vol. 63, № 2. P. E373–4; discussion E374. doi: 10.1227/01.NEU.0000315285.84524.74

40. Zhao D., Wang S., Passias P.G., Wang C. Craniocervical instability in the setting of os odontoideum: assessment of cause, presentation, and surgical outcomes in a series of 279 cases // *Neurosurgery*. 2015. Vol. 76, № 5. P. 514–21. doi: 10.1227/NEU.0000000000000668

41. Павлова О.М., Бурцев А.В., Губин А.В., Рябых С.О. Задняя инструментальная фиксация шейного отдела позвоночника у детей: опыт лечения // *Хирургия позвоночника*. 2017. Т. 14, № 4. С. 27–31. doi: 10.14531/ss2017.4.27-31

42. Рябых С.О., Очирова П.В., Губин А.В., Колесов С.В., Колбовский Д.А., Третьякова А.Н., Рябых Т.В., Медведева С.Н., Савин Д.М., Бурцев А.В., Сайфутдинов М.С. Вертебральный синдром при различных типах мукополисахаридоза: особенности клиники и лечения // *Хирургия позвоночника*. 2019. Т. 16, № 2. С. 81–91. doi: 10.14531/ss2019.2.81-91

43. Hadley M.N., Walters B.C., Grabb P.A., Oyesiku N.M., Przybylski G.J., Resnick D.K., Ryken T.C. Os odontoideum // *Neurosurgery*. 2002. Vol. 50, № 3, Suppl. P. S148–55. doi: 10.1097/00006123-200203001-00023

REFERENCES

- Gubin AV, Ulrikh EV. Syndrome approach to the treatment of children with cervical spine abnormalities. *Spine Surgery*. 2010;(3):014–19. (In Russ). doi: 10.14531/ss2010.3.14-19
- Gubin AV, Ulrikh EV, Mushkin AY, Ryabykh SO, Burtsev AV, Anisimov AN, Dubonosov YuV, Ochirova PV. Emergency vertebrology: cervical spine in children. *Spine Surgery*. 2013;(3):81–91. (In Russ). doi: 10.14531/ss2013.3.81-91
- Arvin B, Fournier-Gosselin MP, Fehlings MG. Os odontoideum: etiology and surgical management. *Neurosurgery*. 2010;66(3 Suppl):22–31. doi: 10.1227/01.NEU.0000366113.15248.07
- Clements WD, Mezue W, Mathew B. Os odontoideum congenital or acquired? That's not the question. *Injury*. 1995;26(9):640–642. doi: 10.1016/0020-1383(95)00123-q
- Dai L, Yuan W, Ni B, Jia L. Os odontoideum: etiology, diagnosis, and management. *Surg Neurol*. 2000;53(2):106–8; discussion 108–9. doi: 10.1016/s0090-3019(99)00184-6
- Spierings EL, Braakman R. The management of os odontoideum. Analysis of 37 cases. *J Bone Joint Surg Br*. 1982;64(4):422–8. doi: 10.1302/0301-620X.64B4.7096415
- Fielding JW, Hensinger RN, Hawkins RJ. Os Odontoideum. *J Bone Joint Surg Am*. 1980;62(3):376–83.
- Klimo PJr, Kan P, Rao G, Apfelbaum R, Brockmeyer D. Os odontoideum: presentation, diagnosis, and treatment in a series of 78 patients. *J Neurosurg Spine*. 2008;9(4):332–42. doi: 10.3171/SPI.2008.9.10.332
- Helenius IJ, Bauer JM, Verhofste B, Sponseller PD, Krengel WF, Hedequist D, Cahill PJ, Larson AN, Pahys JM, Anderson JT, Martus JE, Yaszay B, Phillips JH. Os Odontoideum in Children: Treatment Outcomes and Neurological Risk Factors. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101(19):1750–1760. doi: 10.2106/JBJS.19.00314
- Wu X, Wood KB, Gao Y, Li S, Wang J, Ge T, Zhao B, Shao Z, Yang S, Yang C. Surgical strategies for the treatment of os odontoideum with atlantoaxial dislocation. *J Neurosurg Spine*. 2018;28(2):131–139. doi: 10.3171/2017.5.SPINE161211
- Lutsik AA, Ratkin IK, Nikitin MN. *Craniovertebral injuries and diseases*. Novosibirsk: Publisher; 1998. 551 p. (In Russ).
- Kuleshov AA, Shkarubo AN, Eskin NA, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN, Ponomarenko GP, Chernov IV. Options for surgical treatment of chronic C2 odontoid fractures. *Spine Surgery*. 2019;16(1):16–24. (In Russ). doi: 10.14531/ss2019.1.16-24
- List CF. Neurologic syndromes accompanying developmental anomalies of occipital bone, atlas and axis. *Arch Neurol Psychiatr*. 1941;(45):577–616. doi: 10.1001/archneurpsyc.1941.02280160009001
- Vetrile ST, Kolesov SV. *Craniovertebral pathology*. Moscow: Medicine; 2007. 201–202 p. (In Russ).
- Kuleshov AA, Shkarubo AN, Gromov IS, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN, Chernov IV, Mitrofanova EV, Ponomarenko GP. Surgical treatment of non-tumor diseases of the craniovertebral region. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2018;25(1):36–41. (In Russ). doi: 10.32414/0869-8678-2018-1-36-41
- Selman WR, Spetzler RF, Brown R. The use of intraoperative fluoroscopy and spinal cord monitoring for transoral microsurgical odontoid resection. *Clin Orthop Relat Res*. 1981;(154):51–6.
- Khusainov NO, Vissarionov SV, Kokushin DN. Instability of the craniovertebral region in children with Down syndrome *Orthopedics, traumatology and reconstructive surgery of childhood*. 2016;4(3):71–77. (In Russ). doi: 10.17816/PTORS4371-77
- Brecknell JE, Malham GM. Os odontoideum: report of three cases. *J Clin Neurosci*. 2008;15(3):295–301. doi: 10.1016/j.jocn.2006.07.022
- D'Urso PS, Williamson OD, Thompson RG. Biomechanical modeling as an aid to spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(24):2841–5. doi: 10.1097/01.brs.0000190886.56895.3d
- Taggard DA, Menezes AH, Ryken TC. Treatment of Down syndrome-associated craniovertebral junction abnormalities. *J Neurosurg*. 2000;93(2 Suppl):205–13. doi: 10.3171/spi.2000.93.2.0205
- Shkarubo AN, Kuleshov AA, Semenova LA, Shishkina LV, Shvets VV, Vetrile MS, Gromov IS, Marshakov VV, Chernov IV. Surgical treatment of bone cysts of the skull slope and axis. *Zh Vopr Neurokhir*. 2016;80(1):88–97. (In Russ). doi: 10.17116/neiro201680188-97
- Shkarubo AN. *Atlas of endoscopic endonasal surgery of the skull base and craniovertebral articulation*. Moscow: ABC Press; 2020. 208–209 p. (In Russ).
- Goel A, Desai KI, Muzumdar DP. Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. *Neurosurgery*. 2002;51(6):1351–6; discussion 1356–7.
- Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlantoaxial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)*. 1994;129(1–2):47–53. doi: 10.1007/BF01400872
- Harms J, Melcher RP. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(22):2467–71. doi: 10.1097/00007632-200111150-00014
- Al-Barbarawi M, Sekhon LH. Protection of the C1 posterior arch in atlantal lateral mass fixation: technical case report. *J Clin Neurosci*. 2005;12(1):59–61. doi: 10.1016/j.jocn.2004.03.006

27. Magerl F, Seemann PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A, editors. *Cervical Spine*. Vol. 1. Springer, Strassbourg, Wien, New York; 1985. 322–327 p.
28. Dickman CA, Sonntag VK. Posterior C1–C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery*. 1998;43(2):275–80; discussion 280–1. doi: 10.1097/00006123-199808000-00056
29. Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, Tuite G, Veres R, Crockard HA. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *J Neurosurg*. 1997;86(6):961–8. doi: 10.3171/jns.1997.86.6.0961
30. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK. The anatomical suitability of the C1–2 complex for transarticular screw fixation. *J Neurosurg*. 1996;85(2):221–4. doi: 10.3171/jns.1996.85.2.0221
31. Liu J, Zhu LJ, Jiang EZ, Bao XG, Hu B, Niu DY, Xu GH. C1–C2 pedicle screw fixation for adolescent with os odontoideum associated atlantoaxial dislocation and a compound reduction technique for irreducible atlantoaxial dislocation. *Chin Med J (Engl)*. 2019;132(10):1253–1256. doi: 10.1097/CM9.0000000000000224
32. Barbour JR. Screw fixation in fracture of the odontoid process. *S Aust Clin*. 1971;(5):20.
33. Li WL, Chi YL, Xu HZ, Wang XY, Lin Y, Huang QS, Mao FM. Percutaneous anterior transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a case series. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(4):545–9. doi: 10.1302/0301-620X.92B4.22790
34. Wu AM, Wang XY, Zhou F, Zhang XL, Xu HZ, Chi YL. Percutaneous atlantoaxial anterior transarticular screw fixation combined with mini-open posterior C1/2 wire fusion for patients with a high-riding vertebral artery. *J Spinal Cord Med*. 2016;39(2):234–9. doi: 10.1179/2045772314Y.00000000298
35. Kim SM, Lim TJ, Paterno J, Hwang TJ, Lee KW, Balabhadra RS, Kim DH. Biomechanical comparison of anterior and posterior stabilization methods in atlantoaxial instability. *J Neurosurg*. 2004;100(3 Suppl Spine):277–83. doi: 10.3171/spi.2004.100.3.0277
36. Brooks AL, Jenkins EB. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am*. 1978;60(3):279–84.
37. Gallie WE. Fracture and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg*. 1939;(46):495–499.
38. Menezes AH. Craniovertebral junction database analysis: incidence, classification, presentation, and treatment algorithms. *Childs Nerv Syst*. 2008;24(10):1101–8. doi: 10.1007/s00381-008-0605-9
39. Magrini S, Pasquini E, Mazzatenta D, Mascari C, Galassi E, Frank G. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a patient affected by Down syndrome: technical case report. *Neurosurgery*. 2008;63(2):E373–4; discussion E374. doi: 10.1227/01.NEU.0000315285.84524.74
40. Zhao D, Wang S, Passias PG, Wang C. Craniocervical instability in the setting of os odontoideum: assessment of cause, presentation, and surgical outcomes in a series of 279 cases. *Neurosurgery*. 2015;76(5):514–21. doi: 10.1227/NEU.0000000000000668
41. Pavlova OM, Burtsev AV, Gubin AV, Ryabykh SO. Posterior instrumental fixation of the cervical spine in children: treatment experience. *Spine Surgery*. 2017;14(4):27–31. (In Russ). doi: 10.14531/ss2017.4.27-31
42. Ryabykh SO, Ochirova PV, Gubin AV, Kolesov SV, Kolbovsky DA, Tretyakova AN, Ryabykh TV, Medvedeva SN, Savin DM, Burtsev AV, Sayfutdinov MS. Vertebral syndrome in various types of mucopolysaccharidosis: features of the clinic and treatment. *Spine Surgery*. 2019;16(2):81–91. (In Russ). doi: 10.14531/ss2019.2.81-91
43. Hadley MN, Walters BC, Grabb PA, Oyesiku NM, Przybylski GJ, Resnick DK, Ryken TC. Os odontoideum. *Neurosurgery*. 2002;50(3 Suppl):S148–55. doi: 10.1097/00006123-200203001-00023

ОБ АВТОРАХ

Кулешов Александр Алексеевич, д.м.н.;

ORCID: 0000-0002-9526-8274;

eLibrary SPIN: 7052-0220;

e-mail: cito-spine@mail.ru

Шкарубо Алексей Николаевич, д.м.н.,

ведущий научный сотрудник;

ORCID: 0000-0003-3445-3115;

eLibrary SPIN: 3420-3394;

e-mail: ashkarubo@nsi.ru

*** Шаров Владислав Андреевич**,

врач травматолог-ортопед;

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

ORCID: 0000-0002-0801-0639;

eLibrary SPIN: 8062-9216;

e-mail: sharov.vlad397@gmail.com

Ветрилэ Марчел Степанович, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0001-6689-5220;

eLibrary SPIN: 9690-5117;

e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru

AUTHORS' INFO

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

ORCID: 0000-0002-9526-8274;

eLibrary SPIN: 7052-0220;

e-mail: cito-spine@mail.ru

Alexey N. Shkarubo, MD, Dr. Sci. (Med.),

leading researcher;

ORCID: 0000-0003-3445-3115;

eLibrary SPIN: 3420-3394;

e-mail: ashkarubo@nsi.ru

*** Vladislav A. Sharov**,

traumatologist-orthopedist;

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

ORCID: 0000-0002-0801-0639;

eLibrary SPIN: 8062-9216;

e-mail: sharov.vlad397@gmail.com

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

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0000-0001-6689-5220;

eLibrary SPIN: 9690-5117;

e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Лисянский Игорь Николаевич, к.м.н.,
врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0002-2479-4381;
eLibrary SPIN: 9845-1251;
e-mail: lisigornik@list.ru

Макаров Сергей Николаевич, к.м.н.,
врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0003-0406-1997;
eLibrary SPIN: 2767-2429;
e-mail: moscow.makarov@gmail.com

Igor N. Lisyansky, MD, Cand. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist;
ORCID: 0000-0002-2479-4381;
eLibrary SPIN: 9845-1251;
e-mail: lisigornik@list.ru

Sergey N. Makarov, MD, Cand. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist;
ORCID: 0000-0003-0406-1997;
eLibrary SPIN: 2767-2429;
e-mail: moscow.makarov@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568102>

Поздравляем профессора Н.С. Гаврюшенко с 80-летием!

АННОТАЦИЯ

Краткая биографическая справка и научные достижения Николая Свиридовича Гаврюшенко, поздравление с 80-летним юбилеем.

Ключевые слова: Гаврюшенко Николай Свиридович; юбилей; травматология и ортопедия; эндопротезирование; испытательная лаборатория; трибология; материаловедение.

Как цитировать:

Поздравляем профессора Н.С. Гаврюшенко с 80-летием! // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 259–261.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568102>

Рукопись получена: 07.08.2023

Рукопись одобрена: 08.08.2023

Опубликована: 14.08.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568102>

Congratulations to Professor Nikolay S. Gavriushenko on his 80th anniversary!

ABSTRACT

Brief biographical information and scientific achievements of Nikolay S. Gavriushenko, congratulations on the 80th anniversary.

Keywords: Nikolay S. Gavriushenko; anniversary; traumatology and orthopedics; endoprosthesis; testing laboratory; tribology; materials science.

To cite this article:

Congratulations to Professor Nikolay S. Gavriushenko on his 80th anniversary! *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):259–261.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568102>

Received: 07.08.2023

Accepted: 08.08.2023

Published: 14.08.2023



25 июня 2023 года исполнилось 80 лет руководителю лаборатории разработки и испытаний медицинских изделий и материалов ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, доктору технических наук, профессору, академику Российской академии естествознания Николаю Свиридовичу Гаврюшенко.

Николай Свиридович — известный российский учёный, специалист в области медицинского материаловедения. Во Всесоюзном институте авиационных материалов (ВИАМ) им были созданы первые отечественные герметизирующие анаэробные композиции, известные под маркой ВАК (виамовская анаэробная композиция).

Свою трудовую деятельность в ЦИТО им. Н.Н. Приорова Николай Свиридович начал в 1978 году, будучи уже кандидатом технических наук и высококвалифицированным материаловедом — разработчиком первых в СССР анаэробных композиций.

За время работы в Центре, на базе лабораторного оборудования, Николай Свиридович организовал производство опытных изделий для травматологии и ортопедии: силиконовых межфаланговых и пястнофаланговых суставов, ладьевидной и полулунной костей, головки лучевой кости, сухожилий сгибателей кисти, акрил-цементов, лавсановых связок, липкой плёнки «ОПАЛ-ЦИТО», термопластичного материала «ПОЛИВИК», пластин и винтов из углепластика УПА-12, эндо-экзопротеза. Исследования, выполненные Н.С. Гаврюшенко в ЦИТО им. Н.Н. Приорова, легли в основу первого в СССР отечественного металлополимерного эндопротеза тазобедренного сустава И.А. Мовшовича — Н.С. Гаврюшенко.

Изучая трибологические характеристики тазобедренных суставов человека, он определил величину моментов трения, рассчитал коэффициенты трения, обосновал

способ снижения трения в суставах с помощью костного жира, сформулировал принцип создания низкофрикционных узлов трения и разработал механизм самопроизвольной подачи смазки в зону трения. Он выдвинул гипотезу возникновения артроза, обнаружил причину нарушения природного механизма трения за счёт прерывания потока смазки через склерозированную субхондральную кость.

Значительный вклад Николай Свиридович внёс в создание в России банка гармонизированных международных стандартов по разделу 150 «Имплантаты в хирургии» Международного комитета стандартизации ISO. Н.С. Гаврюшенко разработал государственный стандарт ГОСТ Р 52640-2006, переведённый в межгосударственный ГОСТ 31621-2012, по экспресс-оценке трибологических свойств узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава. В течение десятка лет он представлял Россию в ISO, будучи ответственным секретарём Технического комитета по стандартизации № 453 России «Имплантаты в хирургии».

Николай Свиридович имеет более 100 научных публикаций и около двух десятков патентов. В 2001 году им защищена докторская диссертация на тему «Материаловедческие аспекты создания эрозионностойких узлов трения искусственных суставов человека». В течение 10 лет он читал лекции студентам МАТИ — Российского государственного технологического университета им. К.Э. Циолковского по курсу «Трибология». В 2008 году Высшая аттестационная комиссия Российской Федерации присвоила ему звание профессора. Как специалист в области трибологии суставов Николай Свиридович читал лекции аспирантам и исследователям по проблеме трибологии в природных и искусственных суставах, был председателем Государственной комиссии Московского

авиационного института по приёму дипломных работ инженеров — выпускников кафедры.

В течение последних лет Н.С. Гаврюшенко являлся руководителем шести кандидатских работ и научным консультантом трёх докторских работ. В 2020 году он был избран действительным членом Российской академии естествознания.

Николай Свиридович Гаврюшенко пользуется большим авторитетом и уважением сотрудников Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова и как испытатель известен в стране сообществу, создающему имплантаты, материалы медицинского назначения, ортезы и другие уникальные изделия, необходимые для восстановления

здоровья пациентов. В 2022 году награждён знаком «Отличник здравоохранения».

От всей души поздравляем Николая Свиридовича с юбилеем! Желаем долгих и счастливых лет жизни в полном здравии и в окружении любящих людей. Пусть дело, которому он отдаёт душевные силы, опыт и знания, приносит радость и желание новых профессиональных свершений.

***Коллектив Национального медицинского
исследовательского центра травматологии
и ортопедии им. Н.Н. Приорова, редакция
журнала «Вестник травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова»***

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568103>

Поздравляем А.А. Кулешова с 60-летием!

АННОТАЦИЯ

Краткая биографическая справка и научные достижения Александра Алексеевича Кулешова, поздравление с 60-летним юбилеем.

Ключевые слова: Кулешов Александр Алексеевич; юбилей; травматология и ортопедия; вертебрология; хирургия позвоночника.

Как цитировать:

Поздравляем А.А. Кулешова с 60-летием! // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 263–265.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568103>

Рукопись получена: 07.08.2023

Рукопись одобрена: 08.08.2023

Опубликована: 14.08.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568103>

Congratulations to Alexander A. Kuleshov on his 60th anniversary!

ABSTRACT

Brief biographical information and scientific achievements of Alexander A. Kuleshov, congratulations on the 60th anniversary.

Keywords: Alexander A. Kuleshov; anniversary; traumatology and orthopedics; vertebrology; spine surgery.

To cite this article:

Congratulations to Alexander A. Kuleshov on his 60th anniversary! *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):263–265.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568103>

Received: 07.08.2023

Accepted: 08.08.2023

Published: 14.08.2023



4 июня 2023 года исполнилось 60 лет известному хирургу-вертебрологу, учёному, доктору медицинских наук, заслуженному врачу Российской Федерации Александру Алексеевичу Кулешову.

Александр Алексеевич родился в 1963 году в Волгоградской области в казачьей станице Алексеевской. После окончания средней школы в 1980 году поступил на педиатрический факультет Волгоградского государственного медицинского института, после успешного окончания которого был распределён в детскую ортопедо-хирургическую больницу МПС в Рузский район Московской области. В 1987 году с отличием окончил интернатуру по травматологии и ортопедии на базе ДКГБ им. Н.Ф. Филатова г. Москвы. Первыми учителями Александра Алексеевича по травматологии и ортопедии были профессор В.П. Немсадзе и профессор Е.П. Кузнецихин.

В 1994 году А.А. Кулешов поступил в аспирантуру в Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. Здесь определилось направление всей последующей научной и практической деятельности Александра Алексеевича — он был направлен для прохождения аспирантуры в отделение патологии позвоночника под руководством профессора Степана Тимофеевича Ветрилэ. В 1994 году А.А. Кулешов успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Эффективность различных методов хирургического вмешательства на межпозвонковых дисках при сколиозе». Вся научная и практическая деятельность А.А. Кулешова была связана с хирургией позвоночника. Более 20 лет Александр Алексеевич проработал под руководством профессора Степана Тимофеевича Ветрилэ, одного из крупнейших вертебрологов нашей страны. Александр Алексеевич стал достойным последователем и преемником профессора С.Т. Ветрилэ, пройдя путь

от научного сотрудника до ведущего научного сотрудника и заведующего отделением. Плодом многолетних исследований и практической работы, связанных с оперативным лечением тяжёлых форм сколиоза, стала докторская диссертация Александра Алексеевича «Тяжёлые формы сколиоза. Оперативное лечение и функциональные особенности некоторых органов и систем», успешно защищённая им в 2007 году.

Активное развитие хирургии позвоночника в последние десятилетия привело к созданию в 2012 году нового отделения вертебрологии в ЦИТО им. Н.Н. Приорова, которое, учитывая огромный опыт практической, научной и организаторской деятельности, было поручено возглавить Александру Алексеевичу.

Александр Алексеевич и возглавляемое им отделение выполняют весь спектр хирургии позвоночника — от краниовертебральной области до крестца, в отделении проводят операции и детям — по поводу врождённых аномалий развития, спондилолистеза, различных типов сколиоза и других деформаций позвоночника, и взрослым с дегенеративной патологией позвоночника, воспалительными, опухолевыми процессами, травмами и их последствиями.

А.А. Кулешов впервые стал использовать индивидуально изготовленные металлоконструкции при оперативном лечении деформаций шейно-грудного перехода, спондилолистеза, для выполнения окципитоспондилодеза, позвоночно-тазовой фиксации и др. Им совместно с коллегами из НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко впервые был предложен и внедрён в практику метод передней фиксации верхнешейного отдела позвоночника. Предложенные методики лечения в 2012 и 2018 гг. были отмечены премиями Первого канала в рамках Национальной премии лучшим врачам России «Призвание», а также

неоднократно отмечены золотыми медалями и наградами на международных выставках и конкурсах.

А.А. Кулешов входит в редакционный совет журналов «Хирургия позвоночника» и «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», является членом правления Ассоциации вертебрологов России, членом Ассоциации ортопедов-травматологов г. Москвы, действительным членом Международного общества хирургической ортопедии SICOT.

С 2009 года А.А. Кулешов является постоянным членом Главной медицинской комиссии по подготовке космонавтов. А.А. Кулешов является членом диссертационного совета НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, а также возглавляет проблемную комиссию в Центре.

Александр Алексеевич воспитал плеяду хирургов-вертебрологов. Своим богатым опытом и знаниями он щедро делится с молодыми коллегами, являя собой пример учителя и наставника. Его ученики работают во многих медицинских учреждениях страны. Под руководством А.А. Кулешова защищено 7 кандидатских диссертаций, выпущено 8 монографий, более 120 статей, получено 12 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

В 2018 году Александр Алексеевич в коллективе авторов был удостоен премии Правительства Российской

Федерации за разработку и внедрение методов лечения больных с тяжёлыми деформациями позвоночника. Ему было присвоено почётное звание лауреата премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Научная деятельность Александра Алексеевича неотделима от его практической работы. Высококвалифицированный ортопед-вертебролог, внимательный, вдумчивый врач, он вернул к активной жизни сотни детей и взрослых. Высокие профессиональные качества сочетаются в нём с глубоким уважением и интересом к деятельности коллег. За многолетний добросовестный труд Александр Алексеевич Кулешов награждён нагрудным знаком «Отличник здравоохранения», почётным званием «заслуженный врач Российской Федерации».

Свой юбилей Александр Алексеевич встречает в расцвете творческих сил, полный энергии и стремления к решению новых задач. Поздравляем его с замечательным юбилеем и желаем крепкого здоровья, дальнейших творческих успехов и всего наилучшего!

***Коллектив Национального медицинского
исследовательского центра травматологии
и ортопедии им. Н.Н. Приорова, редакция
журнала «Вестник травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова»***