

КАФЕДРА ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

ТЕМЫ НОМЕРА

- ВОЗМОЖНОСТИ РОБОТ-АССИСТИРОВАННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ДИСПЛАЗИИ
- КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИКИ ИМПАКЦИОННОЙ ПЛАСТИКИ ПРИ ОБШИРНОМ ПОЛОСТНОМ ДЕФЕКТЕ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ
- СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ХРЯЩЕВЫХ И КОСТНО-ХРЯЩЕВЫХ ДЕФЕКТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА



№ 3

ПРОФОРТОПЕДИЯ

ТРАДИЦИИ • РАЗВИТИЕ • ИННОВАЦИИ

PRIUS®



Capitole®



Stemsys®



FREELINER®



Evolutis
CREATEUR FABRICANT

ПРОФОРТОПЕДИЯ

+7.495.230.05.84

info@profort.ru

Реклама

Кафедра травматологии и ортопедии (Zhurnal kafedra travmatologii i ortopedii)

№3 · 2025

Основан в 2012 году

Учредители: ФГАОУ ВО ПЕРВЫЙ МГМУ
ИМ. И.М.СЕЧЕНОВА МИНЗДРАВА
РОССИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ),
ООО «ПРОФИЛЬ — 2С»
123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 78;
тел./факс +7 (916) 229 03 11;
E-mail: sp@profill.ru

Издатель: ООО «ПРОФИЛЬ — 2С»
123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 78;
тел./факс +7 (916) 229 03 11;
E-mail: sp@profill.ru

Периодичность издания:
1 раз в 3 месяца

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и связи
28 февраля 2012 года (регистрационное удостоверение
№ ПИ ФС 77-48698).

Префикс DOI: 10.17238/issn2226-2016

Адрес редакции:

123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 78;
тел./факс +7 (916) 229 03 11;
E-mail: sp@profill.ru;

<http://www.jkto.ru>

Журнал включен ВАК в Перечень ведущих
рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени доктора и кандидата наук.

Материалы журнала распространяются по лицензии
Creative Commons Attribution-NonCommercial-
NoDerivatives 4.0 License.



Отпечатано: Типография «КАНЦЛЕР», 150044,
г. Ярославль, Полушкина роща 16, стр. 66а.

Тираж: 1 000 экз

Перепечатка опубликованных в журнале материалов
допускается только с разрешения редакции.
При использовании материалов ссылка на журнал
обязательна. Присланные материалы не возвращаются.
Точка зрения авторов может не совпадать с мнением
редакции. Редакция не несет ответственности
за достоверность рекламной информации.

© Кафедра травматологии и ортопедии, 2025

Подписной индекс 88210 в объединенном каталоге
«Пресса России»

Цена договорная

Подписано в печать: 02.10.2025

Рецензируемый научно-практический журнал "Кафедра травматологии и ортопедии" является печатным органом. Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и связи 28 февраля 2012 года (регистрационное удостоверение № ПИ ФС 77-48698). Дата подписи первого выпуска в печать 30.03.2012 г. Журнал не переименовывался.

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора медицинских наук.

Журнал выходит с периодичностью 4 выпуска в год.

Распространение: Россия, зарубежные страны.

Цель журнала – освещение современных тенденций и технологий лечения повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата, основанных на экспериментальных, теоретических и клинических исследованиях, проводимых как в отечественных, так и в зарубежных научно-клинических центрах

Журнал предназначен для практикующих врачей травматологов-ортопедов, преподавателей, студентов, интернов, ординаторов и аспирантов высших учебных заведений, врачей смежных специальностей (анестезиологов-реаниматологов, реабилитологов, нейрохирургов и др.)

Главный редактор

Лычагин Алексей Владимирович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института Клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России, Москва, РОССИЯ.

Научный редактор

Кавалерский Геннадий Михайлович — д.м.н., профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института Клинической медицины им. Н.В.Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, РОССИЯ

Редакционная коллегия:

Ахтямов Ильдар Фуатович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГАОУ ВПО Казанского государственного медицинского университета, Казань, РОССИЯ

Бобров Дмитрий Сергеевич — ответственный секретарь, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института Клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, РОССИЯ

Брижань Леонид Карлович — д.м.н., профессор, начальник ЦТиО ФГКУ «Главный военный клинический госпиталь им. Бурденко», профессор кафедры хирургии с курсами травматологии, ортопедии и хирургической эндокринологии НМХЦ им. Н.И. Пирогова, Москва, РОССИЯ

Гаркави Андрей Владимирович — д.м.н., профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института Клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, РОССИЯ

Грицюк Андрей Анатольевич — д.м.н., профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф лечебного факультета ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), РОССИЯ

Дубров Вадим Эрикович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и специализированной хирургии факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, Главный травматолог г. Москвы, Москва, РОССИЯ

Егиазарян Карен Альбертович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, РОССИЯ

Карданов Андрей Асланович — д.м.н., Заместитель главного врача, АО «Европейский Медицинский Центр», Москва, РОССИЯ

Королёв Андрей Вадимович — д.м.н., профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов, Москва, РОССИЯ

Минасов Булат Шамильевич — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ИДПО Башкирского государственного медицинского университета, заслуженный деятель науки РФ, УФА, РОССИЯ

Мурылёв Валерий Юрьевич — д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет), РОССИЯ

Прощо Виктор Геннадьевич — д.м.н., доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Москва, Россия; руководитель центра хирургии стопы ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, РОССИЯ

Самодай Валерий Григорьевич — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ Воронежского государственного медицинского университета имени Н. Н. Бурденко, Воронеж, РОССИЯ

Слиняков Леонид Юрьевич — д.м.н., доцент, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института Клинической медицины им. Н.В.Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, РОССИЯ

Шубкина Алёна Александровна, секретарь журнала, врач травматолог-ортопед отделения медицинской реабилитации УКБ №2 ФГАОУ ВО им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, РОССИЯ

Редакционный совет:

Хофманн Зигфрид — д.м.н., доцент кафедры ортопедической хирургии, глава учебного центра эндопротезирования коленного сустава, LKH Штольцальпе 8852 Штольцальпе, АВСТРИЯ

Моррей Бернард Ф., доктор медицины, профессор кафедры ортопедической хирургии, почетный председатель кафедры ортопедии университета фундаментального медицинского образования и науки клиники Мэйо в Миннесоте, США

Кон Елизавета, профессор, д.м.н., руководитель центра биологической реконструкции, трансляционной ортопедии коленного сустава, научно-исследовательского госпиталя Humanitas, Милан, ИТАЛИЯ

Ярвела Тимо, Профессор, д.м.н., травматолог - ортопед, Университетская клиника г. Тампере, центр артроскопии и ортопедии г. Хатанпаа, ФИНЛЯНДИЯ

The Department of Traumatology and Orthopedics

№3. 2025

Founded in 2012

Founders: I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)
LLC «Profill — 2S»
123007, Moscow, Khoroshevskoe highway, 78;
tel/fax +7 (916) 229 03 11,
E-mail: sp@profill.ru

Publisher: LLC «Profill — 2S»
123007, Moscow, Khoroshevskoe highway, 78;
tel/fax +7 (916) 229 03 11,
E-mail: sp@profill.ru

Periodicity of publication:
1 time in 3 months

Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Communications on June 9, 2008 (registration certificate No. PI FS 77-32248).

Prefix DOI: 10.17238/issn2226-2016

Editorial Office address:

123007, Moscow, Khoroshevskoe highway, 78;
tel/fax +7 (916) 229 03 11,
e-mail: sp@profill.ru

<http://www.jkto.ru>

The journal is included in the List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of Sciences should be published.

The materials of the journal are distributed under the Creative Commons Attribution-Noncommercial-NoDerivatives 4.0 License.



Printed in Printing house «KANTSLER», 150044, Yaroslavl, Polushkina grove 16, build. 66a

Circulation 1000 copy

The reprint of the materials published in magazine is supposed only with the permission of edition. At use of materials the reference to magazine is obligatory. The sent materials do not come back. The point of view of authors can not coincide with opinion of edition. Edition does not bear responsibility for reliability of the advertising information.

© The Department of Traumatology and Orthopedics, 2025

Subscription index 88210 in the incorporated catalogue «Press of Russia»

The price contractual

Sent for press: 02.10.2025

Peer-Reviewed Scientific and Practical Journal "THE DEPARTMENT OF TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS" is the official publication. The Journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Communications on February 28, 2012 (registration certificate № PI FS 77-48698).

The Journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications by the Higher Attestation Commission, in which the main results of dissertations for the degree of PhDs and MDs should be published.

Frequency: 4 issues per year.

Distribution: RUSSIA, foreign countries.

The purpose of the journal is to highlight current trends and technologies for the treatment of injuries and diseases of the musculoskeletal system based on experimental, theoretical and clinical studies conducted both in domestic and foreign scientific and clinical centers

The journal is intended for practicing orthopedic traumatologists, teachers, students, interns, residents and postgraduates of higher educational institutions, doctors of related specialties (anesthesiologists, resuscitators, rehabilitologists, neurosurgeons, etc.)

Chief editor:

Alexey V. Lychagin, Dr. of Med. Sci., Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, RUSSIA.

Scientific editor:

Gennadiy M. Kavalersky, Dr. of Med. Sci., Professor, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, RUSSIA

Editorial board:

Ildar F. Akhtyamov, Dr. of Med. Sci., Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopaedics and Surgery of extreme states of Kazan State Medical University, Kazan, RUSSIA

Dmitry S. Bobrov, secretary-in-charge, Cand. of Med. Sci., Associate Professor of the Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, RUSSIA

Leonid K. Brizhan, Dr. of Med. Sci., Professor, Head of CTiO FGKU «Main Military Hospital Burdenko», Professor of Department of Surgery with the course of traumatology, orthopedics and surgical endocrinology Federal State Institution «The National Medical and Surgical Center named NI Pirogov «the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, RUSSIA

Andrey V. Garkavi, Dr. of Med. Sci., Professor, Professor of the Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, RUSSIA

Andrey A. Gritsyuk, Dr. of Med. Sci., Professor, Professor of the Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, RUSSIA

Vadim E. Dubrov, Dr. of Med. Sci., Professor, Head of the Department of General and Specialized Surgery, Faculty of Fundamental Medicine of Lomonosov Moscow State University, Chief Traumatologist of Moscow, Moscow, RUSSIA

Karen A. Eghiazaryan, Dr. of Med. Sci., Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, RUSSIA

Andrey A. Kardanov, Dr. of Med. Sc., Deputy Chief Medical Officer European Medical Center, Moscow, RUSSIA

Andrey V. Korolev, Dr. of Med. Sci., Professor, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, RUSSIA

Bulat S. Minasov, Dr. of med. Sci, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics IDPO Bashkir State Medical University, Honored Scientist, UFA, RUSSIA

Valery Yu. Murylev, Dr. Sci. Med., Professor, of the Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, Russia; Head of Moscow City Arthroplasty Center, Botkin City Clinical Hospital, Moscow, RUSSIA

Viktor G. Protcko, Dr. of Med. Sci., Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation; Surgeon, Chief of Foot Surgery Centre City Clinical Hospital named after S.S. Yudin, Moscow, RUSSIA

Valery G. Samoday, Dr. of Med. Sci., Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopaedics and Military Field Surgery of Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, RUSSIA

Leonid Yu. Slinyakov, Dr. of Med. Sci., Professor, Professor of the Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, RUSSIA

Alena A. Shubkina, secretary of the journal, orthopedist-traumatologist of Sechenov University, Moscow, RUSSIA

Editorial Council:

Siegfried Hofmann, Dr. of Med. Sci., Associate Professor Orthopedic Surgery of Head Knee Training Center, LKH Stolzalpe, 8852 Stolzalpe, AUSTRIA

Bernard F. Morrey, Dr. of Med. Sci., Professor of Orthopedic Surgery, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota; Professor of Orthopedics, University of Texas Health Center, San Antonio, Texas, USA

Elizaveta Kon, Dr. of Med. Sci., Associate Professor Orthopedics, Chief of Translational Orthopedics of Knee Functional and Biological Reconstruction Center, Humanitas Research Hospital, Milano, ITALY

Timo Järvelä Dr. of Med. Sci., PhD, Professor, Tampere University Hospital, Hatanpää Arthroscopic Center and Orthopaedic Department, FINLAND

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Г. ДГЕБУАДЗЕ, А.А. ГРИЦЮК, А.А. ШУМСКИЙ, А.М. МАЦАКАН

ВОЗМОЖНОСТИ РОБОТ-АССИСТИРОВАННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ДИСПЛАЗИИ 7

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

А.В. АМБРОСЕНКОВ, Т.З. КАЛАКАЕВ, А.Г. АЛИЕВ, А.И. АВДЕЕВ, А.А. АФАНАСЬЕВ, А.А. БОЯРОВ, Т.А. ЕСАЯН

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИКИ ИМПАКЦИОННОЙ ПЛАСТИКИ ПРИ ОБШИРНОМ ПОЛОСТНОМ ДЕФЕКТЕ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ 15

А. А. БЕЗЗУБОВ, Е. О. ПЕРЕЦМАНАС, Я. А. РУКИН, Г. М. КАВАЛЕРСКИЙ, А. А. РОДИН, Ю.Ю. ЩЕПЕТЕВА, П. А. БОНДАРЕНКО

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ИНФЕКЦИОННОГО СПОНДИЛИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХСТОРОННЕЙ БАРЬЕРНОЙ КОЛЛАГЕНОВОЙ МЕМБРАНЫ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 21

С.А. ОСНАЧ, В.Н. ОБОЛЕНСКИЙ, В.Г. ПРОЦКО, С.К. ТАМОЕВ, А.В. МАЗАЛОВ, В.В. КУЗНЕЦОВ, А.В. КАЧЕСОВ, А.Л. РЫБИНСКАЯ, А.Р. СУЛЕЙМАНОВ, Д.К. ЗАДОРЖНИЙ

ЗАМЕЩЕНИЕ ТОТАЛЬНЫХ И СУБТОТАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТЕОМИЕЛИТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ 3D ИМПЛАНТАТОВ 28

П.В. СРОГИНИС, Н.Н. ЕФИМОВ, М.А. ЧЕРКАСОВ, М.Ю. ГОНЧАРОВ

РЕЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПО ПОВОДУ РЕЦИДИВИРУЮЩИХ ВЫВИХОВ И РАЗОБЩЕНИЙ АЦЕТАБУЛЯРНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ЕЁ ИЗНАЧАЛЬНО ВЫСОКОМ РАСПОЛОЖЕНИИ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 40

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Р.З. НУРЛЫГАЯНОВ, Л.Т. ГИЛЬМУТДИНОВА, Т.Б. МИНАСОВ, Ю.А. БОГДАНОВА, А.А. МАРКОВ, А.А. ВАСИЛЬЕВА, Д.Р. НУРЛЫГАЯНОВА

ВЛИЯНИЕ АНТИОСТЕОПОРОТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ НА ПРОЦЕССЫ КОНСОЛИДАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ 49

К.А. ЕГИАЗАРЯН, Г.Д. ЛАЗИШВИЛИ, Д.А. БАДРИЕВ, В.О. ТАМАЗЯН, Д.А. СЫСОЕВА, А.А. ГОРЯЧЕВ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ХРЯЩЕВЫХ И КОСТНО-ХРЯЩЕВЫХ ДЕФЕКТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА ... 59

А.К. МУРСАЛОВ, К. С. ИВАНОВ, А. М. ДЗЮБА, М.С. РОГОВА, Е.А. ФЕДОТОВ, А.С. ШИПИЛОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ЛЕЧЕНИЯ HALLUX RIGIDUS 70

В.С. ЧЕРКАСОВ, Д.Г. ПЛИЕВ, А.Н. КОВАЛЕНКО, А.Д. СИНЕОКИЙ, М.С. ГУАЦАЕВ, Г.А. АЙРАПЕТОВ, К.А. ДЗАМПАЕВ

ОРГАНОСОХРАНЯЮЩИЕ МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА С НАЛИЧИЕМ ФЕМОРОАЦЕТАБУЛЯРНОГО ИМПИДЖМЕНТА, ДИСПЛАЗИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА И РЕТРОВЕРСИИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР 83

О.Н. ЯМЩИКОВ, С.А. ЕМЕЛЬЯНОВ, А.А. ГОРЛОВ, Р.В. ЧУМАКОВ, С.О. ЯМЩИКОВА

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ: РЕЗУЛЬТАТЫ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЗОРА И НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ 91

CONTENTS

ORIGINAL RESEARCH

G. DGEBUADZE, A. A. GRITSYUK, A. A. SHUMSKY, A. M. MATSAKYAN

POSSIBILITIES OF ROBOT-ASSISTED HIP JOINT REPLACEMENT IN DYSPLASIA 7

CLINICAL CASE

A. V. AMBROSENKOV, T. Z. KALAKAEV, A. G. ALIEV, A. I. AVDEEV, A. A. AFANASYEV, A. A. BOYAROV, T. A. YESAYAN

CLINICAL CASE OF REVISION ELBOW ARTHROPLASTY USING IMPACTION BONE GRAFTING TECHNIQUE IN THE PRESENCE OF AN EXTENSIVE CAVITY DEFECT OF THE HUMERUS 15

A. A. BEZZUBOV, E. O. PERETZMANAS, Y. A. RUKIN, G. M. KAVALERSKIY, A. A. RODIN, Y. YU. SCHEPETEVA, P. A. BONDARENKO

SURGICAL TREATMENT OF INFECTIOUS SPONDYLITIS USING BILATERAL BARRIER COLLAGEN MEMBRANE: A CLINICAL CASE STUDY 21

S. A. OSNACH, V. N. OBOLENSKIY, V. G. PROTSKO, S. K. TAMOEV, A. V. MAZALOV, V. V. KUZNETSOV, A. V. KACHESOV, A. L. RYBINSKAYA, A. R. SULEYMANOV, D. K. ZADOROZNIY

HEEL BONE TOTAL AND SUBTOTAL DEFECTS RESTORATION IN PATIENTS WITH OSTEOMYELITIS BY MEANS OF INDIVIDUAL 3D IMPLANTS 28

P. V. SROGINIS, N. N. EFIMOV, M. A. H. CHERKASOV, M. YU. GONCHAROV

REVISION TOTAL HIP ARTHROPLASTY FOR INSTABILITY AND RECURRENT DISSOCIATION OF THE ACETABULAR CONSTRUCT AFTER IT'S INITIAL PLACEMENT AT THE HIGH HIP CENTER: A CASE REPORT 40

LITERATURE REVIEW

R. Z. NURLYGAIANOV, L. T. GILMUTDINOVA, T. B. MINASOV, J. A. BOGDANOVA, A. A. MARKOV, A. A. VASILIEVA, D. R. NURLYGAIANOVA

INFLUENCE OF ANTIOSTEOPOROTIC THERAPY ON BONE FRACTURE CONSOLIDATION PROCESSES: A SYSTEMATIC ANALYSIS OF MODERN DATA 49

K. A. EGAZARYAN, G. D. LAZISHVILI, D. A. BADRIEV, V. O. TAMAZYAN, D. A. SYSOEVA, A. A. GORYACHEV

CURRENT TRENDS IN SURGICAL TREATMENT OF LOCAL CARTILAGINOUS AND BONE-CARTILAGINOUS DEFECTS OF THE KNEE JOINT 59

A. K. MURSALOV, K. S. IVANOV, A. M. DZYUBA, M. S. ROGOVA, E. A. FEDOTOV, A. S. SHIPILOV

MODERN PRINCIPLES OF HALLUX RIGIDUS TREATMENT 70

V. S. CHERKASOV, D. G. PLIEV, A. N. KOVALENKO, A. D. SINEOKIY, M. S. GUATSAEV, G. A. AYRAPETOV, K. A. DZAMPAEV

HIP PRESERVATION SURGERY FOR YOUNG ADULTS WITH FEMOROACETABULAR IMPINGEMENT, HIP DYSPLASIA, AND ACETABULAR RETROVERSION. LITERATURE REVIEW 83

O. N. YAMSHCHIKOV, S. A. EMELIANOV, A. A. GORLOV, R. V. CHUMAKOV, S. O. YAMSHCHIKOVA

MODERN PRACTICE OF SURGICAL TREATMENT OF DISTAL HUMERUS FRACTURES: RESULTS OF A SYSTEMATIC REVIEW AND NEW PROSPECTS 91

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ



УДК 616.728.2-089.227.84-77

© Дгебуадзе Г., Грицюк А. А., Шумский А. А., Мацакан А. М., 2025

Оригинальная статья / Original article

ВОЗМОЖНОСТИ РОБОТ-АССИСТИРОВАННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗобеДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ДИСПЛАЗИИ

Г. ДГЕБУАДЗЕ^{1,2}, А.А. ГРИЦЮК³, А.А. ШУМСКИЙ², А.М. МАЦАКАН⁴¹ГБУЗ «Городская клиническая больница №1 им. Н.И. Пирогова», 117049, Москва, Россия²Юсуповская больница ООО «Нейро-клиника», 119048, Москва, Россия³ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, 119991, Москва, Россия⁴ГБУЗ «Городская поликлиника № 209 Департамента здравоохранения г. Москвы», 119602, Москва, Россия

Аннотация

Обоснование. Дисплазия вертлужной впадины создает значительные технические сложности при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава из-за анатомических особенностей и дефицита костной ткани для размещения компонентов эндопротеза. Применение робот-ассистированных технологий открывает новые возможности повышения точности хирургических вмешательств при данной патологии.

Цель исследования. Провести сравнительную оценку эффективности робот-ассистированного и традиционного мануального методов тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с диспластическим коксартрозом.

Материалы и методы. Проведено проспективное исследование ста операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе в период с 2023 по 2025 годы. Пациенты рандомизированы на две группы по пятьдесят человек. Первая группа оперирована традиционным мануальным методом, вторая с применением робот-ассистированной системы MAKO Robot через модифицированный переднебоковой доступ по Хардингу. Всем пациентам выполнялось комплексное предоперационное обследование включая оценку болевого синдрома по шкале VAS, качества жизни по опроснику SF-36, рентгенологическое исследование с определением степени дисплазии по классификации Crowe. Пациентам второй группы дополнительно проводилась компьютерная томография по специальному протоколу для трехмерного моделирования. Контрольные осмотры осуществлялись через три, шесть и двенадцать месяцев после операции.

Результаты. Робот-ассистированная методика обеспечила точность позиционирования компонентов эндопротеза с отклонением не более одного миллиметра и одного градуса от предоперационного плана. Период использования костылей сократился с трех месяцев при мануальной технике до шести недель при робот-ассистированном подходе. Длительность госпитализации уменьшилась с шести до трех суток. Через год после операции показатели по шкале VAS составили ноль баллов в группе робот-ассистированного эндопротезирования против двух баллов в группе мануального метода. Качество жизни по опроснику SF-36 достигло девяноста пяти баллов против восьмидесяти баллов соответственно. Осложнений не зарегистрировано в обеих группах.

Заключение. Робот-ассистированное эндопротезирование тазобедренного сустава при дисплазии демонстрирует значительные преимущества перед традиционными методами включая высокую точность позиционирования компонентов, сокращение периода реабилитации и улучшение качества жизни пациентов. Данная технология может рассматриваться как метод выбора при лечении диспластического коксартроза с перспективой широкого внедрения в клиническую практику.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава; дисплазия вертлужной впадины; робот-ассистированная хирургия; MAKO Robot; коксартроз.

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

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Дгебуадзе Г., Грицюк А. А., Шумский А. А., Мацакан А. М. Возможности робот-ассистированного эндопротезирования тазобедренного сустава при дисплазии // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 7–14.

Этическая экспертиза. Пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дали согласие на обработку и публикацию клинического материала. Исследование одобрено этическим комитетом.

POSSIBILITIES OF ROBOT-ASSISTED HIP JOINT REPLACEMENT IN DYSPLASIA

GEORGY DGEBUADZE^{1,2}, ANDREY A. GRITSYUK³, ALEXEY A. SHUMSKY², ARTAK M. MATSAKYAN⁴

¹ City Clinical Hospital No. 1 named after N.I. Pirogov, 117049, Moscow, Russia

² Yusupov Hospital, Neuro-Clinic LLC, 119048, Moscow, Russia

City Polyclinic No. 209 of the Moscow Department of Health, 119602, Moscow, Russia

³ First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Ministry of Health of the Russian Federation, 119991, Moscow, Russia

⁴ City Polyclinic No. 209 of the Moscow Department of Health, 119602, Moscow, Russia

Abstract

Background. Acetabular dysplasia creates significant technical difficulties in total hip arthroplasty due to anatomical features and bone tissue deficiency for placement of endoprosthesis components. The use of robot-assisted technologies opens up new opportunities to improve the accuracy of surgical interventions in this pathology.

Objective. To conduct a comparative assessment of the effectiveness of robot-assisted and traditional manual methods of total hip arthroplasty in patients with dysplastic coxarthrosis.

Materials and methods. A prospective study of one hundred total hip arthroplasty operations for dysplastic coxarthrosis was conducted from 2023 to 2025. Patients were randomized into two groups of fifty people. The first group was operated on using the traditional manual method, the second - using the robot-assisted MAKO Robot system through a modified anterolateral approach according to Harding. All patients underwent a comprehensive preoperative examination, including pain assessment using the VAS scale, quality of life using the SF-36 questionnaire, and an X-ray examination to determine the degree of dysplasia according to the Crowe classification. Patients in the second group additionally underwent computed tomography using a special protocol for three-dimensional modeling. Control examinations were carried out three, six and twelve months after the operation.

Results. The robot-assisted technique ensured the accuracy of positioning of the endoprosthesis components with a deviation of no more than one millimeter and one degree from the preoperative plan. The period of using crutches was reduced from three months with the manual technique to six weeks with the robot-assisted approach. The duration of hospitalization was reduced from six to three days. One year after the operation, the VAS score was zero in the robot-assisted hip replacement group versus two points in the manual method group. The quality of life according to the SF-36 questionnaire reached ninety-five points versus eighty points, respectively. No complications were registered in either group.

Conclusion: Robot-assisted hip replacement for dysplasia demonstrates significant advantages over traditional methods, including high accuracy of component positioning, shorter rehabilitation period, and improved quality of life for patients. This technology can be considered as a method of choice for the treatment of dysplastic coxarthrosis with the prospect of widespread implementation in clinical practice.

Keywords: hip replacement; acetabular dysplasia; robot-assisted surgery; MAKO Robot; coxarthrosis.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Dgebuadze G., Gritsyuk A. A., Shumsky A. A., Matsakan A.M. Possibilities of robot-assisted hip arthroplasty in dysplasia // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. No. 3(61). P. 7–14.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.7-14

Введение

В последние годы неуклонно растёт число операций, выполняемых роботизированным методом при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава как в России, так и в других странах. Применение робота помогает выполнить индивидуальное предоперационное планирование, что обеспечивает точное положение компонентов эндопротеза [1, 2, 3]. Точность имплантации эндопротезов при ТЭТС современными роботами составляет до 1 мм и 1 градуса, индивидуально для каждого пациента [4, 5, 6].

Особенно важна точность робот-ассистированного эндопротезирования тазобедренного сустава при наличии дисплазии вертлужной впадины, когда мы имеем дело с «дефицитом» кости для размещения вертлужного компонента и правильного функционирования искусственного тазобедренного сустава [7, 8]. Технология робот-ассистированной тотальной артропластики включает в себя выполнение КТ по специальному протоколу, сегментацию изображения и планирование рас-

положения чашки эндопротеза, интраоперационной навигации, визуализации и ассистирования роботической руки, что в совокупности помогает достигать высокой точности имплантации компонентов эндопротеза, с меньшей травматичностью и длительностью операции, достигать выравнивания длины конечности до 1 мм с контралатеральной [9, 10].

Цель клинического случая показать возможности робототехники при диспластическом коксартрозе, в сравнении с мануальной техникой эндопротезирования.

Методы исследования

Исследование проводилось на базе травматолого-ортопедического отделения в период с 2023 по 2025 годы. В ходе работы было выполнено сто операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с диспластическим коксартрозом. Все вмешательства были разделены на две равные группы в зависимости от применяемой хирургической техники. Первая группа включала пятьдесят операций, выполненных традиционным мануальным методом

с использованием стандартного инструментария. Во второй группе проведено аналогичное количество вмешательств с применением робот-ассистированной технологии на базе хирургической системы MAKO Robot. Распределение пациентов по группам осуществлялось случайным образом с учетом сопоставимости по возрасту, полу и степени выраженности диспластических изменений.

Все пациенты в предоперационном периоде проходили комплексное обследование, включавшее клинический осмотр с оценкой амплитуды движений в тазобедренном суставе, определение степени укорочения конечности и функциональных нарушений. Болевой синдром оценивался по визуальной аналоговой шкале VAS, качество жизни определялось с помощью опросника SF-36. Рентгенологическое исследование включало выполнение обзорных рентгенограмм таза в прямой проекции с определением степени дисплазии по классификации Crowe.

Пациентам второй группы дополнительно выполнялось компьютерно-томографическое исследование по специальному протоколу для создания трехмерной модели тазобедренного сустава и планирования робот-ассистированного вмешательства. Предоперационное планирование в этой группе включало виртуальное моделирование операции с определением оптимальных размеров и позиционирования компонентов эндопротеза.

Хирургические вмешательства в обеих группах выполнялись через модифицированный переднебоковой доступ по Хардингу. В группе мануального эндопротезирования все этапы операции осуществлялись традиционными методами с использованием стандартных направителей и шаблонов. При робот-ассистированных операциях применялась система навигации с установкой позиционирующих датчиков на костные структуры таза и бедренной кости, что обеспечивало высокоточное выполнение всех этапов вмешательства в соответствии с предоперационным планом. Послеоперационное ведение пациентов включало раннюю активизацию на следующие сутки после операции с дозированной нагрузкой на оперированную конечность. Контрольные осмотры проводились через три, шесть и двенадцать месяцев после операции с оценкой клинических и рентгенологических результатов лечения. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с применением методов описательной статистики и сравнительного анализа показателей между группами.

Для демонстрации различий между методиками хирургического лечения ниже представлены два клинических примера, иллюстрирующих сравнительные возможности традиционного мануального и робот-ассистированного эндопротезирования тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе.

Первый случай тотального эндопротезирования тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе традиционным (мануальным) методом, второй случай с применением робот-ассистированного метода (хирургической системы «MAKO

Robot»). В обоих случаях пациенты до операции были информированы об особенностях хирургических вмешательств и получены разрешения на публикацию личных данных.

Случай 1 – пациентка А. в возрасте 67 лет, поступила в травматолого-ортопедическое отделение с жалобами на болевые ощущения, хромоту, ограничение движений в левом тазобедренном суставе и укорочение левой нижней конечности около 2 см. Со слов пациентки, болевые ощущения на протяжении более 5 лет, консервативное лечение не имело эффекта. Последние 6 месяцев пациентка отмечает прогрессирование болевых ощущений и ограничение амплитуды движений тазобедренного сустава.

Пациентка А. передвигается самостоятельно с опорой на трость, хромая на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание – $175^{\circ}/40^{\circ}$, ротация наружная/внутренняя – $6^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, отведение/приведение – $10^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$, сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение левой ноги около 2 см. Ранее пациентке установлен тотальный эндопротез правого тазобедренного сустава, боли нет, амплитуда движений удовлетворительная.

На рентгенограммах таза в прямой проекции выявлено: Левосторонний диспластический коксартроз 3 «а» ст. по Crowe, с укорочением на 2 см. Эндопротез правого тазобедренного сустава. (Рисунок 1 а).

Тестирование по шкале VAS 9 баллов, по опроснику качества жизни SF-36 (40 баллов): Физический компонент здоровья: 20 баллов; Психологический компонент здоровья: 20 баллов.

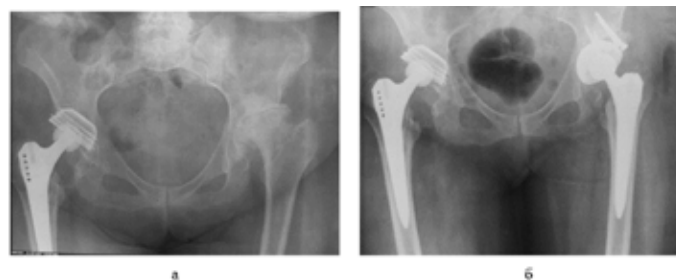


Рисунок 1. Рентгенограммы таза пациентки А.: а - до; б - после тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава

Выполнено оперативное вмешательство: тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с пластикой крыши вертлужной впадины аутокостью «из головки бедренной кости» с фиксацией 2 винтами 5 мм диаметром и длиной 45 и 60 мм. Компоненты эндопротеза Smith&Nephew: ацетабулярный компонент R3 50, фиксирован 2 винтами 6,5 мм, длиной 25 мм, бедренный компонент SL 4, вкладыш 28/50, головка COBALT CHROME 28/+0. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением. Положение эндопротеза по результатам лучевой диагностики корректное (Рисунок 1 б). Пациентка активизирована на следующие сутки после операции. При выписке на 6 сутки со дня операции пациентка передвигается при помощи костылей (рекомендовано ограничение нагрузки в течение 3 месяцев после операции).

При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациентка довольна, отмечает длительный период реабилитации (3 мес. на костылях, далее еще 3 мес. курс реабилитации для полного восстановления). VAS 2 балла (при длительной нагрузке). Опросник качества жизни SF-36 (40 баллов): Физический компонент здоровья: 40 баллов; Психологический компонент здоровья: 40 баллов.

Случай 2 – пациентка Б. в возрасте 50 лет, при поступлении в травматолого-ортопедическое отделение жаловалась на болевые ощущения, хромоту, ограничение движений в левом тазобедренном суставе и укорочение нижней конечности на 2 см. VAS 9 баллов, Опросник качества жизни SF-36 (40 баллов): Физический компонент здоровья: 20 баллов; Психологический компонент здоровья: 20 баллов.

Согласно результатам опроса, боль в суставе пациентка испытывает в течение последних 15 лет, с прогрессированием боли, хромоты и ограничением амплитуды движений в последние 12 месяцев. Проведенное консервативное лечение не принесло положительного результата.

Пациентка Б. передвигается самостоятельно, без использования дополнительной опоры, прихрамывая на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание – 75°/40°, ротация наружная/внутренняя – 6°/0°/0°, отведение/приведение – 10°/0°/5°, сгибательно-приводящая контрактура, движения болезненные, укорочение около 2 см.

По результатам обследования и КТ-сканирования по специальному протоколу для робота, пациентке был установлен диагноз: «M16.3. Левосторонний диспластический коксартроз 3 «а» Crowe, укорочение нижней конечности на 2 см. Рекомендовано оперативное лечение: тотальное робот-ассистированное эндопротезирование левого тазобедренного сустава.

В начале операции в область крыла левой подвздошной кости в передней верхней части фиксировали тазовые датчики позиционирующей матрицы тремя винтами Шанца (Рисунок 2).

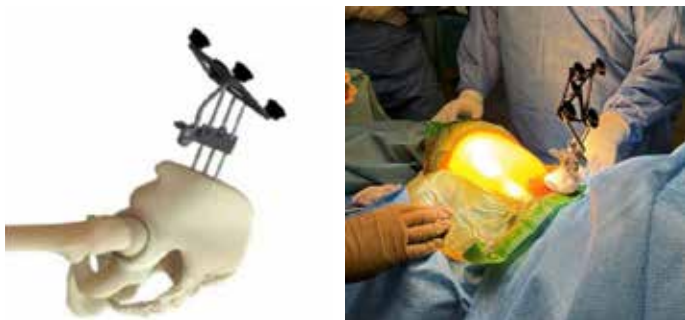


Рисунок 2. Фиксация тазовой позиционирующей матрицы в крыло подвздошной кости

Далее в области середины нижнего края левого надколенника фиксировали позиционирующую пряжку (Рисунок 3).



Рисунок 3. Точка фиксации позиционирующей пряжки в области середины нижнего края левого надколенника

Затем выполняли модифицированный переднебоковой доступ по Хардингу к тазобедренному суставу. В области верхнего края крышки вертлужной впадины и большого вертела бедренной кости устанавливали металлические клипсы для тестирования местоположения костных ориентиров (Рисунки 4 а и б).

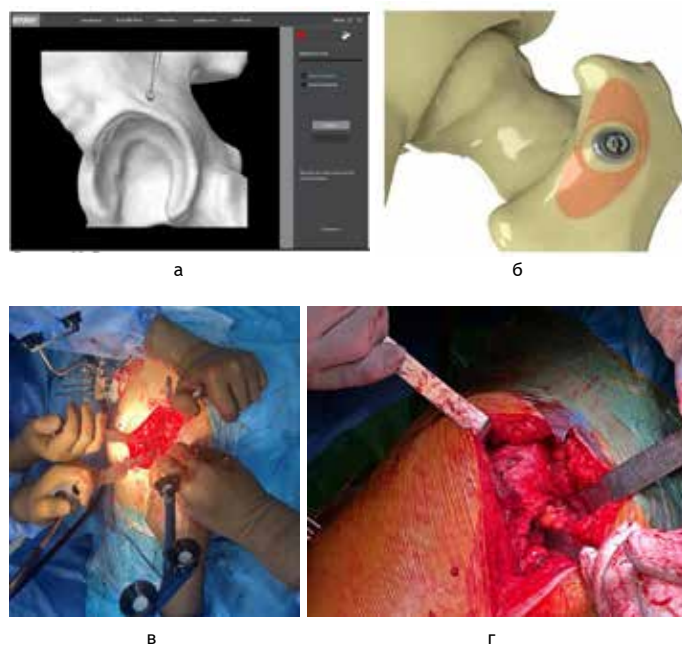


Рисунок 4. Положение чекпоинтов: а - схема расположения в области верхнего края крышки вертлужной впадины, б - схема в области большого вертела бедренной кости; интраоперационная картина: в - точка тазового датчика, г - бедренного датчика

Вывихивали головку бедренной кости и выполняли остеотомию шейки (Рисунок 5).

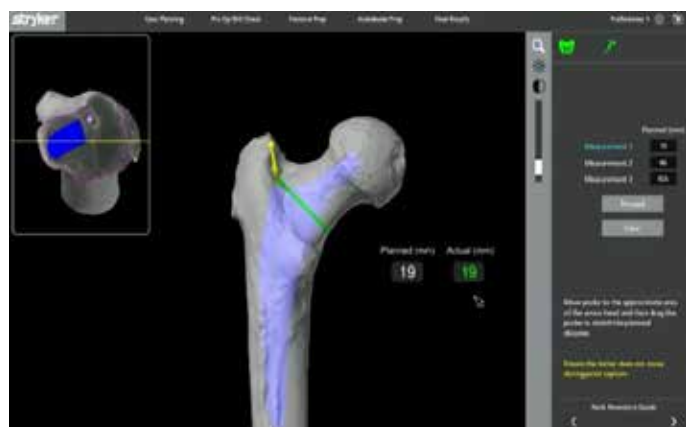


Рисунок 5. Схема выполнения остеотомии шейки бедренной кости

После удаления синовиальной оболочки и суставной губы обнажали край вертлужной впадины, выполняли регистрацию костных поверхностей тазобедренного сустава по схеме на экране компьютера (Рисунок 6).

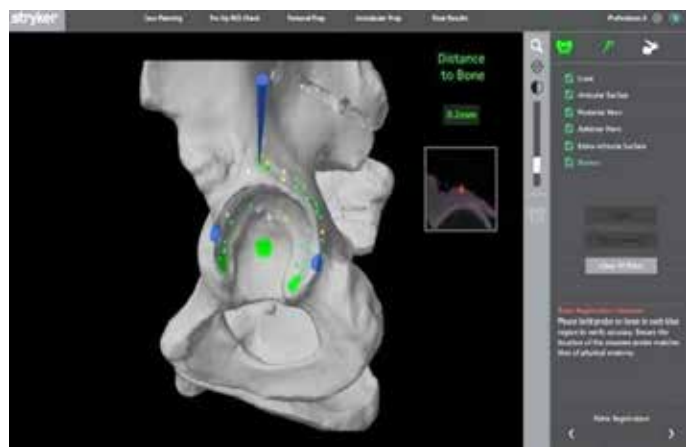
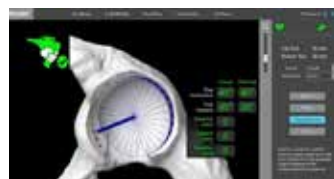


Рисунок 6. Схема регистрация костных ориентиров тазобедренного сустава

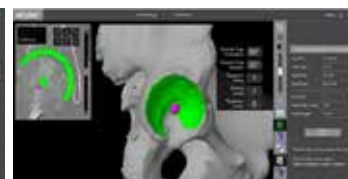
С помощью роботизированной руки выполняли римирирование вертлужной впадины фрезой в соответствии с предоперационным планом (Рисунок 7 а-в), стоит отметить что в режиме реального времени робот позволяет нам видеть глубину посадки чашки в вертлужную впадину до 1 мм, задавать углы чашки в коронарной и аксиальной проекции, и видеть степень ее покрытия костью во время римирирования кости.



а



б



в

Рисунок 7. Компьютерная схема операции: а - роботизированная рука с фрезой вертлужной впадины, б - предоперационный план (3D модель), в - расположение вертлужного компонента в режиме реального времени

Далее выполняли имплантацию компонентов эндопротеза Stryker: ацетабулярный компонент Trident 54mm\Е, бедренный компонент Accolade 3, вкладыш 32/Е. После этого одедали примерочную головку и при помощи инфракрасных датчиков определяли длину конечности и офсет бедренной кости. После чего имплантировали необходимую головку COBALT CHROME 32/+4). КТ-3D снимки тазобедренного сустава пациентки Б. до и после оперативного вмешательства представлена на рисунке 8.



а

б

Рисунок 8. КТ-3D снимки тазобедренного сустава пациентки Б. а - до, б - после оперативного вмешательства

На следующие сутки после операции выполнена контрольная рентгенография тазобедренного сустава. Положение эндопротеза корректное (Рисунок 9).



Рисунок 9. Контрольная рентгенография таза после операции

В результате оперативного лечения длина конечности у пациентки восстановлена. Послеоперационная рана без признаков воспаления, отек отсутствует. Пациентка была активизирована на следующие сутки после выполненного тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава, обучена ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписана на 3 сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии.

При контрольном осмотре через год после операции: Результатом лечения пациентка довольна. VAS 0 баллов. Опросник качества жизни SF-36 (95 баллов): Физический компонент здоровья: 45 баллов; Психологический компонент здоровья: 50 баллов.

Результаты и обсуждения

Представленные клинические наблюдения демонстрируют существенные различия в подходах к лечению диспластического коксартроза методами традиционного и робот-ассистированного эндопротезирования. Анализ полученных результатов позволяет провести комплексную оценку возможностей современных технологий в ортопедической хирургии.

Сравнительный анализ двух клинических случаев выявляет принципиальные преимущества робот-ассистированной методики. Пациентка Б., получавшая лечение с применением системы MAKO Robot, продемонстрировала более быстрое восстановление функциональных показателей и качества жизни. Через год после операции оценка по шкале VAS составила 0 баллов против 2 баллов у пациентки А., лечившейся традиционным методом. Показатели качества жизни по опроснику SF-36 также свидетельствуют о превосходстве робот-ассистированной техники – 95 баллов против 80 баллов соответственно.

Полученные данные согласуются с результатами исследования А.Д. Герасенковой с соавт., которые установили, что отклонение в позиции компонентов от предоперационного плана при использовании роботизированной системы никогда не превышало 1° или 1 мм, в то время как при мануальной методике составило в среднем $2,7 \pm 1,0^\circ$. Такая высокая точность позиционирования компонентов эндопротеза непосредственно влияет на долгосрочные результаты лечения и снижает риск развития осложнений [11].

Особое значение имеет возможность трехмерного предоперационного планирования при робот-ассистированных вмешательствах. Как отмечают О.В. Пиманчев с соавт., создание трехмерной модели костных структур таза позволяет оптимизировать расположение компонентов эндопротеза и достичь практически идеального соответствия планируемых и фактических параметров. В представленном нами случае удалось точно восстановить длину конечности и офсет бедренной кости, что подтверждается контрольными исследованиями [12].

Анатомические особенности диспластического тазобедренного сустава, описанные В.В. Харченко с соавт., создают дополнительные технические сложности при эндопротезировании. Недоразвитие вертлужной впадины, изменение шеечно-диафизарного угла и нарушение центрации головки бедра требуют высокой точности хирургических манипуляций. Робот-ассистированная система позволяет в режиме реального времени контролировать глубину посадки чашки с точностью до 1 мм и оптимизировать углы установки компонентов в различных проекциях [13].

Сокращение периода госпитализации также демонстрирует преимущества современной технологии. Пациентка Б. была выписана на третьи сутки после операции, в то время как при традиционном методе госпитализация составила 6 суток. Это согласуется с данными Д.А. Насирли, который отмечает сокращение периода реабилитации при использовании малоинвазивных технологий [14]. Необходимо учитывать период освоения робот-ассистированной методики. По данным А.Д. Герасенковой с соавт., для достижения оптимальных временных показателей при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава требуется выполнение 7 операций. Однако точность позиционирования компонентов остается стабильно высокой с первых вмешательств, что является критически важным фактором для долгосрочного успеха лечения [11].

Экономическая эффективность робот-ассистированного метода проявляется не только в сокращении сроков госпитализации, но и в снижении вероятности ревизионных вмешательств благодаря высокой точности первичной операции. Исследования Д.А. Дегтяревой и В.Г. Самодая подтверждают важность оптимизации хирургических подходов для улучшения функциональных результатов и снижения общих затрат на лечение [15].

Представленные результаты свидетельствуют о том, что робот-ассистированное эндопротезирование тазобедренного сустава при дисплазии обеспечивает более высокие стандарты точности, сокращает период восстановления и улучшает качество жизни пациентов. Внедрение данной технологии в клиническую практику представляется перспективным направлением развития современной ортопедической хирургии.

Выводы

Проведенное исследование робот-ассистированного эндопротезирования тазобедренного сустава при дисплазии убедительно демонстрирует значительные преимущества данной технологии перед традиционными методами хирургического лечения. Анализ ста операций, выполненных в период с 2023 по 2025 годы, подтверждает высокую эффективность применения системы MAKO Robot при коррекции диспластических изменений тазобедренного сустава. Применение роботизированной системы MAKO Robot позволяет значительно сократить длительность использования костылей пациентами в послеоперационном периоде по сравнению с мануальной техникой эндопротезирования.

Робот-ассистированная методика обеспечивает исключительную точность позиционирования компонентов эндопротеза с отклонением не более одного миллиметра и одного градуса от предоперационного плана. Такая прецизионность достигается благодаря трехмерному моделированию костных структур и интраоперационной навигации, что принципиально важно при работе с анатомически измененными структурами диспластического тазобедренного сустава. Возможность визуализации глубины посадки чашки и контроля степени костного покрытия в режиме реального времени позволяет оптимизировать результаты лечения и минимизировать риск развития осложнений. Существенным преимуществом робот-ассистированного подхода является значительное сокращение периода реабилитации пациентов. Длительность использования костылей после операции уменьшается с трех месяцев при традиционном методе до шести недель при применении роботизированной системы. Данное обстоятельство обусловлено меньшей травматичностью вмешательства и более точным восстановлением биомеханических параметров тазобедренного сустава, включая длину конечности и офсет бедренной кости.

Клинические результаты лечения демонстрируют превосходство робот-ассистированной технологии по всем оцениваемым параметрам. Болевой синдром через год после операции практически отсутствует у пациентов, оперированных с использованием роботизированной системы, в то время как при мануальной технике сохраняются остаточные болевые ощущения при повышенных нагрузках. Показатели качества жизни по опроснику SF-36 возрастают до 95 баллов против 80 баллов при традиционном подходе, что

свидетельствует о более полном восстановлении функциональной активности пациентов.

Сокращение периода госпитализации с шести до трех суток и ускорение реабилитационного процесса обеспечивают не только медицинские, но и экономические преимущества робот-ассистированного метода. Снижение вероятности ревизионных вмешательств благодаря высокой точности первичной операции дополнительно подтверждает клиническую и экономическую целесообразность внедрения данной технологии.

Полученные результаты позволяют рекомендовать робот-ассистированное эндопротезирование в качестве метода выбора при лечении диспластического коксартроза. Внедрение данной технологии в широкую клиническую практику будет способствовать повышению стандартов ортопедической помощи и улучшению качества жизни пациентов с дисплазией тазобедренного сустава.

Список литературы / References:

1. Ma M., Cao Z., Yang M., et al. The invasiveness of robot-assisted total hip replacement is similar to that of conventional surgery. *J Robot Surg.* 2023;17(6):2987-2993. DOI: 10.1007/s11701-023-01740-6.
2. Prinos A., Buehring W., Di Gangi C., et al. Robot-Assisted Total Hip Arthroplasty Demonstrates Improved 90-Day Clinical and Patient-Reported Outcomes. *Arthroplast Today.* 2024;27:101393. DOI: 10.1016/j.artd.2024.101393.
3. Zhang X., Shen X., Zhang R., et al. Radiographic evaluation of robot-assisted versus manual total hip arthroplasty: a multicenter randomized controlled trial. *J Orthop Traumatol.* 2024;25(1):33. DOI: 10.1186/s10195-024-00773-3.
4. Dretakis K., Raptis K., Koutserimpas C. The Use of the Robotic Arm-Assisted System (MAKO) for Hip Revision Surgery. *Arch Bone Jt Surg.* 2024;12(8):608-611. DOI: 10.22038/ABJS.2024.77543.3582.
5. Hoskins T., Begley B., Giacalone J.D., et al. Mako™ robotic-arm-assisted total hip and total knee arthroplasty outcomes in an orthopedic oncology setting: A case series. *J Orthop.* 2023;46:70-77. DOI: 10.1016/j.jor.2023.10.021.
6. Wang Y., Ji B., Chen Y., Li G. Short-term effectiveness of MAKO robot assisted complex total hip arthroplasty. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2022;36(5):555-560. DOI: 10.7507/1002-1892.202109054.
7. Lu H., Sun H., Xiao Q., et al. Perioperative safety and efficacy of robot-assisted total hip arthroplasty in ERAS-managed patients: a pilot study. *J Orthop Surg Res.* 2023;18(1):696. DOI: 10.1186/s13018-023-04180-y.
8. Singh A., Kotzur T., Peng L., et al. Robot-Assisted Total Hip Arthroplasty is Associated With an Increased Risk of Periprosthetic Fracture. *J Arthroplasty.* 2024;39(9S2):S353-S358. DOI: 10.1016/j.arth.2024.06.051.
9. Cui K., Guo X., Chen Y., et al. A comparative study of MAKO robotic arm assisted total hip arthroplasty and traditional total hip arthroplasty through posterolateral approach. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2020;34(7):883-888. DOI: 10.7507/1002-1892.201911077.
10. Llombart-Blanco R., Mariscal G., Barrios C., et al. MAKO robot-assisted total hip arthroplasty: a comprehensive meta-analysis of efficacy and safety outcomes. *J Orthop Surg Res.* 2024;19(1):698. DOI: 10.1186/s13018-024-05199-5.

11. Герасенкова А.Д., Орлецкий А.К., Шумский А.А. Кривая обучаемости робот-ассистированному эндопротезированию крупных суставов на примере системы Stryker mako. Современные проблемы науки и образования. 2024;(3):13. DOI: 10.17513/spno.33420 [Gerasenkova A.D., Orletsky A.K., Shumsky A.A. Learning curve for robot-assisted joint arthroplasty using the Stryker Mako system. Modern Problems of Science and Education. 2024;(3):13. DOI: 10.17513/spno.33420].

12. Пиманчев О.В., Ряполов Ю.В., Небелас Р.П. [и др.] Эндопротезирование тазобедренного сустава с использованием роботизированной системы. Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2022;17(2):125-128. DOI: 10.25881/20728255_2022_17_2_125 [Pimancev O.V., Ryapolov Yu.V., Nebelas R.P. et al. Robotic-assisted total hip arthroplasty. Pirogov National Medical and Surgical Center Bulletin. 2022;17(2):125-128. DOI: 10.25881/20728255_2022_17_2_125].

13. Харченко В.В., Польской В.С., Шатохина А.А. Анатомические аспекты эндопротезирования тазобедренного сустава при дисплазии. Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2022;2:208-213. EDN FXCKDZ [Kharchenko V.V., Polskoy V.S., Shatokhina A.A. Anatomical aspects of hip arthroplasty in dysplasia. Integrative Trends in Medicine and Education. 2022;2:208-213. EDN FXCKDZ].

14. Насирли Д.А. Хирургическая тактика для оптимизации технологии тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Хирургия. Восточная Европа. 2022;11(4):558-570. DOI: 10.34883/PI.2022.11.4.021 [Nasirli D.A. Surgical strategy for optimization of total hip arthroplasty technology. Surgery. Eastern Europe. 2022;11(4):558-570. DOI: 10.34883/PI.2022.11.4.021].

15. Дегтярев Д.А., Самодай В.Г. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024622262 Российская Федерация. Эндопротезирование тазобедренного сустава: выбор доступа для повышения функционального результата. № 2024621642: заявл. 20.04.2024; опублик. 24.05.2024. EDN VVFTUH [Degtyarev D.A., Samoday V.G. Certificate of state registration of the database No. 2024622262 Russian Federation. Hip arthroplasty: access selection for functional outcome improvement. No. 2024621642: filed 20.04.2024; publ. 24.05.2024. EDN VVFTUH].

Авторы

Дгебуадзе Георгий, врач травматолог-ортопед Юсуповская больница ООО «Нейро-клиника», Москва, Россия. и. ГБУЗ «Городская клиническая больница №1 им. Н.И. Пирогова», 117049, Москва, Россия. e-mail: mr.dgebuadze777@mail.ru

Грицюк Андрей Анатольевич, врач тоавматолог-ортопед, д.м.н., профессор ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, 119602, Москва, Россия. e-mail: drgaamma@gmail.com

Шумский Алексей Андреевич, врач травматолог-ортопед, к.м.н., Юсуповская больница ООО «Нейро-клиника», 119991, Москва, Россия. e-mail: shumsky.aa@yusupov-hospital.ru

Мацакян Артак Мацакович, главный врач, травматолог-ортопед, д.м.н., ГБУЗ «Городская поликлиника №209 Департамента здравоохранения г. Москвы», 119048, Москва, Россия. e-mail: matsaykan.am@clin209.ru

Автор ответственный за переписку: Дгебуадзе Георгий, e-mail: mr.dgebuadze777@mail.ru

Authors

Dgebuadze Georgy, traumatologist-orthopedist, Yusupov Hospital, ООО "Neuro-clinic", Moscow, Russia. and. State Budgetary Healthcare Institution "City Clinical Hospital No. 1 named after N.I. Pirogov", 117049, Moscow, Russia. e-mail: mr.dgebuadze777@mail.ru

Gritsyuk Andrey Anatolyevich, traumatologist-orthopedist, MD, professor, FSBEI HE "First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 119602, Moscow, Russia. e-mail: drgaamma@gmail.com

Shumsky Alexey Andreevich, traumatologist-orthopedist, MD, PhD, Yusupov Hospital, ООО "Neuro-clinic", 119991, Moscow, Russia. e-mail: shumsky.aa@yusupov-hospital.ru

Matsakyan Artak Matsakovich, chief physician, traumatologist-orthopedist, MD, State Budgetary Healthcare Institution "City Polyclinic No. 209 of the Moscow Health Department", 119048, Moscow, Russia. e-mail: matsaykan.am@clin209.ru

Corresponding author: Dgebuadze Georgy, e-mail: mr.dgebuadze777@mail.ru

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ



УДК 616.727.2-001.5-089.227.844-77-08-039.34-002.3

© Амбросенков А.В., Калакаев Т.З., Алиев А.Г., Авдеев А.И., Афанасьев А.А., Бояров А.А., Есаян Т.А., 2025

Оригинальная статья / Original article

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИКИ ИМПАКЦИОННОЙ ПЛАСТИКИ ПРИ ОБШИРНОМ ПОЛОСТНОМ ДЕФЕКТЕ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

А.В. АМБРОСЕНКОВ, Т.З. КАЛАКАЕВ, А.Г. АЛИЕВ, А.И. АВДЕЕВ, А.А. АФАНАСЬЕВ, А.А. БОЯРОВ, Т.А. ЕСАЯН

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, 195427, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Введение. Наиболее распространенным осложнением тотального эндопротезирования локтевого сустава в среднесрочном и отдаленном периоде является асептическое расшатывание компонентов эндопротеза. Зачастую данное осложнение сопровождается перипротезным асептическим расшатыванием в результате остеолиза разной степени выраженности. При выраженном остеолизе в ходе ревизионного эндопротезирования выполняется импакционная костная пластика для заполнения полостных дефектов. В нашей статье мы представили данный клинический случай.

Цель. Описать клинический случай ревизионного эндопротезирования локтевого сустава с импакционной костной пластикой выраженного полостного дефекта плечевой кости.

Обсуждение. На сегодняшний день мировой опыт выполнения импакционной костной пластики при эндопротезировании локтевого сустава представлен немногочисленными сериями наблюдений, однако следует отметить, что данная технология позволяет восполнить объемные полостные дефекты плечевой кости и восстановить функцию локтевого сустава.

Заключение. Применение костных аллотрансплантатов в сочетании с техникой импакционной костной пластики является эффективным методом ревизионного эндопротезирования локтевого сустава при значительных костных дефектах. Такой подход обеспечивает стабильность конструкции и восстановление функциональных возможностей сустава, что улучшает качество жизни пациента.

Ключевые слова: тотальная артропластика локтевого сустава, ревизионное эндопротезирование, костный аллотрансплантат, импакционная костная пластика, расшатывание имплантатов, клинический случай.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Амбросенков А.В., Калакаев Т.З., Алиев А.Г., Авдеев А.И., Афанасьев А.В., Бояров А.А., Есаян Т.А. Клинический случай ревизионного эндопротезирования локтевого сустава с применением техники импакционной пластики при обширном полостном дефекте плечевой кости // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 15–20.

Этическая экспертиза. Пациент подписал добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дал согласие на обработку и публикацию клинического материала.

CLINICAL CASE OF REVISION ELBOW ARTHROPLASTY USING IMPACTION BONE GRAFTING TECHNIQUE IN THE PRESENCE OF AN EXTENSIVE CAVITY DEFECT OF THE HUMERUS

ANDREY V. AMBROSENKOV, TIMUR Z. KALAKAEV, ALIMURAD G. ALIEV, ALEXANDR I. AVDEEV, ALEXANDR A. AFANASYEV, ANDREY A. BOYAROV, TIGRAN A. YESAYAN

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, 195427, St. Petersburg, Russia

Abstract

Introduction. The most common complication of total elbow arthroplasty in the mid- to long-term period is aseptic loosening of the prosthetic components. This complication is often accompanied by periprosthetic aseptic loosening due to osteolysis of varying severity. In cases of significant osteolysis, impact bone grafting is performed during revision arthroplasty to fill cavitory defects. In this article, we present a clinical case illustrating this approach.

Objective. To describe a clinical case of revision elbow arthroplasty with impact bone grafting for a pronounced cavitory defect of the humerus.

Discussion. To date, the global experience of employing impact bone grafting in elbow arthroplasty is represented by a limited number of observational series; however, it should be noted that this technique allows for the reconstruction of large cavitory defects in the humerus and restoration of elbow joint function.

Conclusion. The use of bone allografts in conjunction with impact bone grafting techniques is an effective method for revision elbow arthroplasty in the presence of significant bone defects. This approach ensures the stability of the construct and the restoration of the joint's functional capabilities, ultimately enhancing the patient's quality of life.

Keywords: total elbow arthroplasty, revision arthroplasty, bone allograft, impaction bone grafting, implant loosening, clinical case.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Ambrosenkov A.V., Kalakaev T.Z., Aliev A.G., Avdeev A.I., Afanasyev A.V., Boyarov A.A., Yesayan T.A., Clinical case of revision elbow arthroplasty using impaction bone grafting technique in the presence of an extensive cavity defect of the humerus // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 15–20.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.15-20

Введение

Тотальное эндопротезирование локтевого сустава (ТЭП ЛС) — оперативное вмешательство, выполняемое при системных воспалительных артритах, дегенеративных артропатиях и последствиях травм [1, 2, 3]. Несмотря на хорошие клинические результаты, данная операция сопровождается довольно высокой частотой различных осложнений в среднесрочном и отдаленном периоде [4]. Наиболее распространенным осложнением является асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, особенно в случаях с обширными дефектами костной ткани [5]. Зачастую данное осложнение характеризуется перипротезным остеолитом разной степени выраженности. При наличии выраженного остеолита ревизионное эндопротезирование сопровождается выполнением импакционной костной пластики полостных дефектов [6, 7, 8]. В нашей статье мы представили данный клинический случай.

Мы описываем случай пациентки, которой была проведена операция: ревизионное эндопротезирование правого локтевого сустава с использованием аллотрансплантата для устранения нестабильности плечевого компонента эндопротеза при значительном дефекте костной ткани плечевой кости. От пациентки было получено устное и письменное согласие.

Клинический случай

Пациентка 81 года, в 1991 г. получила тяжелую сочетанную травму в результате ДТП. В экстренном порядке доставлена в ГБ по месту жительства, диагностирован многооскольчатый перелом дистального отдела правой плечевой кости. Выполнен металлоостеосинтез пластинами и винтами. Через 6 месяцев на контрольном осмотре выявлен ложный сустав, миграция металлоконструкции, в результате чего в 1992 г. пациентке выполнено удаление пластин, винтов, несросшихся костных фрагментов плечевой кости, резекционная артропластика

локтевого сустава. Впоследствии из-за нестабильности правого локтевого сустава, приведшей к утрате функции конечности, пациентка обратилась в клинику (рис. 1, А и Б). В 2009 г. в нашем центре выполнена операция тотального эндопротезирования правого локтевого сустава эндопротезом отечественного производства «Арте».



Рисунок 1. Рентгенограммы правого локтевого сустава в прямой и боковой проекции. Отмечается дефект дистального метаэпифиза плечевой кости, деформация проксимального отдела костей предплечья, оссификаты, внутрисуставные тела

Первая ревизионная операция была выполнена через год по поводу выявленного асептического расшатывания плечевого компонента эндопротеза (Рис. 2, А и Б). Оба компонента протеза удалены, установлена модель импланта Coonrad-Morrey (Zimmer). Вторая ревизионная операция выполнена через 3 года также по поводу развившейся нестабильности обоих компонентов эндопротеза. При обследовании выявлен асептический характер расшатывания компонентов эндопротеза, в связи с чем выполнена одноэтапная ревизи-

онная операция, включающая замену обоих компонентов эндопротеза (рис. 3, А, В и С).



Рисунок 2. Рентгенограммы эндопротеза локтевого сустава в прямой (А) и боковой (В) проекциях через год после операции. Расшатывание плечевого компонента эндопротеза



Рисунок 3. Послеоперационные рентгенограммы. На фронтальном (А) и боковом (В) снимках виден дефект в дистальной части плечевой кости и расшатывание обоих компонентов эндопротеза

Спустя 10 лет пациентка отметила появление болезненности и ограничение движений в области правого локтевого сустава. Клинических или лабораторных признаков инфекции выявлено не было (лейкоциты $6,4 \times 10^9/\text{л}$, С-реактивный белок 2,58 мг/л, скорость оседания эритроцитов – 16 г/л). При обследовании выявлено повторное расшатывание плечевого компонента эндопротеза. Кроме того, обращало внимание выраженное истончение кортикального слоя плечевой кости с образовавшимся дефектом дистального отдела 4 степени по классификации выраженности дефектов дистального отдела плечевой кости King G.J. et. al., 1997 [9] (Рис. 4, А и В). В ходе предоперационного планирования было принято решение о необходимости выполнения импакционной костной пластики размельченными губчатыми аллотрансплантатами.



Рисунок 4. На рентгенограммах в прямой (А) и боковой (В) проекциях обширный интрамедуллярный дефект плечевой кости с расшатыванием плечевого компонента эндопротеза

Оперативное вмешательство

Ревизионное эндопротезирование правого локтевого сустава проводилось под проводниковой анестезией. В положении пациентки лежа на здоровом боку по задней поверхности правого плеча и предплечья выполнен продольный разрез по старому послеоперационному рубцу. Послойное рассечение мягких тканей. Локтевой нерв не выделялся. Мобилизованы концы плечевой и локтевой костей, компоненты эндопротеза разобщены. Удален нестабильный плечевой компонент. Локтевой компонент стабильный. Выявлен избыточный внутренний диаметр костного канала плечевой кости в дистальном отделе размером 3,5 см на протяжении 7 см. Диаметр диафизарного канала на выходе составлял 43 мм. Канал плечевой кости очищен от грануляций, фрагментов цементной мантии, обработан рашпилями с постепенно увеличивающимся диаметром до 8 дюймов, соответствующих плечевому компоненту размера Регуляр 8 ЭП Coonrad-Morrey (Zimmer) (рис. 5 А). Установлен примерочный компонент Регуляр 8 (рис. 5 В). Далее – этап импакционной костной пластики. Вокруг примерочного компонента выполнялось поэтапное введение и уплотнение специальными импакторами размельченных губчатых аллотрансплантатов. Для заполнения полостного дефекта потребовалось 8 губчатых трансплантатов размерами 3х5 см каждый. После окончательного заполнения утрамбованным костно-пластическим материалом полостного дефекта примерочный компонент эндопротеза удален (рис. 6, А и В).

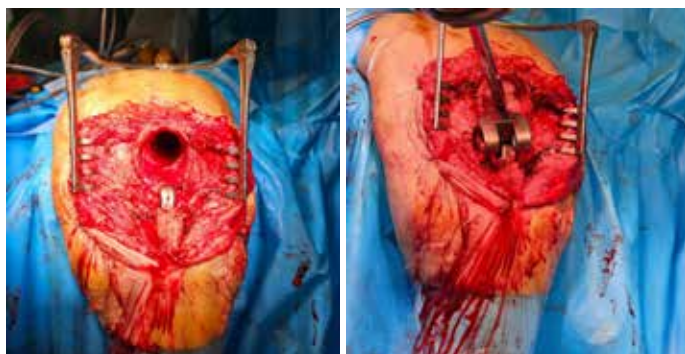


Рисунок 5. Интраоперационный вид раны. (А) Расширенный диафизарный канал после очистки от грануляций и фрагментов цементной мантии, (В) этап выполнения импакционной костной пластики вокруг примерочного плечевого компонента



Рисунок 6. Интраоперационная рана после выполненной импакционной пластики ложа при имплантации плечевого компонента и цемента

Таким образом, было сформировано ложе для плечевого компонента, меньшего в диаметре на 1 размер в сравнении с примерочным и для цементной мантии. В сформированное ложе на цементе установлен плечевой компонент размера Смол 8 (рис. 7 А). Замыкание компонентов связывающими элементами (рис. 7 В). После соединения плечевого компонента с локтевым, выполнен контроль амплитуды движений – сгибание и разгибание полное. Сухожилие трицепса подшито чрескостно к локтевой кости, послеоперационная рана послойно ушита. Оперированная конечность иммобилизована гипсовой лонгетой в течение 3 недель. В течение 48 часов после операции назначена антибиотикопрофилактика Цефазолином.

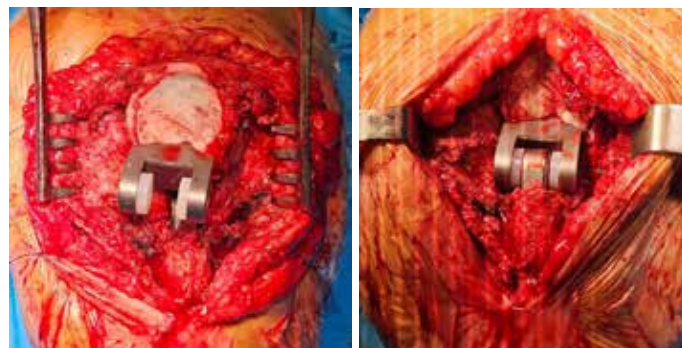


Рисунок 7. Интраоперационный вид раны после тотальной артропластики локтевого сустава

Послеоперационные результаты

На послеоперационных рентгенограммах отмечалось правильное положение плечевого компонента.

Через 6 месяцев после операции на контрольном осмотре наблюдалось значительное улучшение функции прооперированной конечности: амплитуда движений в локтевом суставе: сгибание – 110 гр., разгибание 5 гр., пронация – 70 гр., супинация – 55 гр. На контрольных рентгенограммах сустав стабилен, без расшатывания компонентов или резорбции аллотрансплантата (рис. 8, 9).



Рисунок 8. На рентгенограммах в прямой (А) и боковой (В) проекциях видно что вся полость заполнена костным аллотрансплантатом и цементом. Все компоненты эндопротеза стабильны. Снимки через 3 месяца



А

Б

Рисунок 9. Рентгенограммы в прямой (А) и боковой (Б) проекциях через 6 месяцев после операции. Вся полость заполнена костным аллотрансплантатом и цементом. Компоненты эндопротеза стабильны

Обсуждение

Тотальное эндопротезирование локтевого сустава – это высокотехнологичная операция, направленная на восстановление функции конечности. В рассматриваемом клиническом случае пациентка перенесла 6 оперативных вмешательств на локтевом суставе, включая попытку остеосинтеза, резекционную артропластику, первичное эндопротезирование и ревизионные операции в условиях нарастающих костных дефектов костей локтевого сустава, что демонстрирует сложность обеспечения стабильности и функциональности сустава в долгосрочной перспективе.

По данным литературы, одним из наиболее частых осложнений после первичного и ревизионного эндопротезирования ЛС в отдаленном периоде является асептическое расшатывание компонентов [10, 11, 12]. В метаанализе Geurts, E. с соавт., в который вошли результаты 532 ревизионных операций на среднем сроке наблюдения 5,4 года частота асептического расшатывания составила 22% [13]. Довольно часто расшатывание сопровождается перипротезным остеолитом. Тяжелый остеолит вызывает опасения относительно способности нативной кости выдерживать нагрузки имплантированного эндопротеза. Таким образом, наличие протяженного полостного дефекта плечевой кости ставит хирурга перед необходимостью укрепления истонченных кортикальных стенок и восполнения костного дефекта. Импакционная костная пластика на сегодняшний день является наиболее обоснованной методикой, применяемой при полостных дефектах плечевой кости.

Loebenberg M.I. с соавт., 2005 анализируя среднесрочные и отдаленные результаты ревизионного эндопротезирования

локтевого сустава с применением импакционной костной пластики у 12 пациентов (на сроках от 2 до 10 лет после операции), получили следующие результаты: у 6 больных не было жалоб, у 6 пациентов (50%) возникли различные осложнения, потребовавшие выполнения повторного вмешательства, включая асептическое расшатывание компонентов (2 пациента по прошествии 18 и 24 месяцев соответственно), перипротезная инфекция (у 1 пациента через 27 месяцев после операции) [14].

По данным ретроспективного исследования Rhee Y.G. с соавт., из 16 пациентов, перенесших ревизионное эндопротезирование с импакционной костной пластикой (средний срок наблюдения 7,4 года), поверхностная инфекция выявлена у 1 пациента через 1 месяц после операции, у 1 пациента – перипротезный перелом плечевой кости через 8 месяцев после эндопротезирования [6].

На сегодняшний день мировой опыт выполнения импакционной костной пластики при эндопротезировании локтевого сустава представлен немногочисленными сериями наблюдений, однако принимая во внимание выраженность полостных дефектов, требующих замещения и безальтернативность выбора хирургических методик, следует отметить, что данная технология дает шанс на полное замещение объемных полостных дефектов плечевой кости и восстановление функции локтевого сустава.

Заключение

Представленный клинический случай подчеркивает важность индивидуального подхода при ревизионном эндопротезировании локтевого сустава, особенно в условиях обширных костных дефектов. Применение костных аллотрансплантатов в сочетании с современными хирургическими техниками может значительно улучшить результаты операций, обеспечивая долговременную стабильность и восстановление функциональности сустава. Тем не менее, для подтверждения эффективности и безопасности этого метода необходимы дальнейшие исследования с участием больших групп пациентов и долгосрочным наблюдением.

Список литературы / References:

1. Chou TA, Ma HH, Wang JH, Tsai SW, Chen CF, Wu PK, Chen WM. Total elbow arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis. *Bone Joint J.* 2020 Aug;102-B(8):967-980. DOI: 10.1302/0301-620X.102B8. BJJ-2019-1465.R1
2. Samdanis V, Manoharan G, Jordan RW, Watts AC, Jenkins P, Kulkarni R, Thomas M, Rangan A, Hay SM. Indications and outcome in total elbow arthroplasty: A systematic review. *Shoulder Elbow.* 2020 Oct;12(5):353-361. DOI: 10.1177/1758573219873001
3. Петленко И.С., Федюнина С.Ю., Алиев А.Г., Билык С.С., Захматов Н.С., Шубняков И.И. Эффективность применения 3D-технологий при планировании и выполнении реконструктивно-пластических операций у пациентов с контрактурами локтевого сустава, обу-

словленными оксификацией. Травматология и ортопедия России. 2024;30(2):120-130 DOI: 10.17816/2311-2905-17531 [3. Petlenko I.S., Fedyunina S.Yu., Aliev A.G., Bilyk S.S., Zakhmatov N.S., Shubnyakov I.I. Effectiveness of 3D Visualization Technologies in Planning and Performing Reconstructive Plastic Surgeries in Patients with Elbow Contractures Caused by Ossification. Traumatology and orthopedics of Russia. 2024;30(2):120-130 DOI: 10.17816/2311-2905-17531].

4. Алиев А.Г., Амбросенков А.В., Бояров А.А., Жабин Г.И., Джавадов А.А. Сравнительная эффективность тотального эндопротезирования локтевого сустава у пациентов с последствиями травм и ревматоидным артритом в среднесрочном и отдаленном периодах. Травматология и ортопедия России. 2019;25(1):41-51. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-41-51 [Aliev A.G., Ambrosenkov A.V., Boyarov A.A., Zhabin G.I., Javadov A.A. Mid- and Long-Term Results of Total Elbow Arthroplasty: Post-Traumatic Consequences and Rheumatoid Arthritis. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2019;25(1):41-51. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-41-51].

5. Grandizio LC, Luciani AM, Koshinski JL, Seitz WH Jr. Revision Total Elbow Arthroplasty. J Hand Surg Am. 2025 Jan;50(1):77-87. DOI: 10.1016/j.jhsa.2024.09.006.

6. Rhee YG, Cho NS, Parke CS. Impaction grafting in revision total elbow arthroplasty due to aseptic loosening and bone loss. J Bone Joint Surg Am. 2013 Jun 5;95(11):e741-7. DOI: 10.2106/JBJS.K.01737. PMID: 23780544.

7. Rhee YG, Cho NS, Parke CS. Impaction Grafting in Revision Total Elbow Arthroplasty for Aseptic Loosening and Bone Loss: Surgical Technique. JBJS Essent Surg Tech. 2013 Sep 11;3(3):e17. DOI: 10.2106/JBJS.ST.M.00018. PMID: 30881748

8. Lee DH. Impaction allograft bone-grafting for revision total elbow arthroplasty. A case report. J Bone Joint Surg Am. 1999 Jul;81(7):1008-12. DOI: 10.2106/00004623-199907000-00015. PMID: 10428134.

9. King GJ, Adams RA, Morrey BF. Total elbow arthroplasty: revision with use of a non-custom semiconstrained prosthesis. J Bone Joint Surg Am. 1997 Mar;79(3):394-400. PMID: 9070529.

10. Grandizio LC, Luciani AM, Koshinski JL, Seitz WH Jr. Revision Total Elbow Arthroplasty. J Hand Surg Am. 2025 Jan;50(1):77-87. DOI: 10.1016/j.jhsa.2024.09.006

11. Geurts EJ, Viveen J, van Riet RP, Kodde IF, Eygendaal D. Outcomes after revision total elbow arthroplasty: a systematic review. J Shoulder Elbow Surg. 2019 Feb;28(2):381-386. DOI: 10.1016/j.jse.2018.08.024

12. Doms P, Chelli M, Papanna MC, Gokaraju K, Stanley D, Ali AA. Outcomes following revision of the revision total elbow arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg. 2021 Jul;30(7):1653-1661. DOI: 10.1016/j.jse.2020.10.016.

13. Geurts, E. J., Viveen, J., van Riet, R. P., Kodde, I. F., & Eygendaal, D. (2019). Outcomes after revision total elbow arthroplasty: a systematic review. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 28(2), 381–386. DOI:10.1016/j.jse.2018.08.024

14. Loebenberg MI, Adams R, O'Driscoll SW, Morrey BF. Impaction grafting in revision total elbow arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 2005 Jan;87(1):99-106. DOI: 10.2106/JBJS.B.00038. PMID: 15634819.

Авторы

Амбросенков Андрей Васильевич, к.м.н.; НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика Байкова, 8, Россия, e-mail: ortopedus09@gmail.com

Калакаев Тимур Зазаевич, клинический ординатор; НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика

Байкова, 8, Россия, e-mail:timurkalakaev@mail.ru; ORCID: 0009-0008-8743-3621

Алиев Алимурад Газиевич, к.м.н.; НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика Байкова, 8, Россия, e-mail: alievag30@mail.ru; ORCID: 0000-0002-6885-5473

Авдеев Александр Игоревич, к.м.н.; НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика Байкова, 8, Россия, e-mail: spaceship1961@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1557-1899

Афанасьев Александр Витальевич, к.м.н.; НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика Байкова, 8, Россия, e-mail: avafanasev@rniito.ru ORCID: 0000-0002-3097-7846

Бояров Андрей Александрович, к.м.н.; НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика Байкова, 8, Россия, e-mail: bojaroffaa@mail.ru ORCID: 0000-0003-0493-7784

Есаян Тигран Араикович, клинический ординатор; НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика Байкова, 8, Россия, e-mail: tigranesayan99@gmail.com; ORCID: 0009-0003-4457-7135

Автор ответственный за переписку: Калакаев Тимур Зазаевич – клинический ординатор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Академика Байкова, 8, Россия; телефон +79288557470; e-mail:timurkalakaev@mail.ru.

Authors

Ambrosenkov Andrey Vasilyevich, PhD; Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Academician Baykov, 8, Russia, e-mail: ortopedus09@gmail.com

Kalakaev Timur Zazaevich, clinical resident; Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Academician Baykov, 8, Russia, e-mail: timurkalakaev@mail.ru; ORCID: 0009-0008-8743-3621

Alimurad Gazievich, MD, PhD; Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Academician Baykov, 8, Russia, e-mail: alievag30@mail.ru; ORCID: 0000-0002-6885-5473

Avdeev Aleksandr Igorevich, MD, PhD; Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Akademika Baykova, 8, Russia, e-mail: spaceship1961@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1557-1899

Afanasyev Aleksandr Vitalievich, MD, PhD; Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Akademika Baykova, 8, Russia, e-mail: avafanasev@rniito.ru ORCID: 0000-0002-3097-7846

Boyarov Andrey Aleksandrovich, MD, PhD; Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, Saint Petersburg, Akademika Baykova, 8, Russia, e-mail: bojaroffaa@mail.ru ORCID: 0000-0003-0493-7784

Yesayan Tigran Araikovich, clinical resident; Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, Saint Petersburg, Akademika Baykova, 8, Russia, e-mail: tigranesayan99@gmail.com; ORCID: 0009-0003-4457-7135

Corresponding author: Kalakaev Timur Zazaevich, clinical resident, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics of the Russian Ministry of Health, Saint Petersburg, Akademika Baykova, 8, Russia; phone +79288557470; e-mail:timurkalakaev@mail.ru.

УДК 617.3

© Беззубов А. А., Перецманас Е. О., Рукин Я. А., Кавалерский Г. М., Родин А. А., Щепетева Ю. Ю.,
Бондаренко П. А., 2025

Оригинальная статья / Original article



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ИНФЕКЦИОННОГО СПОНДИЛИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХСТОРОННЕЙ БАРЬЕРНОЙ КОЛЛАГЕНОВОЙ МЕМБРАНЫ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

БЕЗЗУБОВ А. А.¹, ПЕРЕЦМАНАС Е. О.¹, РУКИН Я. А.^{1,2}, КАВАЛЕРСКИЙ Г. М.³, РОДИН А. А.¹,
ЩЕПЕТЕВА Ю. Ю.¹, БОНДАРЕНКО П. А.²

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, 127994, Россия

² ФГАОУ ВО «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, 117513, Россия

³ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, 119048, Россия

Аннотация

Введение. Неспецифические воспалительные поражения позвоночника с нарушением опороспособности и прогрессирующей деформацией позвоночного столба по-прежнему остаются довольно тяжелой патологией, приводящей к инвалидизации пациента, высокому риску повторных оперативных вмешательств при некорректно выбранной тактике хирургического лечения.

Цель исследования: Представить клиническое наблюдение пациента, страдающего неспецифическим спондилитом поясничного отдела позвоночника, которому осуществлено хирургическое лечение в объеме переднего спондилодеза сетчатым титановым цилиндрическим имплантатом с применением остеокондуктора и двухсторонней резорбируемой коллагеновой мембраны по оригинальной методике.

Материалы и методы. Нами представлен случай успешного хирургического лечения неспецифического спондилита L2-L3 позвонков с нарушением опороспособности позвоночного столба. Было проведено оперативное лечение по запатентованной технологии путем совместного применения титановой блок-решетки, остеокондуктора и резорбируемой коллагеновой мембраны.

Результаты: В результате комплексного хирургического лечения удалось в более короткие сроки сформировать костный блок в зоне деструкции в сравнении с классической методикой.

Заключение: Несмотря на широкий перечень хирургических технологий, вопрос формирования костного блока в зоне операции остается достаточно спорным. Применение предложенной методики позволяет создать оптимальные условия для формирования костного блока в зоне операции, избежав встраивания мягкотканых элементов в зону пролиферации новой кости и тем самым повысить эффективность формирования костного блока.

Ключевые слова: неспецифические гнойно-воспалительные поражения позвоночника; спондилодез; остеокондуктор; резорбируемая двухсторонняя коллагеновая мембрана.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Беззубов А.А., Перецманас Е.О., Рукин Я.А., Кавалерский Г.М., Родин А.А., Щепетева Ю.Ю., Бондаренко П.А., Хирургическое лечение инфекционного спондилита с использованием двухсторонней барьерной коллагеновой мембраны: клинический случай // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 21–27.

Этическая экспертиза. Пациент подписал добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дал согласие на обработку и публикацию клинического материала.

SURGICAL TREATMENT OF INFECTIOUS SPONDYLITIS USING BILATERAL BARRIER COLLAGEN MEMBRANE: A CLINICAL CASE STUDY

ALEXANDR A. BEZZUBOV¹, EVGENIY O. PERETZMANAS¹, YAROSLAV A. RUKIN^{1,2},
GENNADIY M. KAVALERSKIY³, ALEXANDER A. RODIN¹, YULIYA YU. SCHEPETEVA¹, POLINA A. BONDARENKO²

¹ Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Phthiopolmonology and Infectious Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, 127994, Russia

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russia, Moscow, 117513 Russia

³ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, 119048, Russia

Abstract

Introduction. Non-specific inflammatory lesions of the spine with impaired bearing capacity and progressive deformity of the spinal column remain a rather severe pathology leading to patient disability, high risk of repeated surgical interventions in case of incorrectly chosen tactics of treatment.

Purpose of the study. To describe the clinical observation of a patient suffering from nonspecific spondylitis of the lumbar spine who underwent surgical treatment in the scope of anterior spondylosis with a titanium cylindrical mesh implant using an osteoconductor and bilateral resorbable collagen membrane according to the original patented technique.

Materials and Methods. We presented a case of successful surgical treatment of nonspecific spondylitis of the L2-L3 vertebrae with impaired spinal column support. Surgical treatment was performed according to the patented technology by joint application of titanium grating, osteoconductor and resorbable collagen membrane.

Results. As a result of complex surgical treatment, it was possible to form a bone block in the area of destruction in a shorter period of time in comparison with the classical technique.

Conclusion. Despite the wide list of surgical techniques, the issue of bone block formation in the area of surgery remains rather controversial. The application of the proposed technique allows to create optimal conditions for bone block formation in the operation zone, avoiding the ingrowth of soft tissue elements into the zone of new bone proliferation and thus increasing the efficiency of bone block formation.

Keywords: nonspecific inflammatory lesions of the spine; spondylosis; osteoconductor; resorbable bilateral collagen membrane.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Bezzubov A.A., Peretsmanas E.O., Rukin Y.A., Kavalersky G.M., Rodin A.A., Schepeteva Y.Y., Bondarenko P.A., Surgical treatment of infectious spondylitis using bilateral barrier collagen membrane: A clinical case study // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 21–27.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.21-27

Введение

Неспецифические гнойно-воспалительные поражения позвоночника (НГВП) относятся к относительно редким, поздно и трудно диагностируемым тяжелым заболеваниям [1]. На увеличение числа больных с данным диагнозом влияют: растущая доля пожилого населения, более широкое использование иммуносупрессоров, совершенствование методов диагностики, возрастание количества инвазивных процедур [2–5]. Другим важным предрасполагающим фактором к возникновению НГВП является наличие ряда заболеваний и состояний, таких как сахарный диабет; алкоголизм; наркомания; ожирение; болезнь, вызванная вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ); гнойно-воспалительные заболевания [1, 6–11]. Актуальность проблем диагностики и лечения НГВП объясняется тяжестью данной патологии, возникновением новых антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов.

В настоящее время при заболеваниях позвоночника, сопровождающихся деструкцией тел позвонков с нарушением опороспособности, широко используют методы вентральной реконструкции сетчатыми титановыми цилиндрическими имплантатами [12, 13–17, 18, 19, 14]. Данный вид спондилодеза является наиболее эффективным методом выбора и обеспечивает сравнительное быстрое восстановление опороспособности вентральных отделов позвоночника. Данная методика может использоваться в сочетании с фиксаторами,

необходимыми для стабилизации оперируемого сегмента [21–25]. Согласно методике, полость имплантата заполняется аутокостными чипсами из гребня подвздошной кости, ребра или резецируемого тела позвонка (при условии отсутствия воспалительных изменений), при этом образование костного блока достигается не более чем в 60 % случаев в срок от 6 до 12 месяцев. [26, 27, 28]. Таким образом вопрос формирования костного блока остается дискуссионным и открытым. В челюстно-лицевой хирургии предложена методика направленной костной регенерации при трансплантации костных фрагментов, в том числе при условиях локального хронического воспаления. Суть метода заключается в отграничении зоны формирования костного блока резорбируемой коллагеновой мембраной, что в свою очередь позволяет избежать преждевременного прорастания фиброзной соединительной тканью зоны спондилодеза [29].

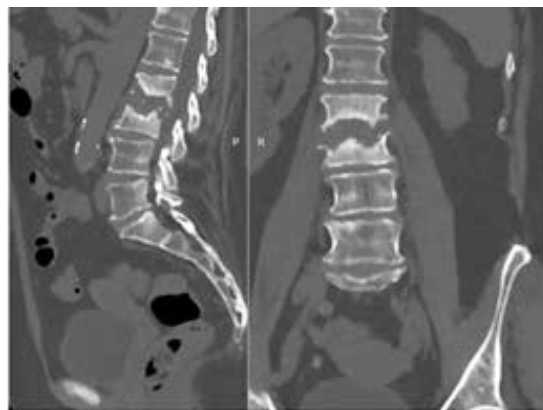
Цель исследования

Представить клиническое наблюдение пациента, страдающего неспецифическим спондилитом поясничного отдела позвоночника, которому осуществлено хирургическое лечение в объеме переднего спондилодеза сетчатым титановым цилиндрическим имплантатом с применением остеокондуктора и двухсторонней резорбируемой коллагеновой мембраны по оригинальной запатентованной методике.

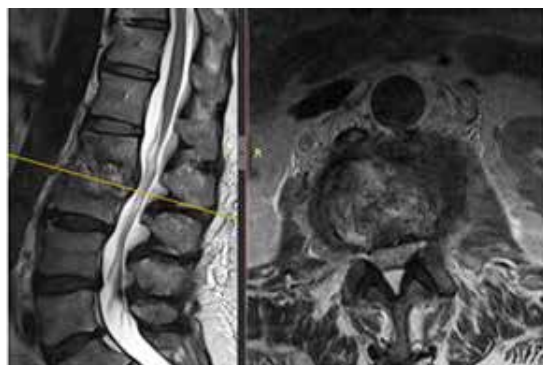
Клиническое наблюдение

Пациентка С., 66 лет, поступила в клинику с диагнозом: неспецифический спондилит L2-L3, спондилитическая фаза, активная стадия. Осложнения: эпидуральный абсцесс. Легкий нижний парализ типа D по Frankel. Сопутствующие заболевания: артериальная гипертензия I ст., риск 2, средняя степень тяжести.

Из анамнеза: за 6 месяцев до госпитализации после перенесенной респираторной вирусной инфекции появились боли (до 7 баллов по визуально аналоговой шкале боли (ВАШ)) в поясничном отделе позвоночника с тенденцией к нарастанию. Болевой синдром купировался приемом нестероидных противовоспалительных препаратов и ношением ортеза. Учитывая неоднократные эпизоды подъема температуры тела до фебрильных цифр (38°C), пациентка находилась на стационарном лечении в отделении неврологии по месту жительства, где проводилась антибактериальная терапия: амоксиклав 875 мг + 125 мг 2 раза в сутки внутрь в течение 4 недель. По данным лучевого обследования выявлен деструктивный процесс в поясничном отделе позвоночника с поражением тел L2, L3 позвонков. Тела L2, L3 позвонков разрушены на 1/3. Межтеловая полость содержит секвестры и открывается в сторону позвоночного канала со сдавлением передней поверхности дурального мешка (рисунок 1).



А

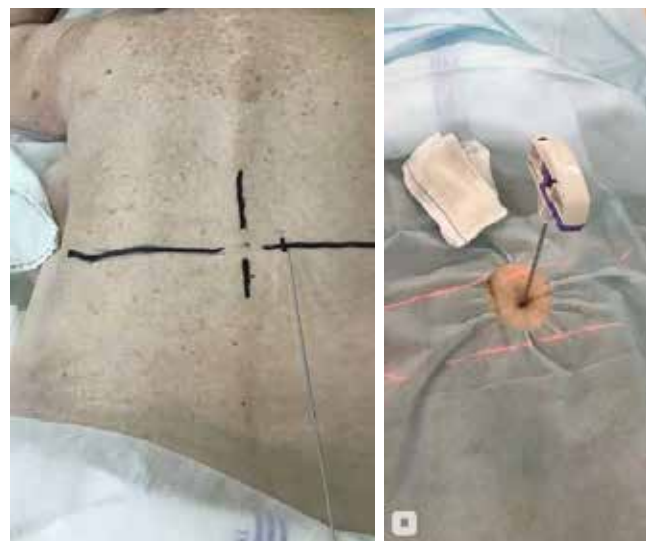


Б

Рисунок 1. Компьютерная (СТ Bone) и магнитно-резонансная томографии (Т2) при поступлении

При поступлении жалобы на боли в поясничном отделе позвоночника (ВАШ 6 баллов). По мере вертикализации отмечалось нарастание болевого синдрома (ВАШ 8 баллов) что указывало на аксиальный характер болей, ввиду нестабильности пораженного сегмента.

Под рентгеновским контролем выполнена прицельная трепанобиопсия очага деструкции (рисунок 2).



А

Б

Рисунок 2. Разметка кожи (А) и трепанобиопсия (Б) очага деструкции L2 - L3 позвонков

Патогистологически: морфологическая картина хронического активного спондилодисита умеренной степени выраженности.

По результатам лабораторной диагностики:

- ДНК микобактерий туберкулеза не обнаружена
- выявлен рост: *Staphylococcus aureus*.

Начата антибактериальная терапия согласно чувствительности: линкомицин 600 мг 2 раза в сутки внутривенно в течение 4 недель, под контролем С-реактивного белка: уровень которого составлял 35 мг/л в первые сутки антибактериальной терапии, 19 мг/л на десятые сутки антибактериальной терапии и 7 мг/л на двадцатые сутки антибактериальной терапии.

На следующий день после начала антибактериальной терапии выполнено хирургическое вмешательство.

Техника оперативного вмешательства

Из забрюшинного доступа выполнена передне-боковая корпорэктомия L2, L3 позвонков со смежными межпозвонковыми дисками L1-L2, L3-L4. Сформированный дефект замещен титановым сетчатым имплантатом Mesh, заполненным аутокостью и остеокондуктором «Остеоматрикс» и обернутым двусторонней коллагеновой мембраной «Биоматрикс» ООО «Коннектибиофарм» снаружи с оставлением торцевых поверхностей свободными по методике, на которую получен патент на изобретение [31] (рисунок 3).



Рисунок 3. Смесь аутокости и остеокондуктора «Остеоматрикс» (А).
Заполнение титанового сетчатого цилиндра фрагментами
аутокости с «Остеоматриksom»

Вторым этапом выполнен вентральный спондилосинтез с установкой двух опорных винтов в тела L1, L4 позвонков, соединенных между собой продольной балкой и фиксированных гайками (рисунок 4).

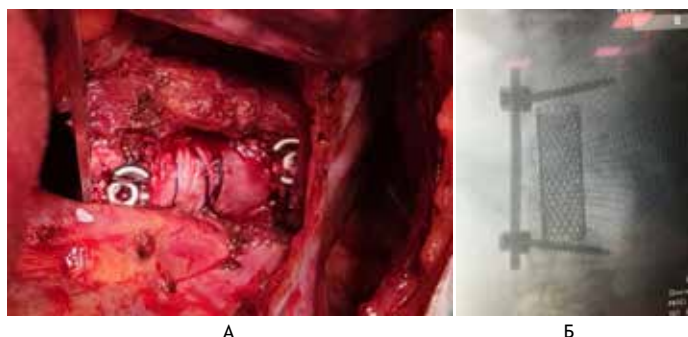


Рисунок 4. Операционная рана (А) и интраоперационная
рентгенологическая картина (Б) после установки подготовленного
имплантата и вентрального спондилодеза.

Удаленный патологический материал отправлен на лабораторное исследование. По результатам микробиологической диагностики материал стерильный. Патогистологически материал представлен хрящевой пластинкой, грубоволокнистой соединительной тканью, костными балками с признаками очаговой гладкой резорбции, в межбалочных пространствах жировая ткань и красный костный мозг. Морфологическая картина хронического неактивного спондилодисита слабой степени выраженности

В раннем послеоперационном периоде осложнений, признаков несостоятельности металлоконструкции не наблюдалось. Пациентка вертикализирована на 4 сутки. Отмечался регресс аксиальных болей до 3 баллов по ВАШ. Рана зажила первичным натяжением. Пациентка выписана на 13 сутки после операции. Полный курс антибактериальной терапии составил 4 недели (до и после операции).

На контрольном КТ исследовании через 3 дня после операции металлоконструкция состоятельная, без признаков миграции с удовлетворительным заполнением меша остеокондуктивным материалом (рисунок 5).



Рисунок 5. Компьютерная томография: через три дня после операции

По результатам контрольного КТ исследования через 5 месяцев после оперативного лечения определялся четкий полноценный костный блок с переходом костных балок, что соответствует согласно шкале Баулина [13]: 4,5 баллам, данных за патологическую подвижность нет, с сохранением опороспособности и состоятельности металлоконструкции (рисунок 6).



Рисунок 6. Компьютерная томография через 5 месяцев после операции

Обсуждение

Спондилодез – это основной и наиболее эффективный хирургический метод достижения сращения позвонков, выполняемый для лечения пациентов с инфекционными поражениями позвоночника. Однако, несмотря на огромный перечень хирургических технологий и широкую линейку стабилизирующих имплантатов число несращений после стабилизирующих операций может достигать 40 %. Таким образом, среди вертебрологов вопрос достижения максимальной частоты сращения позвонков после стабилизирующих операции остается весьма актуальным.

Рассматривая вопрос о формировании межтелового блока, необходимо упомянуть о том, как можно его оценить по данным неинвазивных методов исследования. Имеются несколько наиболее распространенных шкал. Наиболее оптимальная для оценки динамики формирования костно-металлического блока является балльная шкала, определяющая сращение трансплантата/имплантата с ложем опорного позвонка, предложенная И.А. Баулиным с соавторами [13].

Техническим результатом применения разработанной технологии является возможность создания костно-металлического блока в более короткий промежуток времени по сравнению с традиционной методикой. На наш взгляд, разработанная оригинальная технология может стать эффективной альтернативой традиционным методам хирургического лечения.

Заключение

Успешное решение задачи хирургического лечения пациентов с патологией позвоночника основано на понимании многофакторности условий для формирования межтелового блока. Применение разработанного метода совместного использования остеокондуктора, сетчатого имплантата и резорбируемой коллагеновой мембраны позволяет сократить время формирования костного блока, за счет создания оптимальных условий, повысить результативность хирургического лечения данной группы пациентов и тем самым снизить риск повторных оперативных вмешательств.

Список литературы / References:

1. Хафизова И.Ф., Попова Н.А., Панюхов А.Г., Гумеров Ф.Р. Спондилодисцит: ранняя диагностика и тактика ведения. Казанский медицинский журнал. 2016;6:988-993. DOI: 10.17750/KMJ2016-988 [Khafizova I.F., Popova N.A., Panyukhov A.G., Gumerov F.R., spondylodiscitis: early diagnosis and management of patients. Kazan Medical Journal. 2016;6:988-993. DOI: 10.17750/KMJ2016-988].
2. Herrero C.F.P.S., Nascimento A.L., Cunha R.P., Souza G.P.V. Infectious spondylodiscitis: has there been any evolution in the diagnostic and treatment outcomes. Coluna/Columna. 2014; 13(4): 294–297. DOI: 10.1590/S1808-18512014130400442.
3. Sans N., Faruch M., Lapegue F., et al., Infections of the spinal column – Spondylodiscitis. Diagn Intervent Imaging. 2012; 93(6): 520–529. DOI: 10.1016/j.diii.2012.04.003.
4. Гуца А.О., Семёнов М.С., Полторако Е.А. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению воспалительных заболеваний позвоночника и спинного мозга. Электронный ресурс. Утв. 14.10.2015 г. Красноярск. Ассоциация нейрохирургов России. Москва, 2015. 23 с. Режим доступа: http://ruans.org/Files/Pdf/Guidelines/spine_infections.pdf [Gushcha A.O., Semenov M.S., Poltorako E.A. i dr., Klinicheskie rekomendatsii po diagnostike i lecheniyu vospalitel'nykh zabolevanii pozvonochnika i spinnogo mozga. Ehlektronnyi resurs. Utv. 14.10.2015 g. Krasnoyarsk. Assotsiatsiya neirokhirurgov Rossii. Moskva, 2015. 23 s.]
5. Srinivas B.H., Sekhar D.S., Penchalayya G., Murthy K.S., Post-operative discitis — a review of 10 patients in a tertiary care neurosurgical unit. J Dental Med Sci. 2016; 15(7): 01–04. <http://dx.doi.org/10.9790/0853-150750104>.
6. Гончаров М.Ю. Современная стратегия хирургического лечения неспецифических гнойных заболеваний позвоночника. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010;11:29 [Goncharov M.YU., Sovremennaya strategiya khirurgicheskogo lecheniya nespecificheskikh gnoinykh zabolevanii pozvonochnika. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2010;11:29]
7. Древалъ О.Н. (ред.), Нейрохирургия: руководство для врачей: лекции, семинары, клинические разборы. Т. 2. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 863 с. [Dreval' O.N. (red.), Neirokhirurgiya: rukovodstvo dlya vrachei: lektzii, seminary, klinicheskie razbory. T. 2. Moskva: GEHOTAR-Media, 2013. 863 s.]
8. Романенков В.М., Самошенков А.Г. Острый гнойный спинальный эпидурит. Нейрохирургия. 2001; (4): 37–41. [Romanenkov V.M., Samoshenkov A.G., acute purulent spinal epiduritis. Russian Journal of Neurosurgery. 2001; (4): 37–41].
9. Снопко С.В., Фирсов С.А., Корнилова И.В., Туморин Л.С., Шевченко В.П. Особенности диагностики и лечения гнойных спинальных эпидуритов. Хирургия позвоночника. 2015; 12(4): 84–87. <https://doi.org/10.14531/ss2015.4.84-87> [Snopko S.V., Firsov S.A., Kornilova I.V., Leonid Sergeyevich Tumorin, Vladimir Petrovich Shevchenko., Diagnosis and treatment of purulent spinal epiduritis. Russian Journal of Spine Surgery. 2015; 12(4): 84–87. <https://doi.org/10.14531/ss2015.4.84-87>].
10. Гончаров М.Ю., Чистякова К.И., Рудь К.О. Неспецифический гематогенный спондилодисцит как причина вертебрального болевого синдрома у пациентов с терминальной хронической почечной недостаточностью. Уральский медицинский журнал. 2018;11(166):23–26. DOI: 10.25694/URMJ.2018.11.15 [Goncharov M.U., Chistyakova K.I., Rud K.O., Nonspecific hematogenous spondylodiscitis as a cause of vertebral pain syndrome in patients with terminal chronic renal failure. Ural Medical Journal. 2018; 11(166): 23–26. DOI: 10.25694/URMJ.2018.11.15].
11. Афанасьева И.С., Савелло В.Е., Шумакова Т.А., Беляков Ю.В. Возможности компьютерной и магнитно-резонансной томографии в диагностике гнойно-воспалительных заболеваний позвоночника в отделении экстренной медицинской помощи. Медицинский альянс. 2017; (4): 92–102 [Afanaseva I., Savello V., Shumakova T., Belyakov Yu., The computer and magnetic resonance tomography in the diagnosis of inflammatory diseases of the spine in the emergency room. Medical Alliance. 2017; (4): 92–102].
12. Аганесов А.Г., Месхи К.Т. Реконструктивная хирургия позвоночника. Анналы РНЦХ РАМН. 2004;13;114–123. [Aganesev A.G., Meskhi K.T., Rekonstruktivnaya khirurgiya pozvonochnika Annaly RNTSKH RAMN. 2004;13;114–123.]

13. Баулин И.А., Гаврилов П.В., Советова Н.А., Мушкин А.Ю. Лучевой анализ формирования костного блока при использовании различных материалов для переднего спондилодеза у пациентов с инфекционным спондилитом. Хирургия позвоночника. 2015;12(1):83–89. DOI: 10.14531/ss2015.1.83-89 [Baulin I.A., Gavrilov P.V., Sovetova N.A., Mushkin A.Yu., Radiological analysis of the bone block formation in using different materials for anterior fusion in patients with infectious spondylitis. Russian Journal of Spine Surgery. 2015;12(1):83–89. DOI: 10.14531/ss2015.1.83-89].
14. Белецкий А.В., Мазуренко А.Н., Макаревич С.В., Воронович И.Р. Применение сетчатых титановых имплантатов для замещения грудных и поясничных позвонков. Медицинские новости. 2015;5:32–35. [Beletsky A.V., Mazurenko A.N., Makarevich S.V., Varanovich I.R., The use of titanium mesh implants for replacement of the thoracic and lumbar vertebrae. Mednovosti. 2015;5:32–35].
15. Вишневский А.А., Казбанов В.В., Баталов М.С. Титановые имплантаты в вертебрологии: перспективные направления. Хирургия позвоночника. 2015;12(4):49–55. DOI: 10.14531/ss2015.4.49-55 [Vishnevsky A.A., Kazbanov V.V., Batalov M.S., Titanium implants in spine surgery: promising directions. Russian Journal of Spine Surgery. 2015;12(4):49–55. DOI: 10.14531/ss2015.4.49-55].
16. Губин А.В., Ульрих Э.В. Современная концепция лечения детей с патологией шейного отдела позвоночника. Педиатр. 2010;(1):54–62. DOI: 10.14531/ss2015.4.49-55. [Gubin A.V., Ul'rikh E.H.V., Sovremennaya kontsepsiya lecheniya detei s patologiei sheinogo otдела pozvonochnika. Pediatr. 2010;(1):54–62. DOI: 10.14531/ss2015.4.49-55].
17. Доценко В.В., Шевелев И.Н., Загородний Н.В. Коновалов Н.А., Кошеварова О.В. Спондилолистез: передние малотравматические операции. Хирургия позвоночника. 2004;1:47–54 [Dotsenko V.V., Shevelev I.N., Zagorodniy N.V., Kononov N.A., Koshevarova O.V., Spondylolisthesis: anterior mini-invasive surgery. Russian Journal of Spine Surgery. 2004;(1):47-54].
18. Котельников Г.П., Булгакова С.В. Остеопороз: руководство. М: ГЭОТАР-Медиа.
19. Мушкин А.Ю., Наумов Д.Г., Евсеев В.А. Реконструкции позвоночника с применением титановых мешей у детей. Хирургия позвоночника. 2016;13(2):68–76. DOI: 10.14531/ss2016.2.68-76 [Mushkin A.Yu., Naumov D.G., Evseev V.A., Spinal reconstruction with titanium meshes in pediatric patients. Russian Journal of Spine Surgery. 2016;13(2):68–76. DOI: 10.14531/ss2016.2.68-76].
20. Рерих В.В., Ластевский А.Д. Хирургическое лечение нижнейшейного отдела позвоночника. Хирургия позвоночника. 2007;1:13–20. <https://doi.org/10.14531/ss2007.1.13-20> [Rerikh V.V., Lastevsky A.D., Surgery for lower cervical spine injuries. Russian Journal of Spine Surgery. 2007;1:13–20. <https://doi.org/10.14531/ss2007.1.13-20>].
21. Колесов С.В., Хирургия деформаций позвоночника Под ред. С.П. Миронова. М., 2014. [Kolesov S.V., Khirurgiya deformatsii pozvonochnika Pod red. S.P. Mironova. M., 2014].
22. Шанько Ю.Г., Танин А.Л., Макаревич С.В., Мазуренко А.Н. Практическое руководство по нейротравматологии. Минск, 2010. [Shan'ko YU.G., Tanin A.L., Makarevich S.V., Mazurenko A.N.. Prakticheskoe rukovodstvo po neurotravmatologii. Minsk, 2010].
23. Harms J., Stoltze D. The indications and principles of correction of post-traumatic deformities. Eur Spine J. 1992;1:142–151. DOI: 10.1007/BF00301304.
24. Dai L.Y., Jiang L.S., Jiang S.D., Anterior-only stabilization using plating with bone structural autograft versus titanium mesh cages for two- or three-column thoracolumbar burst fractures: a prospective randomized study. Spine. 2009;34:1429–1435. DOI:10.1097/BRS.0b013e3181a4e667.
25. Karaeminogullari O., Tezer M., Ozturk C., Bilen F.E., Talu U., Hamzaoglu A. Radiological analysis of titanium mesh cages used after corpectomy in the thoracic and lumbar spine: minimum 3 years' follow-up. Acta Othop Belg. 2005;71:726–731.
26. Dai L.Y., Jiang L.S., Jiang S.D. Anterior-only stabilization using plating with bone structural autograft versus titanium mesh cages for two- or three-column thoracolumbar burst fractures: a prospective randomized study. Spine. 2009;34:1429–1435. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181a4e667.
27. Robertson P.A., Rawlinson H.J., Hadlow A.T. Radiologic stability of titanium mesh cages for anterior spinal reconstruction following thoracolumbar corpectomy. J Spinal Disord Tech. 2004;17:44–52.
28. Williams A.L., Gornet M.F., Burkus J.K., CT evaluation of lumbar interbody fusion: current concept. AJNR Am J Neuroradiol. 2005;26:2057–2066.
29. Амхадова М.А., Атабиев Р.М., Амхадов И.С., Цукаев К.А. Клинико-экспериментальное обоснование применения отечественных резорбируемых мембран при направленной регенерации костной ткани. Медицинский алфавит. 2018;4(34):41–45 [Amkhadova M.A., Atabiev P.M., Amkhadov I.S., Tsukaev K.A., Clinical and experimental substantiation of the application of domestic resorbable membranes in guided bone tissue regeneration. Medicinskij alfavit. 2018;4(34):41-45].
30. Мушкин А.Ю., Алаторцев А.В., Маламашин Д.Б., Перецманас Е.О., Куклин Д.В. Информативность чрескостной трепанобиопсии в дифференциальной диагностике ограниченных деструктивных поражений позвоночника. Хирургия позвоночника. 2012;1:62–66 [Mushkin A.Y., Alatorcev A.V., Malamashin D.B., Peretsmanas E.O., Kuklin D.V., Informative value of percutaneous trepan biopsy for differential diagnosis of circumscribed destructive lesions of the spine. Russian Journal of Spine Surgery. 2012;(1):62-66. <https://doi.org/10.14531/ss2012.1.62-66>].
31. Перецманас Е.О., Есин И.В., Беззубов А.А. Способ переднего спондилодеза при инфекционных спондилитах с использованием двухсторонней барьерной коллагеновой мембраны: Патент на изобретение № 2807303. [Peretsmanas E.O., Esin I.V., Bezzubov A.A., Sposob perednego spondilodeza pri infektsionnykh spondilitakh s ispol'zovaniem dvukhstoronnei bar'erno kollagenovoi membrany: Patent na izobretenie №2807303]

Авторы

Беззубов Александр Александрович, врач-нейрохирург отделения для лечения больных с внелегочным туберкулезом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России, г. Москва, ул. Достоевского, д. 4, к. 2, 127473, Россия, e-mail zubren86@mail.ru

Перецманас Евгений Оркович, д.м.н., руководитель научного отдела костно-суставной патологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России, г. Москва, ул. Достоевского, д. 4, к. 2, 127473, Россия, e-mail peretsmanas58@mail.ru

Рукин Ярослав Алексеевич, д.м.н., ведущий научный сотрудник научного отдела костно-суставной патологии, ФГБУ «Наци-

ональный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России, г. Москва, ул. Достоевского, д. 4, к. 2, 127473, Россия; профессор кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ Института хирургии ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, 117513, Россия, e-mail yar.rukin@gmail.com

Кавалерский Геннадий Михайлович, д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119048, Россия, e-mail gkavalerskiy@mail.ru

Родин Александр Анатольевич, заведующий отделением лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России, г. Москва, ул. Достоевского, д. 4, к. 2, 127473, Россия, e-mail rodinaa@nmrc.ru

Щепетева Юлия Юрьевна, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России, г. Москва, ул. Достоевского, д. 4, к. 2, 127473, Россия, e-mail: ShchepetevaUU@nmrc.ru

Бондаренко Полина Александровна, клинический ординатор кафедры фтизиатрии Института клинической медицины ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, 117513, Россия, e-mail: polina@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Рукин Ярослав Алексеевич, д.м.н., ведущий научный сотрудник научного отдела костно-суставной патологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России, г. Москва, ул. Достоевского, д. 4, к. 2, 127473, Россия; профессор кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ Института хирургии ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, 117513, Россия, e-mail yar.rukin@gmail.com

Authors

Alexandr A. Bezzubov, Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Phthiopulmonology and Infectious Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation Address: 4, st. Dostoevsky, Moscow, 127473, Russia, e-mail zubren86@mail.ru

Evgeniy O. Peretsmanas, Dr. Sci. (Med.) Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Phthiopulmonology and Infectious Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation Address: 4, st. Dostoevsky, Moscow, 127473, Russia, e-mail peretsmanas58@mail.ru

Yaroslav A. Rukin, Dr. Sci. (Med.) Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Phthiopulmonology and Infectious Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation Address: 4, st. Dostoevsky, Moscow, 127473, Russia; Pirogov Russian National Research Medical University Address: 1/6 Ostrovitianova St, Moscow, 117513, Russia, e-mail yar.rukin@gmail.com

Gennadiy M. Kavalerskiy, Dr. Sci. (Med.) Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), e-mail gkavalerskiy@mail.ru

Alexandr A. Rodin, Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Phthiopulmonology and Infectious Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation Address: 4, st. Dostoevsky, Moscow, 127473, Russia, e-mail rodinaa@nmrc.ru

Yuliya Yu. Schepeteva, Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Phthiopulmonology and Infectious Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation Address: 4, st. Dostoevsky, Moscow, 127473, Russia

Polina A. Bondarenko, Pirogov Russian National Research Medical University Address: 1/6 Ostrovitianova St, Moscow, 117513, Russia

Corresponding author:

Yaroslav A. Rukin, Dr. Sci. (Med.) Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Phthiopulmonology and Infectious Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation Address: 4, st. Dostoevsky, Moscow, 127473, Russia; Pirogov Russian National Research Medical University Address: 1/6 Ostrovitianova St, Moscow, 117513, Russia, e-mail yar.rukin@gmail.com

УДК 617.3

© Оснач С.А., Оболенский В.Н., Процко В.Г., Тамоев С.К., Мазалов А.В., Кузнецов В.В., Качесов А.В., Рыбинская А.Л., Сулейманов А.Р., Задорожний Д.К., 2025

Оригинальная статья / Original article



ЗАМЕЩЕНИЕ ТОТАЛЬНЫХ И СУБТОТАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТЕОМИЕЛИТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ 3D ИМПЛАНТАТОВ

С.А. ОСНАЧ¹, В.Н. ОБОЛЕНСКИЙ^{2,3}, В.Г. ПРОЦКО^{1,4}, С.К. ТАМОЕВ¹, А.В. МАЗАЛОВ¹, В.В. КУЗНЕЦОВ¹, А.В. КАЧЕСОВ⁵, А.Л. РЫБИНСКАЯ^{1,6}, А.Р. СУЛЕЙМАНОВ⁴, Д.К. ЗАДОРЖНИЙ⁷

¹ Центр хирургии стопы и диабетической стопы, ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», 115446, Москва, Россия

² ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В.П. Демикова Департамента здравоохранения города Москвы», филиал №1, 115280, Москва, Россия

³ ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова Минздрава России, 117513, Москва, Россия

⁴ ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, Россия

⁵ ФГБОУ ВО Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России, 603000, Нижний Новгород, Россия

⁶ ФГКУ «Клинико-диагностический центр генерального штаба вооружённых сил Российской Федерации», филиал № 2, 119019, Москва, Россия

⁷ ООО «ТИОС», 119421, Москва, Россия

Аннотация

Введение. Тотальные и субтотальные дефекты пяточной кости являются сложной и актуальной проблемой в современной травматологии, не имеющей однозначного решения. Однако лечение пациентов с дефектами, возникшими на фоне дистальной нейропатии, осложнённой хронической инфекцией, является ещё более сложной задачей.

Цель: оценить эффективность метода замещения тотальных и субтотальных дефектов пяточной кости с использованием эндопротеза, изготовленного на основе 3D реконструкции КТ исследования, у пациентов с дистальной нейропатией, сопровождающейся инфекционными осложнениями и дефектом мягких тканей.

Материалы и методы. В 2022–2023 годах было этапно пролечено 3 пациента с остеомиелитом пяточной кости на фоне сахарного диабета и дистальной нейропатии и один пациент с тотальным дефектом пяточной кости и контактным остеомиелитом после мотоциклетной травмы. Всем в результате установлены индивидуальные титановые 3D имплантаты. Срок наблюдения после завершения лечения – более 1,5 лет.

Заключение. Применение индивидуальных 3D имплантатов из пористого титана у пациентов с дистальной нейропатией, осложнённой инфекционным процессом, является более простым способом замещения сформированных дефектов в сравнении с техникой одномоментного замещения дефекта заднего отдела стопы и опороспособности конечности и может служить альтернативой ранее используемым методам лечения.

Ключевые слова: остеомиелит; 3D-печать; полинейропатия

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Оснач С.А., Оболенский В.Н., Процко В.Г., Тамоев С.К., Мазалов А.В., Кузнецов В.В., Качесов А.В., Рыбинская А.Л., Сулейманов А.Р., Задорожний Д.К., Замещение тотальных и субтотальных дефектов пяточной кости у пациентов с остеомиелитом с использованием индивидуальных 3D имплантатов// Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. №3 (61). С. 28–39.

Этическая экспертиза. Пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дали согласие на обработку и публикацию клинического материала. Исследование одобрено этическим комитетом.

HEEL BONE TOTAL AND SUBTOTAL DEFECTS RESTORATION IN PATIENTS WITH OSTEOMYELITIS BY MEANS OF INDIVIDUAL 3D IMPLANTS

STANISLAV A. OSNACH¹, VLADIMIR N. OBOLENSKIY^{2,3}, VICTOR G. PROTSKO^{4,5}, SARGON K. TAMOEV¹, ALEXEY V. MAZALOV¹, VASILIIY V. KUZNETSOV¹, ANTON V. KACHESOV⁵, ANASTASIA L. RYBINSKAYA^{1,6}, ARTUR R. SULEYMANOV⁴, DENIS K. ZADOROZNIY⁷

¹ Foot Surgery and Orthopaedic Foot Surgery Centre, S.S. Yudin City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, Moscow, 115446, Moscow, Russia

² First Branch City Clinical Hospital V.P. Demikhov Department of Health of the city of Moscow, 115280, Moscow, Russia

³ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russia, 117513, Moscow, Russia

⁴ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education RUDN University The Ministry of Education and Science of Russia, 117198, Moscow, Russia

⁵ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Privolzhsky Research Medical University of the Ministry of Health of the Russia, 603000, Nizhny Novgorod, Russia.

⁶ Clinical and Diagnostic Center of the GS of the RF Armed Forces, Second Branch, 119019, Moscow, Russia

⁷ LLC "TIOS", 119421, Moscow, Russia

Abstract

Introduction. Total and subtotal defects of the heel bone is a complicated and actual problem in the modern traumatology, and they do not have an unique solution. But the more complicated task is treatment of patients with defects associated with distal neuropathy complicated by chronical infection.

Objective. Asses the efficiency of the heel bone total and subtotal defects restoration using endoprosthesis, which is made based on the 3D CT reconstruction study, in patients with distal neuropathy accompanied by infectious complications and soft tissue defects.

Materials and methods. In 2022–2023, three patients with heel bone osteomyelitis associated with diabetes mellitus and distal neuropathy have been treated by stages; and one patient with total defect of the heel bone and contact osteomyelitis after a motorcycle accident. As a result, all patients had the individual titanium 3D implants set. Follow-up period after treatment completion is more than 1.5 years.

Conclusion. Application of individual 3D implants made of porous titanium in patients with distal neuropathy complicated by an infectious process is the easiest to use method for tissue replacement in place of the developed defects; also it is useful for a single-stage rearfoot restoration and to restore the support ability of extremity; it may be used as an alternative to the previously used treatment methods.

Keywords: osteomyelitis; 3D printing; polyneuropathy.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Osnach S.A., Obolenskiy V.N., Protsko V.G., Tamoev S.K., Mazalov A.V., Kuznetsov V.V., Kachesov A.V., Rybinskaya A.L., Suleymanov A.R., Zadorozniy D.K., Heel Bone Total and Subtotal Defects Restoration in Patients with Osteomyelitis by means of Individual 3D Implants// Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 28–39.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.7-14

Введение

Тотальные и субтотальные дефекты пяточной кости являются сложной и актуальной проблемой в современной травматологии, не имеющей однозначного решения. Среди возможных причин развития – посттравматические изменения, новообразования пяточной кости. Однако лечение пациентов с дефектами, возникшими на фоне дистальной нейропатии, осложнённой хронической инфекцией, является ещё более сложной задачей.

При периферической нейропатии и, в частности, при диабетической нейропатии, может развиваться снижение минеральной плотности костной ткани [1]. За счёт продолжающейся осевой нагрузки на конечность повышается риск развития патологических переломов. К тому же у пациентов со сниженной чувствительностью повышен риск травматизации

кожного покрова, а из-за повышенного локального давления выступающих частей костей – риск развития язвенных дефектов, что в дальнейшем может приводить к инфицированию и развитию остеомиелита. Все вышеописанные изменения могут приводить к развитию тотальных и субтотальных дефектов пяточной кости, что в свою очередь нарушает опорность конечности, меняет её биомеханику, а также, ввиду развившихся осложнений, в ряде случаев вынуждает выполнять ампутации на различных уровнях.

Среди возможных вариантов лечения – выполнение тотальной или субтотальной кальканэктомии. Целью данного типа вмешательства является устранение очага инфекции. При этом некоторые авторы рассматривают кальканэктомию в качестве альтернативы выполнению ампутации. В литературе представлены кейс-репорты с единичными наблю-

дениями, серии с небольшим количеством случаев, авторы которых заявляют о благоприятных исходах, отсутствии или небольшом проценте осложнений и рецидивов язвенных дефектов, удовлетворённости пациентов после проведённых вмешательств [2-5]. Но в представленных случаях рассматривается непродолжительный период наблюдения, на основании которого нельзя сделать вывод об отсутствии развития осложнений. Так по данным Han et al. [6] в серии из 57 случаев после проведённого хирургического лечения (тотальная/частичная кальканэктомия, резекция пяточной и таранной костей) только в 58 % случаев было достигнуто полное заживление, причём больше, чем у половины пациентов были проблемы в заживлении ран или присоединение вторичной инфекции. В оставшихся 42 % случаях были выполнены ампутации на различных уровнях. Согласно Cook et al. [7], после проведённой частичной кальканэктомии полное заживление послеоперационной раны встречалось от 51 % до 83 % случаев, и средняя продолжительность заживления составляла около 200 дней, что зависело от сопутствующих заболеваний и бактериальной флоры. Согласно Waibel et al. [8], у 40 % пациентов, с проведённой частичной кальканэктомией, требуются повторные ревизии, а у пациентов с тотальной резекцией пяточной кости – в 100 %. Также за счёт резекции пяточной кости, тотальной или частичной, меняется биомеханика стопы, что в дальнейшем вынуждает пациентов использовать индивидуальную ортопедическую обувь, – специализированные ортезы, компенсирующие высоту заднего отдела стопы. Подобные изделия сложны в изготовлении, достаточно громоздки и дискомфортны при использовании. Также пациенты отмечали хронический болевой синдром, невозможность перемещаться на дальние расстояния или находится длительное время в положении стоя, необходимость использования дополнительной опоры.

Описаны различные варианты остеотомий с последующим костным транспортом, осуществляющие замещение дефектов пяточной кости, при помощи компрессионно-дистракционного аппарата. Среди возможных вариантов: остеотомия сохранённой части пяточной кости [9, 10], остеотомия дистального метадиафиза большеберцовой кости [11], выполнение артродеза таранно-ладьевидного и голеностопного суставов с последующей одновременной остеотомией большеберцовой кости в проксимальной и дистальной третях и шейки таранной кости [12, 13], остеотомия фрагмента заднедистального отдела большеберцовой кости трапециевидной формы [14], Г-(Т)-образная остеотомия таранной кости [15]. Также возможен способ вывихивания таранной кости с переводом её в положение пяточной кости с удержанием в приемлемом положении при помощи аппарата наружной фиксации [16]. Однако все вышеописанные методы требуют длительного времени, необходимого для формирования костного регенерата, что в свою очередь исключает осевую нагрузку на конечность в течение продолжительного периода. Долгое ношение

аппарата требует от пациентов тщательного ухода за ним. К сожалению, порой пациенты не столь внимательно следят за компонентами аппарата, что чревато развитием воспаления в местах выхода спиц или стержней, нестабильности аппарата и необходимости выполнения перемонтажа. Выполнение остеотомии, особенно на нескольких уровнях, при наличии инфекционного процесса может быть сопряжено с развитием осложнений в послеоперационном периоде, связанных с нарушением формирования регенерата. При осуществлении артродеза, особенно голеностопного сустава, происходит «выключение» движений в суставе, а также перераспределение и повышение нагрузки на другие суставы, что может способствовать ускоренному развитию в них остеоартроза и, как следствие, болевого синдрома.

Wang et al. [17] представили клинический случай, при котором сформированный дефект пяточной кости был замещён при помощи цементного спейсера. Подобная техника, вероятно, может быть использована и требует дальнейшего наблюдения. Однако при замещении дефекта среднего отдела стопы костным цементом в серии случаев в сроки наблюдения до 52 месяцев сохранение спейсера отмечалось только в 66 % [18]. Соответственно, использование спейсера может быть рассмотрено как временное решение и в дальнейшем имеющийся дефект требует замещения другим способом.

Ещё одним возможным вариантом лечения является использование липофиброзного аутоотрансплантата [19]. Согласно методике, выполняется остеонекрэктомия пяточной кости с формированием дефекта, который заполняется «отжатым» липофиброзным аутоотрансплантатом, забранным с боковой поверхности живота, таким образом, чтобы полностью закрыть дефект, не оставив «мертвого пространства». Подобная техника, вероятно, применима при небольших сформированных дефектах пяточной кости, но не после выполненной тотальной или субтотальной кальканэктомии, поскольку в данном случае восстановление опороспособности конечности не представляется возможным.

Еще одна возможная опция лечения пациентов с подобной патологией – замещение дефекта пяточной кости ауто- и/или аллогraftом с или без использования микрохирургической техники. Описаны варианты использования костных аллогraftов как гетеротопических [20], так и ортотопических [21]. Применение аллогraftов имеет свои преимущества, такие как отсутствие дополнительных доступов для забора трансплантата, возможность использования необходимого объёма кости, но при этом сохраняется риск замедленной перестройки или лизиса graftа из-за недостаточного кровоснабжения в ложе, предусмотренном для трансплантата. Использование аллогraftа в комбинации с кровоснабжаемым аутоотрансплантатом [22–24] увеличивает шансы на перестройку graftа, создавая условия для лучшего кровоснабжения аллокости, а также восполняя его остеогенность.

Среди кровоснабжаемых аутотрансплантатов описаны случаи использования рёбер в комбинации с мышечным компонентом из передней зубчатой мышцы [25], малоберцовой кости [26–28], но применение кровоснабжаемого трансплантата из гребня подвздошной кости, вероятно, является наиболее удачным вариантом аутографта. Во-первых, данный вид графта состоит как из кортикальной кости, так и из губчатой кости. Во-вторых, подобный графт имеет три кортикальных слоя, которые обладают более плотной структурой и позволяют расположить трансплантат «перевернутым» кортикальным слоем книзу, имитируя подошвенную поверхность пяточной кости. И, в-третьих, данный вид аутотрансплантата имеет форму максимально приближённую к нативной пяточной кости. Практически во всех найденных нами публикациях [29–32] реконструкции с использованием кровоснабжаемых ауто-трансплантатов выполнялись пациентам после резекции пяточной кости по поводу онкологических заболеваний и только в одном случае при посттравматическом остеомиелите пяточной кости [33]. Во всех представленных случаях авторы смогли добиться сохранения трансплантата, его перестройки и полного костного сращения. Пациенты не испытывали ограничений в повседневной активности, не нуждались в дополнительной опоре или специальных ортопедических изделиях. Как правило, подобные вмешательства не выполнялись при инфекционном поражении, однако в отечественной литературе имеются наблюдения [34], где пациентам с тотальными и субтотальными дефектами, среди которых встречались пациенты с хроническим остеомиелитом, выполнялось замещение кровоснабжаемым аутотрансплантатом из гребня подвздошной кости. Использование данной техники продемонстрировало свою эффективность, восстановление высоты заднего отдела стопы и опорности конечности, а также купирование инфекционного процесса.

Также возможным вариантом лечения является использование имплантов, замещающих пяточную кость. Первый случай использования эндопротеза пяточной кости, найденный нами в литературе, был описан у пациентки с остеосаркомой [35]. Протез был изготовлен на основе 3D-модели КТ исследования, проведённого в предоперационном периоде поражённой пяточной кости. Имплант полностью соответствовал размерам поражённой кости, имел пористую поверхность для лучшей интеграции мягких тканей и гладкие поверхности в области суставных фасеток, а также заранее запланированные отверстия для винтов, обеспечивающих фиксацию протеза к таранной кости. Авторы смогли продемонстрировать отдалённый результат [36]: согласно данным статьи, наблюдение пациентки осуществлялось в течение 12 лет. За истекший период наблюдения признаков развития нестабильности протеза, не смотря на перелом фиксирующих винтов, не было выявлено. Наличие импланта позволило сохранить опор-

ность конечности, перемещаться пациентке самостоятельно без дополнительной опоры или специальных ортопедических изделий. Однако в представленном клиническом примере не указано, из какого материала изготовлен протез, являлся ли он цельным или обладал пористой структурой, а также сталкивались ли авторами с какими-то осложнениями в послеоперационном периоде.

При исследованиях был определен оптимальный размер стороны ячейки – 2,5 мм и размер поры ячейки 0,4–0,6 мм, при этом глубина прорастания могла достигать 2,5–5 мм и время наибольшей остеоинтеграции составляла от 3–9 месяцев [37, 38]. В зарубежной литературе описаны единичные случаи использования индивидуальных 3D-имплантов [39–42]. Протез изготавливался на основе зеркального КТ изображения контралатеральной пяточной кости [39, 40] или поражённой пяточной кости [41], был выполнен из титанового сплава, имел заранее предусмотренные отверстия для винтов и, как правило, полностью соответствовал поражённой кости, и лишь по данным Park et al. [40] при печати протеза были уменьшены его размеры для избежания потенциальных проблем с мягкими тканями при ушивании. В различных модификациях импланты имели разные поверхности как основной части, так и в проекции суставных фасеток. Протезирование проводилось при тотальных дефектах пяточной кости [39, 40] и при частичных дефектах [41, 42]. Протезы [39, 40], используемые после тотальной кальканэктомии, содержали отверстия для фиксации ахиллова сухожилия и связочного аппарата. Во всех клинических примерах авторы отмечали благоприятный исход, отсутствие осложнений и рецидива основного заболевания. Однако во всех представленных случаях эндопротезирование пяточной кости проводилось также после резекции кости по поводу онкологического поражения без признаков наличия инфекции и дефекта мягких тканей.

Отечественными авторами описан эндопротез пяточной кости [43]. Протез представлен в виде цельной конструкции, выполненной из заготовки пористого никелида титана и состоящей из горизонтальной платформы и вертикального стержня. Также в импланте предусмотрен ряд отверстий и пазов для фиксации связочного аппарата и ахиллова сухожилия. Однако форма данного протеза имеет лишь приближённую форму пяточной кости и, учитывая, что изготавливается на основе титановой заготовки, не обладает индивидуальными особенностями размеров дефекта кости, что в свою очередь может приводить к несоответствию размеров дефекта и протеза, а также возможному профициту или дефициту мягких тканей, что в последнем случае требует одномоментного пластического замещения. Также подобная конструкция не применима при частичных дефектах пяточной кости. Однако публикаций по непосредственному использованию подобного эндопротеза в клинической практике не найдено.

При анализе литературы выполнение реконструктивных вмешательств на заднем отделе стопы в виде замещения дефектов костными кровоснабжаемыми и некровоснабжаемыми трансплантатами, протезирование пяточной кости осуществлялось, в большинстве случаев, у пациентов с новообразованиями пяточной кости. Однако лечение пациентов с дистальной нейропатией, осложнённой хронической инфекцией, в основном, выполнялось исключительно за счёт создания костного регенерата при помощи компрессионно-дистракционного аппарата.

Цель: оценить эффективность метода замещения тотальных и субтотальных дефектов пяточной кости с использованием эндопротеза, изготовленного на основе 3D реконструкции КТ исследования, у пациентов с дистальной нейропатией, сопровождающейся инфекционными осложнениями и дефектом мягких тканей.

Материалы и методы

В 2022-2023 годах на базе центра хирургии стопы ГБУЗ ГКБ им. С.С. Юдина ДЗ г. Москвы было прооперировано 3 пациента с остеомиелитом пяточной кости на фоне сахарного диабета и дистальной нейропатии и один пациент с тотальным дефектом пяточной кости и контактным остеомиелитом после мотоциклетной травмы. Средний возраст пациентов составил $44,6 \pm 12,5$ (22–65) лет.

Первым этапом выполнялась тщательная хирургическая обработка пяточной кости с иссечением всех нежизнеспособных тканей и кости в необходимом объёме. В зону сформировавшегося дефекта устанавливался цементный спейсер с антибиотиком, с моделированием формы под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП) до соответствия формы цемента замещаемому дефекту пяточной кости. Язвенный дефект иссекался с последующим его закрытием либо местными тканями, либо при помощи кровоснабжаемого комплекса тканей. Стабилизация стопы проводилась аппаратом внешней фиксации (АВФ) с наложением базы на голень и передний отдел стопы. Тем самым осуществлялась большая неподвижность сегмента, нежели при фиксации гипсовой лонгетой. Кроме того, это служило защитой лоскута и его сосудистой ножки от возможного сдавления и фиксацией стопы в функционально выгодном положении.

В послеоперационном периоде выполнялась компьютерная томография оперированного сегмента, по результатам которой проводилось сегментация с последующим моделированием в специализированных программах и печать из пористого титана индивидуального 3D-имплантата, полностью соответствующего размерам дефекта. На этапе моделирования имплантата проводилось планирование отверстий для винтов, фиксирующих имплант к пяточной кости или при ее тотальном дефекте – к таранной кости. Поверхность имплантата полировалась за исключением части, контактирующей с костью, оставляя ее пористой для остеоинтеграции. Вторым этап про-

водился через 8 недель после формирования индуцированной мембраны по Masquelet [44]. В случае выполнения замещения дефекта мягких тканей лоскутом, второй этап выполнялся через 3–4 месяца.

На втором этапе проводилось удаление цементного спейсера, не повреждая мембрану, и на его место устанавливали титановый 3D-имплантат, фиксация которого осуществлялась тремя спонгиозными винтами 3,5 мм. Ушивание раны производилось послойно с одномоментной коррекцией лоскута при необходимости. Иммобилизация осуществлялась посредством гипсовой лонгеты до момента снятия швов. Осевая нагрузка исключалась полностью в течение 2 месяцев с момента операции. В послеоперационном периоде проводились этапные КТ-исследования с интервалом 1,5 месяца для оценки интеграции костной ткани в имплант и решения вопроса о возможности дозирования осевой нагрузки на конечность. Несмотря на варьирование сроков остеоинтеграции костной ткани в имплантат по данным литературы, нами проводились этапные КТ-исследования и решение о нагрузке принимались индивидуально. Нагрузка на конечность исключалась в течение минимум 4 месяцев с момента последней операции. Дозирование нагрузки осуществлялось, начиная с 20–30 % от массы тела, с увеличением на 20–30 % каждый месяц. В последующем пациентам показано использование индивидуальной ортопедической обуви.

Клинические примеры

Клинический пример 1. Пациентка К., 65 лет, в анамнезе спинальная травма и сахарный диабет 2 типа. За 5 лет до обращения отметила появление язвенного дефекта по подошвенной поверхности правой стопы, в дальнейшем присоединился хронический остеомиелит пяточной кости. В медицинских учреждениях по месту жительства предпринимались попытки консервативной терапии, выполнялись неоднократные санации, остеонекрэктомии, однако проводимое лечение эффекта не возымело. При поступлении у пациентки по наружному краю подошвенной поверхности правой стопы имелся язвенный дефект округлой формы размером 4,0 x 4,0 см, края уплотнены, дно представлено грануляционной тканью розового цвета, имелось скудное серозное отделяемое (рис. 1). На рентгенограммах часть пяточной кости отсутствовала, в мягких тканях – пузырьки газа (рис. 2). Первым этапом было выполнено иссечение язвенного дефекта, остеонекрэктомия, обработка поверхностей ультразвуковым кавитатором «Sonosca 185», в зону костного дефекта были уложены цементные «бусы» с антибиотиком и установлен спейсер, смоделированный под ЭОП-контролем по форме, напоминающую пяточную кость (рис. 3–5). Учитывая сформированный дефект мягких тканей, который не представлялось возможности закрыть местными тканями, была выполнена пластика суральным лоскутом (Рис. 6, 7). На первые сутки после операции развился венозный стаз лоскута (рис. 8). При ревизии была выявлена гематома,

вероятно, образовавшаяся за счёт наружной компрессии лоскута. В связи с этим было принято решение, что на первом этапе пациентам необходимо накладывать аппарат наружной фиксации для максимального покоя конечности, а в случаях с наличием перемещенных комплексов тканей – также и для защиты лоскута и сосудистой ножки от сдавления. Гематома была эвакуирована, наложен аппарат наружной фиксации «голень-стопа» в функционально выгодном положении для стопы. Однако через 1,5 месяца у пациентки рецидив инфекции с формированием свища, при ревизии которого дном являлся цементный спейсер. В связи с этим была выполнена повторная ревизия, удаление спейсера и бус, тщательная санация, установка нового цемент-

ного спейсера (рис. 9–11). После полного заживления раны и отсутствия признаков рецидива инфекции была выполнена компьютерная томография, на основе которой была спроектирована модель имплантата и изготовлен сам имплантат (рис. 12,13). Через 4 месяца после предшествующей операции был выполнен демонтаж АВФ, удаление цементного спейсера, остеоперфорация контактных костных поверхностей и установка титанового эндопротеза (рис. 14–17), гипсовая иммобилизация.

Длительность этапного лечения составила суммарно 11 месяцев, срок наблюдения после завершения – 2 года; осложнений в этот период не выявлено (рис. 18–21).

Клинический пример 1.



Рисунок 1. Внешний вид стопы пациентки К.



Рисунок 2. Рентгенограмма при поступлении



Рисунок 3. Иссечённый язвенный дефект



Рисунок 4. Смоделированный цементный спейсер под ЭОП-контролем



Рисунок 5. Установленный цементный спейсер и сформированный дефект мягких тканей



Рисунок 6. Выделение сурального лоскута



Рисунок 7. Закрытие дефекта мягких тканей пяточной области



Рисунок 8. Первые сутки после операции, венозный стаз сурального лоскута



Рисунок 9. 1,5 месяца после операции, рецидив инфекции и формирование свищевого хода



Рисунок 10. Rg-контроль после замены цементного спейсера



Рисунок 11. КТ-реконструкция



Рисунок 12. Внешний вид титанового 3D-импланта



Рисунок 13. Внешний вид титанового 3D-импланта



Рисунок 14. Удаление цементного спейсера



Рисунок 15. Установка титанового импланта в зону дефекта



Рисунок 16. ЗОП-контроль



Рисунок 17. RG-контроль после операции



Рисунок 18. RG-контроль через 8 месяцев после операции



Рисунок 19. RG-контроль через 8 месяцев после операции



Рисунок 20. Вид стопы через 8 месяцев после операции



Рисунок 21. Вид стопы через 8 месяцев после операции

Клинический пример 2. Пациент Ф., 23 лет, мотоциклист, пострадал в результате ДТП, цепью мотоцикла была отсечена большая часть пяточной кости с мягкими тканями. Первично пациент был госпитализирован в медицинское учреждение по месту нахождения, где выполнена санация, частичная остеонекрэктомия. В дальнейшем развился посттравматический остеомиелит. При поступлении конечность фиксирована в АВФ, в проекции пяточной области имелся дефект мягких тканей (около 2 % площади поверхности) и кости. Дно дефекта представлено оставшейся частью пяточной кости серого цвета без признаков кровотечения при выполнении перфорации (Рис. 22–24). Была выполнена остеонекрэктомия с практически полной резекцией пяточной кости, тщательная санация. В зону дефекта установлен цементный спейсер, смоделированный под ЭОП (Рис. 25, 26). Дефект мягких тканей закрыт кожно-фасциальным антеролатеральным лоскутом бедра, взятого с контралатеральной

конечности (Рис. 27). Выполнены микроанастомозы двух вен и артерии лоскута с задней большеберцовой артерией конеч в бок. Завершающий шаг – наложение АВФ. На третьи сутки после операции развилась картина артериального тромбоза лоскута. При ревизии выявлено слабое заполнение артерии лоскута и её экстравазальная компрессия венами. Было выполнено иссечение анастомоза артерии, удаление тромботических масс, промывание просвета сосудов, реанастомоз. Также выполнен реанастомоз двух комитантных вен. После заживления ран выполнена КТ, на основе которой изготовлен титановый 3D имплантат (Рис. 28). Через 7 месяцев после предшествующей операции выполнено удаление спейсера, остеоперфорация и установка имплантата (Рис. 29–33), гипсовая иммобилизация.

Длительность этапного лечения составила суммарно 7 месяцев, срок наблюдения после завершения – 1,5 года; осложнений в этот период не выявлено (Рис. 34, 35).



Рисунок 22. Внешний вид стопы при поступлении



Рисунок 23. Внешний вид стопы при поступлении

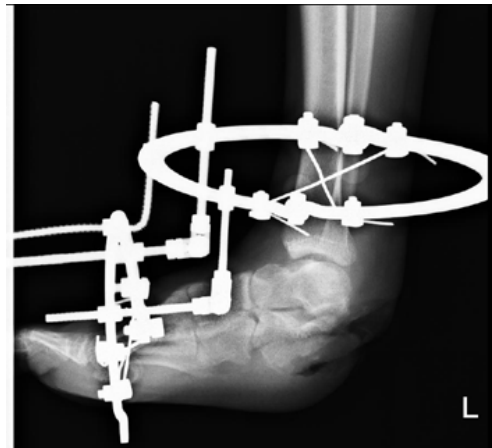


Рисунок 24. Рентгенограмма стопы при поступлении



Рисунок 25. Установка цементного спейсера



Рисунок 26. RG-контроль после операции



Рисунок 27. Закрытие дефекта мягких тканей кожно-фасциальным антеролатеральным лоскутом бедра



Рисунок 28. Спроектированная модель титанового импланта



Рисунок 29. Установка импланта в зону дефекта

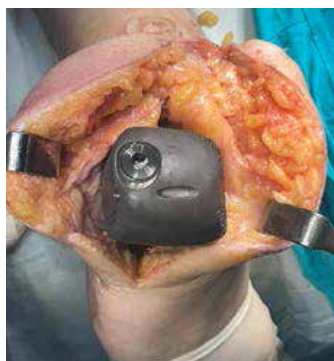


Рисунок 30. Установка импланта в зону дефекта



Рисунок 31. ЭОП-контроль



Рисунок 32. Rg-контроль после операции



Рисунок 33. Rg-контроль после операции

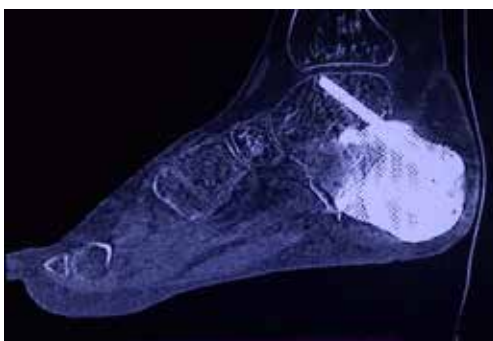


Рисунок 34. КТ-контроль через 2 месяца после операции



Рисунок 35. Вид стопы через год

Обсуждение

Лечение пациентов с дистальной нейропатией, осложнённой хроническим инфекционным процессом, остаётся сложной проблемой. Нередко пациентам с данной патологией предлагается выполнение ампутации ниже коленного сустава с последующим экзопротезированием. Резекция пяточной кости (тотальная или частичная) зачастую в дальнейшем требует повторных хирургических вмешательств и приводит к пяточной установке стопы и перегрузке заднего отдела с повторным язвообразованием, что не решает проблему. Также это вынуждает пациентов использовать специализированные ортопедические изделия, которые не очень эффективны либо требуют более тщательного и регулярного наблюдения в кабинете диабетической стопы. Среди реконструктивных методов лечения рассматриваются различные варианты остеотомий с костным транспортом. Но данный вид лечения длителен по времени и требует от пациентов более продолжительного исключения нагрузки на оперированную конечность.

Задачей двухэтапного хирургического метода, предложенного нами, является устранение инфекционного очага, сохранение конечности и восстановление её опороспособности. Тщательная остеонекрэктомия с использованием техники Маскуле способствует купированию инфекционного процесса, а 3D-технологии позволяют создать имплантаты,

учитывающие индивидуальные размеры дефекта, способствующие восстановлению высоты пяточной кости и биомеханики стопы, насколько это возможно, а также отказаться от использования громоздких ортопедических изделий при относительно непродолжительных сроках лечения.

В ранее представленных вариантах эндопротеза пяточной кости имелись отверстия для фиксации связочного аппарата и ахиллова сухожилия. Поскольку протезирование выполнялось у пациентов с онкологическим поражением пяточной кости, авторами предусматривалось сохранение суставов и движений в них. Подобная конструкция, вероятно, оправдана у пациентов данной группы. Но как показывает практика, пациентам с дистальной нейропатией, осложнённой хроническим инфекционным процессом, неоднократно выполняются хирургические вмешательства с целью ревизии и санации ввиду обострения хронического остеомиелита с формированием свищевых ходов, рецидивирующих флегмон, абсцессов. После подобных вмешательств развивается выраженный рубцовый процесс. В связи с этим нет необходимости при печати протеза планировать отверстия или пазы для фиксации связочного аппарата, который к моменту реконструкции зачастую отсутствует, или ахиллова сухожилия, в месте крепления которого формируется рубцовый блок, имитируя бугристость пяточной кости. Важной особенностью

установленных имплантатов было наличие полированной опорной поверхности. К сожалению, в процессе реабилитации мы отметили подобие «скольжения» (трения) мягких тканей относительно импланта. Авторы считают это дополнительным фактором для язвообразования и отказались от полировки опорной поверхности.

Заключение

Применение индивидуальных 3D имплантатов из пористого титана у пациентов с дистальной нейропатией, осложнённой инфекционным процессом, является более простым способом замещения сформированных дефектов в сравнении с техникой одномоментного замещения дефекта заднего отдела стопы и опороспособности конечности и может служить альтернативой ранее используемым методам лечения.

Список литературы / References:

1. Strotmeyer E.S., Cauley J.A., Schwartz A.V., de Rekeneire N., Resnick H.E., Zmuda J.M., Shorr R.I., Tylavsky F.A., Vinik A.I., Harris T.B., Newman A.B. Health ABC Study. Reduced peripheral nerve function is related to lower hip BMD and calcaneal QUS in older white and black adults: the Health, Aging, and Body Composition Study. *J Bone Miner Res.* 2006 Nov;21(11):1803-10. doi: 10.1359/jbmr.060725. PMID: 17002569
2. Geertzen J.H., Jutte P., Rompen C., Salvans M. Calcanectomy, an alternative amputation? Two case reports. *Prosthet Orthot Int.* 2009 Mar; 33(1):78-81. doi: 10.1080/03093640802419163. PMID: 19235069.
3. Bollinger M, Thordarson DB. Partial calcanectomy: an alternative to below knee amputation. *Foot Ankle Int.* 2002 Oct;23(10):927-32. doi: 10.1177/107110070202301007. PMID: 12398145.
4. Jain A., Gupta G., Shah R.S. Total calcanectomy: Treatment for non-healing plantar ulcer with chronic osteomyelitis of the calcaneus. *J Clin Orthop Trauma.* 2020 Oct;11(Suppl 5): S861-S864. doi: 10.1016/j.jcot.2020.05.042. Epub 2020 Jun 6. PMID: 32999569; PMCID: PMC7503065.
5. Boffeli T.J., Collier R.C. Near total calcanectomy with rotational flap closure of large decubitus heel ulcerations complicated by calcaneal osteomyelitis. *J Foot Ankle Surg.* 2013 Jan-Feb;52(1):107-12. doi: 10.1053/j.jfas.2012.06.018. Epub 2012 Jul 25. PMID: 22835723.
6. Han P.Y., Ezquerro R. Surgical treatment of pressure ulcers of the heel in skilled nursing facilities: a 12-year retrospective study of 57 patients. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2011 Mar-Apr;101(2):167-75. doi: 10.7547/1010167. PMID: 21406701.
7. Cook J., Cook E., Landsman A.S., Basile P., Dinh T., Lyons T., Rosenblum B., Giurini J. A retrospective assessment of partial calcanectomies and factors influencing postoperative course. *J Foot Ankle Surg.* 2007 Jul-Aug;46(4):248-55. doi: 10.1053/j.jfas.2007.03.016. PMID: 17586437.
8. Waibel F.W.A., Klammer A., Götschi T., Uçkay I., Böni T., Berli M.C. Outcome After Surgical Treatment of Calcaneal Osteomyelitis. *Foot Ankle Int.* 2019 May;40(5):562-567. doi: 10.1177/1071100718822978. Epub 2019 Jan 28. PMID: 30688528.
9. Способ лечения дефектов пяточной кости : пат. 2214191 Рос. Федерация. № 2001101259/14; заявл. 12.01.2001; опубл. 20.10.2003, Бюл. № 29. 7 с. [Shevtsov V.I., Ismajlov G.R.-o., Kuzovkov A.I., Samusenko D.V. Sposob lechenija defektov pjatochnoj kosti [Method of treatment of heel bone defects]. Patent RF, no 2214191, 2003. (in Russ.)].
10. Исмаилов, Г.Р., Самусенко Д.В. Лечение пациента с субтотальным дефектом пяточной кости огнестрельной этиологии. *Гений ортопедии.* 2003;2:97-99 [Ismailov G.R., Samusenko D.V., Treatment of a patient with subtotal calcaneal defect of gunshot etiology. *Genij ortopedii.* 2003;2:97-99].
11. Способ хирургического восстановления опорной функции стопы при отсутствии таранной и пяточной костей стопы : пат. 2310409 Рос. Федерация. № 2006119370/14; заявл. 05.06.2006; опубл. 20.11.2007, Бюл. №32. 10 с. [Nikolenko V.K., Gritsjuk A.A., Brizhan L.K., Kostritsa A.N. Sposob hirurgicheskogo vosstanovlenija opornoj funkcii stopy pri otsutstvii tarannoj i pjatochnoj kostej stopy [Method for surgical reconstruction of plantar supporting function at the absence of ankle bone and heel bone of the foot]. Patent RF, no 2310409, 2007. (in Russ.)].
12. Ключин Н. М., Злобин А.В., Бурнашов С.И., Реконструкция заднего отдела стопы после удаления остеомиелитически пораженной пяточной кости. *Гений ортопедии.* 2011;1:36-38 [Kliushin N.M., Zlobin A.V., Burnashov S.I., Reconstruction of the hindfoot after removal of osteomyelitic calcaneus. *Genij Ortopedii.* 2011;1:36-38].
13. Harahsheh B.H., Almajali A., Al-Zaben R., Rahaymeh J., Sudnitsyn A.S. A new technique of hindfoot reconstruction in chronic calcaneal osteomyelitis using the Ilizarov apparatus - a case series. *J Pak Med Assoc.* 2022 Feb;72(2):342-345. doi: 10.47391/JPA.707. PMID: 35320189.
14. Способ лечения дефекта заднего отдела стопы при отсутствии пяточной кости : пат. 2128960 Рос. Федерация. № 95114153/14; заявл. 09.08.95; опубл. 20.04.99, 7 с. [Shevtsov V.I. Sposob lechenija defekta zadnego otdela stopy pri otsutstvii pjatochnoj kosti [Method for treating posterior foot region defect in cases of calcaneus bone lack]. Patent RF, no 2128960, 1999. (in Russ.)].
15. Шевцов В.И., Исмаилов Г.Р. Чрескостный остеосинтез в хирургии стопы. М.: Медицина, 2008. 170 с. [Shevtsov V.I., Ismajlov G.R. Chreskostnyj osteosintez v hirurgii stopy [Transosseous osteosynthesis in foot surgery]. Moscow, Medicina Publ., 2008. 170 p. (in Russ.)].
16. Способ реконструкции заднего отдела стопы при утрате пяточной кости : пат. 2488360 Рос. Федерация. № 2012119726/14; заявл. 15.05.2012; опубл. 27.07.2013, Бюл. №21. 9 с. [Koryshkov N.A., Platonov S.M. Sposob rekonstrukcii zadnego otdela stopy pri utrate pjatochnoj kosti [Method of back part of foot reconstruction in case of calcaneum loss]. Patent RF, no 2488360, 2013. (in Russ.)].
17. Wang J., Yu X., Zheng K., Xu M. Limb salvage surgery for calcaneal chondrosarcoma: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2022 Dec 23;101(51):e31578. doi: 10.1097/MD.00000000000031578. PMID: 36595783; PMCID: PMC9794288.
18. Elmarsafi T, Oliver NG, Steinberg JS, Evans KK, Attinger CE, Kim PJ. Long-Term Outcomes of Permanent Cement Spacers in the Infected Foot. *J Foot Ankle Surg.* 2017 Mar-Apr;56(2):287-290. doi: 10.1053/j.jfas.2016.10.022. Epub 2017 Jan 6. PMID: 28089125.
19. Способ лечения остеомиелита пяточной кости на основе липофиброзного аутоотрансплантата : пат. 2791972 Рос. Федерация. № 2022112539; заявл. 05.05.2022; опубл. 15.03.2023, Бюл. №36. 9 с. [Pakhomov I.A., Prokhorenko V.M., Sadovoj M.A. Sposob lechenija osteomielita pjatochnoj kosti na osnove lipofibroznogo autotransplantata [Method of treating heel bone osteomyelitis]. Patent RF, no 2791972, 2023. (in Russ.)].
20. Hindiskere S., Bhattacharjee S., Doddarangappa S., Chinder P.S. Calcaneal Reconstruction by Proximal Tibia Allograft Following Total Calcanectomy. *Indian J Surg Oncol.* 2020 Sep;11(Suppl 1):48-51. doi:

10.1007/s13193-019-01027-z. Epub 2019 Dec 26. PMID: 33088129; PMCID: PMC7534780.

21. Degeorge B., Dagneaux L., Forget D., Gaillard F., Canovas F. Delayed Reconstruction by Total Calcaneal Allograft following Calcanectomy: Is It an Option? *Case Rep Orthop.* 2016;2016:4012180. doi: 10.1155/2016/4012180. Epub 2016 Nov 20. PMID: 27990308; PMCID: PMC5136402.

22. Hsu C.C., Loh C.Y.Y., Lin C.H., Lin Y.T., Lin C.H., Wong J. The medial femoral condyle flap to re-vitalise the femoral head for calcaneal reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2017 Jul;70(7):974-976. doi: 10.1016/j.bjps.2017.03.003. Epub 2017 Mar 21. PMID: 28359727.

23. Li J., Wang Z., Guo Z., Yang M., Chen G., Pei G. Composite biological reconstruction following total calcanectomy of primary calcaneal tumors. *J Surg Oncol.* 2012 Jun 1;105(7):673-8. doi: 10.1002/jso.23022. Epub 2011 Dec 27. PMID: 22213188.

24. Hamrouni N., Højvig J.H., Petersen M.M., Hettwer W., Jensen L.T., Bonde C.T. Total calcaneal reconstruction using a massive bone allograft and a distally pedicled osteocutaneous fibula flap: A novel technique to prevent amputation after calcaneal malignancy. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2023 Jan; 76:44-48. doi: 10.1016/j.bjps.2022.10.039. Epub 2022 Oct 19. PMID: 36516510.

25. Brenner, Peter; Zwipp, Hans; Rammelt, Stefan (2000). Vascularized Double Barrel Ribs Combined with Free Serratus Anterior Muscle Transfer for Homologous Restoration of the Hindfoot after Calcanectomy. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, 49(2), 331–335. doi:10.1097/00005373-200008000-00023

26. Li J., Wang Z. Surgical treatment of malignant tumors of the calcaneus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014 Jan-Feb;104(1):71-6. doi: 10.7547/0003-0538-104.1.71. PMID: 24504580.

27. Mei J., Wu S., Yang Z., Lui K.W., Ye W., Tang M. Functional total heel reconstruction with a fibular osteomyocutaneous flap. *J Reconstr Microsurg.* 2010 Aug;26(6):367-73. doi: 10.1055/s-0030-1249322. Epub 2010 Feb 24. Erratum in: *J Reconstr Microsurg.* 2010 Sep;26(7):493. Mei, Jin [added]; Tang, Maolin [added]. PMID: 20183786.

28. Li J., Guo Z., Pei G.X., Wang Z., Chen G.J., Wu Z.G. Limb salvage surgery for calcaneal malignancy. *J Surg Oncol.* 2010 Jul 1;102(1):48-53. doi: 10.1002/jso.21564. PMID: 20578078.

29. Kurvin L.A., Volkering C., Kessler S.B. Calcaneus replacement after total calcanectomy via vascularized pelvis bone. *Foot Ankle Surg.* 2008;14(4):221-4. doi: 10.1016/j.fas.2008.03.004. Epub 2008 Jun 9. PMID: 19083646.

30. Scoccianti G., Campanacci D.A., Innocenti M., Beltrami G., Capanna R. Total calcanectomy and reconstruction with vascularized iliac bone graft for osteoblastoma: a report of two cases. *Foot Ankle Int.* 2009 Jul;30(7):716-20. doi: 10.3113/FAI.2009.0716. PMID: 19589324.

31. Innocenti M., Lucattelli E., Daolio P.A., Bastoni S., Marini E., Scoccianti G., Menichini G. Calcaneal reconstruction after total calcanectomy with iliac crest free flap. *Microsurgery.* 2019 Nov;39(8):704-709. doi: 10.1002/micr.30452. Epub 2019 Mar 22. PMID: 30901110.

32. Rosli M.A., Wan Ismail W.F., Wan Sulaiman W.A., Mat Zin N.A., Abdul Halim S., Mat Johar F., Mat Saad A.Z., Halim A.S. Calcaneal Reconstruction With Free Deep Circumflex Iliac Artery Osseocutaneous Flap Following Aggressive Benign Bone Tumor Resection. *Foot Ankle Int.* 2021 Dec;42(12):1570-1578. doi: 10.1177/10711007211025280. Epub 2021 Jul 21. PMID: 34286617.

33. Peek A., Giessler G.A. Functional total and subtotal heel reconstruction with free composite osteofasciocutaneous groin flaps of

the deep circumflex iliac vessels. *Ann Plast Surg.* 2006 Jun;56(6):628-34. doi: 10.1097/01.sap.0000205768.96705.1e. PMID: 16721075.

34. Цыбуль Е.С., Родоманова Л.А., Микрохирургическая реконструкция пяточной кости при тотальных и субтотальных дефектах. *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* 2018;1:108-109 [Tsybul E.S., Rodomanova L.A., Microsurgical reconstruction of the calcaneus in cases of total and subtotal defects. *Annals of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery.* 2018;1:108-109].

35. Chou L.B., Malawer M.M., Kollender Y., Wellborn C.C. Prosthetic replacement for intramedullary calcaneal osteosarcoma: a case report. *Foot Ankle Int.* 1998 Jun;19(6):411-5. doi: 10.1177/107110079801900612. PMID: 9677086.L.B. Chou, M.M. Malawer, Osteosarcoma of the calcaneus treated with prosthetic replacement with twelve years of followup: a case report, *Foot Ankle Int.* 28 (2007) 841–844.

36. Базлов В.А., Пронских А.А., Корыткин А.А., Мамуладзе Т.З., Ефименко М.В., Павлов В.В., Изучение биологической фиксации индивидуальных имплантатов при замещении посттравматических деформаций и дефектов вертлужной впадины. *Гений ортопедии.* 2023;29(6):609-614. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-6-609-614 [Bazlov V.A., Pronskikh A.A., Korytkin A.A., Mamuladze T.Z., Efimenko M.V., Pavlov V.V., Biological fixation of customized implants for post-traumatic acetabular deformities and defects. *Genij Ortopedii.* 2023;29(6):609-614. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-6-609-614].

37. Килина П.Н., Морозов Е.А., Ханов А.М., Создание имплантатов с ячеистой структурой методом селективного лазерного спекания. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2015;2(4):779-781 [Kilina P.N., Morozov E.A., Khanov A.M. Cellular structure implants creation by selective laser sintering. «Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 2015;2(4):779-781].

38. Imanishi J., Choong P.F. Three-dimensional printed calcaneal prosthesis following total calcanectomy. *Int J Surg Case Rep.* 2015;10:83-7. doi: 10.1016/j.ijscr.2015.02.037. Epub 2015 Mar 10. PMID: 25827294; PMCID: PMC4429954.

39. Park J.W., Kang H.G., Lim K.M., Kim J.H., Kim H.S. Three-Dimensionally Printed Personalized Implant Design and Reconstructive Surgery for a Bone Tumor of the Calcaneus: A Case Report. *JBJS Case Connect.* 2018 Apr-Jun;8(2):e25. doi: 10.2106/JBJS.CC.17.00212. PMID: 29697440.

40. D'Arienzo A., Ipponi E., Ferrari E., Campo F.R., Capanna R., Andreani L. Hemicalcaneal reconstruction with a 3D printed custom-made prosthesis after partial calcanectomy due to a malignant bone tumor. *Acta Biomed.* 2023 Feb 13;94(S1):e2023012. doi: 10.23750/abm.v94iS1.13846. PMID: 36779939.

41. Papagelopoulos P.J., Megaloikonomos P.D., Korkolopoulou P., Vottis C.T., Kontogeorgakos V.A., Savvidou O.D. Total Calcaneus Resection and Reconstruction Using a 3-dimensional Printed Implant. *Orthopedics.* 2019 Mar 1;42(2):e282-e287. doi: 10.3928/01477447-20190125-07. Epub 2019 Feb 1. PMID: 30707234.

42. Эндопротез пяточной кости : пат. 2515391 Рос. Федерация. № 2013104060/14 ; заявл. 30.01.2013 ; опубл. 10.05.2014, Бюл. №13. 11 с. [Kopysova V.A., Lyzhin S.A., Kuzmichev B.G., Khlestunov V.N., Takhchukhov Kh.M., Grishaev S.V., Agafonov N.E., Perunov V.A. Jendoprotez pjatochnoj kosti [Calcaneal implant]. Patent RF, no 2515391, 2014. (in Russ.)].

43. Masquelet A.C., Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am.* 2010 Jan;41(1):27-37; table of contents. doi: 10.1016/j.ocl.2009.07.011. PMID: 19931050.

Авторы

Оснач Станислав Александрович, врач травматолог-ортопед, Центр хирургии стопы и диабетической стопы, ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд д.4, Москва, 115446, Россия, e-mail: stas-osnach@yandex.ru.

Оболенский Владимир Николаевич, к.м.н., врач хирург и травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В.П. Демикова Департамента здравоохранения города Москвы», филиал №1, ул. Велозаводская, д. 1/1, Москва, 115280, Россия; ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова Минздрава России, ул. Островитянова, д. 1 стр. 6, Москва, 117513, Россия, e-mail: gkb13@mail.ru.

Прощо Виктор Геннадьевич, д.м.н., врач травматолог-ортопед, руководитель Центра хирургии стопы ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд д.4, Москва, 115446, Россия; ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов, Миклухо-Маклая ул., д. 6, Москва, 117198, Россия, e-mail: 89035586679@mail.ru.

Тамоев Саргон Константинович, к.м.н., врач травматолог-ортопед, заведующий отделением ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд д.4, Москва, 115446, Россия, e-mail: sargonik@mail.ru.

Мазалов Алексей Витальевич, врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд д.4, Москва, 115446, Россия, e-mail: amazalov@inbox.ru.

Кузнецов Василий Викторович, к.м.н., врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд д.4, Москва, 115446, Россия, e-mail: vkuznecovniito@gmail.com.

Качесов Антон Владимирович, к.м.н., врач-травматолог-ортопед университетской клиники ФГБОУ ВО Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, Нижний Новгород, 603000, Россия, e-mail: kachesov-av@yandex.ru.

Рыбинская Анастасия Леонидовна, врач-травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд д.4, Москва, 115446, Россия; ФГКУ «Клинико-диагностический центр генерального штаба вооружённых сил Российской Федерации», филиал №2, Колымажный переулок, д.7, стр.4, Москва, 119019, Россия, e-mail: arybinskay@mail.ru.

Сулейманов Артур Русланович, ординатор кафедры травматологии и ортопедии медицинского факультета ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов, Миклухо-Маклая ул., д. 6, Москва, 117198, Россия, e-mail: suleymanov_a_r@mail.ru.

Задорожний Денис Константинович, инженер-конструктор, ООО «ТИОС», ул. Новаторов, 6, Москва, 119421, Россия, e-mail: dzlobner@gmail.com, denis1996@inbox.ru.

Автор, ответственный за переписку: Станислав Александрович Оснач, stas-osnach@yandex.ru

Authors

Osnach Stanislav A., orthopaedic traumatologist, Foot Surgery and Orthopaedic Foot Surgery Centre, S.S. Yudin City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, Kolomenskiy proezd 4, Moscow, 115446, Russia, e-mail stas-osnach@yandex.ru.

Obolenskiy Vladimir N., candidate of medical science, surgeon and orthopaedic traumatologist, Head of Septic Surgery Department of First Branch City Clinical Hospital V.P. Demikhov Department of Health of the city of Moscow, Velozavodskaya str. 1/1, Moscow, 117513, Russia; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russia, Ostrovityanova str. 1/6, Moscow, 117997, Russia, e-mail: gkb13@mail.ru.

Protsko Victor G., Doctor of Medical Sciences, orthopaedic traumatologist, Head of Foot Surgery Department of S. S. Yudin City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, Moscow, Kolomenskiy proezd 4, Moscow, 115446, Russia; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education RUDN University The Ministry of Education and Science of Russia, Miklukho-Maklay str. 6, Moscow, 117198, Russia, e-mail: 89035586679@mail.ru.

Tamoev Sargon K., candidate of medical science, orthopaedic traumatologist, Head of the Department of S. S. Yudin City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, Moscow, Kolomenskiy proezd 4, Moscow, 115446, Russia, e-mail: sargonik@mail.ru.

Mazalov Alexey V., orthopaedic traumatologist, Foot Surgery and Orthopaedic Foot Surgery Centre, S.S. Yudin City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, Kolomenskiy proezd 4, Moscow, 115446, Russia, e-mail: amazalov@inbox.ru.

Kuznetsov Vasilii V., candidate of medical science, orthopaedic traumatologist, Foot Surgery and Orthopaedic Foot Surgery Centre, S.S. Yudin City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, Moscow, Kolomenskiy proezd 4, Moscow, 115446, Russia, e-mail: vkuznecovniito@gmail.com

Kachesov Anton V., candidate of medical science, orthopaedic traumatologist of the University Clinic FSBEI HE Privolzhsky Research Medical University MOH Russia, Minin and Pozharsky square, 10/1, Nizhny Novgorod, 603000, Russia, e-mail: kachesov-av@yandex.ru.

Rybinskaya Anastasia L., orthopaedic traumatologist, S.S. Yudin City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, Moscow, Kolomenskiy proezd 4, Moscow, 115446, Russia; Second Branch Clinical and Diagnostic Center of the GS of the RF Armed Forces, Kolymazhny lane, 7/4, Moscow, 119019, Russia, e-mail: arybinskay@mail.ru

Suleymanov Artur R., Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Medical Faculty of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education RUDN University The Ministry of Education and Science of Russia, Miklukho-Maklay str. 6, Moscow, 117198, Russia, suleymanov_a_r@mail.ru

Zadorozniy Denis K., design engineer, LLC "TIOS", Novatorov str., 6, Moscow, 119421, Russia, e-mail: dzlobner@gmail.com, denis1996@inbox.ru.

Corresponding author: Stanislav A. Osnach, stas-osnach@yandex.ru

УДК 617.3

© Срогинис П.В., Ефимов Н.Н., Черкасов М.А., Гончаров М.Ю., 2025

Оригинальная статья / Original article



РЕЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПО ПОВОДУ РЕЦИДИВИРУЮЩИХ ВЫВИХОВ И РАЗОБЩЕНИЙ АЦЕТАБУЛЯРНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ЕЁ ИЗНАЧАЛЬНО ВЫСОКОМ РАСПОЛОЖЕНИИ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

П.В. СРОГИНИС, Н.Н. ЕФИМОВ, М.А. ЧЕРКАСОВ, М.Ю. ГОНЧАРОВ*ФГБУ национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, Минздрава России, 195427, Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация

Введение. Эндопротезирование по поводу коксартроза на фоне более тяжелых вариантов дисплазии является сложным вариантом первичного эндопротезирования тазобедренного сустава с повышенным риском различных осложнений, в том числе вывиха головки эндопротеза. При этом возможны различные варианты позиционирования центра ротации.

Цель исследования. Продемонстрировать ряд тактических и технических сложностей ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении ацетабулярной системы.

Клинический случай. Представлена история лечения пациентки, которой при дисплазии с высоким вывихом было выполнено первичное эндопротезирование тазобедренного сустава с установкой антипротрузионного кейджа с большим краниально-латеральным смещением относительно истинной впадины. У пациентки развилась рецидивирующая нестабильность сустава, и дважды происходило разобщение ацетабулярной конструкции после цементирования чашки двойной мобильности в сохраняемый хорошо фиксированный кейдж.

Заключение. Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава с краниально-латеральным смещением центра ротации сустава может иметь ряд преимуществ в плане снижения травматичности вмешательства, но в случае неудачи приводит к большим сложностям при ревизионном эндопротезировании.

Ключевые слова: высокий вывих бедра; ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава; смещение центра ротации; двойная мобильность; разобщение.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Для цитирования: Срогинис П.В., Ефимов Н.Н., Черкасов М.А., Гончаров М.Ю., Реэндопротезирование тазобедренного сустава по поводу рецидивирующих вывихов и разобщений ацетабулярной конструкции при её изначально высоком расположении: клиническое наблюдение // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 40–48.

Этическая экспертиза. Пациентка подписала добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дала согласие на обработку и публикацию клинического материала. Исследование одобрено этическим комитетом.

REVISION TOTAL HIP ARTHROPLASTY FOR INSTABILITY AND RECURRENT DISSOCIATION OF THE ACETABULAR CONSTRUCT AFTER IT'S INITIAL PLACEMENT AT THE HIGH HIP CENTER: A CASE REPORT

POLINA V. SROGINIS, NIKOLAI N. EFIMOV, MAGOMED AH. CHERKASOV, MAXIM YU. GONCHAROV*Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 195427, Sankt-Petersburg, Russia*

Abstract

Introduction: Total hip arthroplasty for osteoarthritis secondary to more severe types of developmental dysplasia is a complex procedure, associated with an increased risk of failure, including instability. Different positions of the center of rotation have been described.

Purpose: To demonstrate tactical and technical challenges of revision hip arthroplasty after initial high placement of the acetabular component.

Case report: A patient underwent primary hip arthroplasty for dysplasia with a high dislocation, an antiprotusio cage was placed at the high hip center. Recurrent instability was encountered, and then two revisions with cementation of a dual mobility cup into a retained well-fixed cage resulted in dissociation of the construct.

Conclusion: Proximal and lateral placement of the acetabular component may have an advantage of reducing perioperative morbidity, but if it fails, the following revision is associated with additional difficulties.

Keywords: high hip dislocation; high hip center; revision hip arthroplasty; dual mobility; disassociation.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Sroginis P.V., Efimov N.N., Cherkasov M.A., Goncharov M.Y., Revision total hip arthroplasty for instability and recurrent dissociation of the acetabular construct after its initial placement at the high hip center: a case report // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 40–48.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.40-48

Введение

Коксартроз в результате дисплазии является достаточно частым показанием к плановому первичному эндопротезированию (ЭП) тазобедренного сустава, и существуют эндемичные регионы с повышенной частотой данной патологии [1, 2]. Специфичные изменения вертлужной впадины при дисплазии могут допускать различные варианты реконструкции, и в ряде случаев может быть целесообразна установка вертлужного компонента (ВК) с краниальным смещением относительно позиции истинной впадины [3, 4, 5]. Полный вывих головки бедренной кости, как наиболее сложный тип диспластических изменений тазобедренного сустава, у взрослых встречается достаточно редко. Исследования, посвященные ЭП на фоне подобных изменений редко включают группы более 100 пациентов; в основном – не более 30 [6]. Эти операции сопряжены с рядом тактических и технических сложностей, что приводит к достаточно высокой частоте осложнений, в том числе вывихов головки эндопротеза [6]. С аналогичными сложностями приходится встречаться при ревизиях по поводу неудачных исходов артропластики, выполненной без анатомичного восстановления центра ротации [7].

В свою очередь вывихи головки эндопротеза занимают одно из лидирующих мест в структуре показаний к ревизиям и ре-ревизиям [8]. Особую ценность для лечения и профилактики вывихов при ревизиях представляют системы двойной мобильности [9], которые в том числе можно устанавливать внутрь хорошо фиксированного ВК. Данная методика имеет ряд нюансов и биомеханически обоснованных требований [10], хотя несостоятельность цементной фиксации в клинической практике обычно не встречается [11, 12, 13].

Описание клинического наблюдения

У пациентки 1966 года рождения имелся врожденный двусторонний вывих бедренных костей. Диагноз был установлен только в возрасте 6 лет. В этом возрасте пациентке проводилось скелетное вытяжение в рамках подготовки к оперативному лечению, которое в итоге не было выполнено по неортопедическим причинам, а в дальнейшем родители от операции отказались. Пациентка начала предъявлять жалобы на дискомфорт и значимые боли в области правого тазобедренного

сустава с возраста 25 лет (после родов). В 2008 году (в возрасте 42 лет) по поводу диспластического артроза с высоким вывихом (IV степень по Crowe, тип С по Hartofilakidis) в другой клинике было выполнено ЭП правого тазобедренного сустава. Операция была проведена без укорачивающей остеотомии бедра и без восстановления анатомического центра ротации. Ацетабулярная конструкция была установлена в зону позиции головки бедренной кости (вероятно, в ложную впадину, если таковая была сформирована). Краниальное смещение центра ротации относительно линии, соединяющей «фигуры слезы» составило порядка 68 мм; относительно расчетного центра вертлужной впадины по Ranawat [14] – 50 мм. Латеральное смещение от верхушки «фигуры слезы» составило примерно 52 мм, относительно расчетного центра – 29 мм. Был установлен антипротрузионный кейдж Burch-Schneider с большим количеством фиксирующих винтов и заполнением зон неполного контакта с ложем костным цементом. Вовнутрь кейджа была имплантирована чашка цементной фиксации с внутренним диаметром 28 мм. С бедренной стороны использована коническая ножка Wagner предыдущего поколения. Сразу после операции была отмечена невропатия правого седалищного нерва, которая в дальнейшем разрешилась на фоне консервативного лечения. Далее на 7-е сутки послеоперационного периода произошел вывих головки эндопротеза при падении (пациентка споткнулась из-за невозможности тыльного сгибания стопы); было выполнено открытое вправление вывиха. Через день произошел рецидив вывиха при присаживании на унитаз, выполнено закрытое вправление. Затем через два дня произошел третий вывих, после чего была выполнена ревизия. В документах объем вмешательства был описан как открытое вправление с фиксацией «козырьком», вероятно, имелась ввиду аугментация края полиэтиленовой чашки. После вмешательства также проводилась гипсовая иммобилизация тазобедренного сустава. Стабильность сустава была восстановлена и пациентка продолжительное время ходила без дополнительной опоры, вела привычный образ жизни без значимых жалоб со стороны сустава.

Далее через 7 лет после первых операций без явной травмы или провоцирующего движения у пациентки вновь произошел рецидив вывиха, попытки закрытого вправления не прово-

дились, была дана рекомендация о выполнении реэндопротезирования. В возрасте 50 лет пациентка поступила в нашу клинику, к этому моменту вывих существовал около года (рис. 1), пациентка ходила с помощью костылей.



Рисунок 1. Рентгенограммы правого тазобедренного сустава от 2016 года, перед первой ревизией в нашей клинике

Индекс массы тела составлял 28 кг/м². КТ на тот момент не выполнялась. После рутинного дообследования в марте 2016 г. была выполнена ревизия с сохранением хорошо фиксированных бедренного компонента и антипротрузионного кейджа. Из кейджа была удалена полиэтиленовая чашка (которая находилась в позиции ретроверсии) и на её место имплантирован моноблочный ВК двойной мобильности цементной фиксации (Novae Stick, Serf) внешнего диаметра 47 мм и с диаметром малой пары трения 28 мм (рис. 2). Ранний послеоперационный период протекал без особенностей.



Рисунок 2. Рентгенограмма правого тазобедренного сустава после первой ревизии с установкой системы двойной мобильности в 2016 году

Далее в августе 2017 года (через 17 месяцев после ревизии) пациентка без явной травмы или высокоамплитудного движения услышала хруст в области сустава, нижняя конечность укоротилась и потеряла опороспособность. На контрольных снимках было выявлено разобщение кейджа и чашки двойной мобильности с вывихом головки (рис. 3).



А
Б
Рисунок 3. Рентгенограмма правого тазобедренного сустава в двух проекциях (а) и таза в прямой проекции (б) от 2019 года после первого разобщения ацетабулярной конструкции

В рамках дообследования была выполнена КТ сустава без захвата таза и бедра на протяжении, по результатам которой полная оценка взаимопозиционирования компонентов не проводилась, но отмечена значимая ретроверсия кейджа. В июне 2019 года (с задержкой по парамедицинским причинам) выполнена очередная ревизия, в ходе которой был удален хорошо фиксированный бедренный компонент и заменен на компонент аналогичного профиля с увеличением версии (из соображений увеличения комбинированной версии компонентов). Внутри кейджа был установлен моноблочный компонент двойной мобильности цементной фиксации другой модели (Polarcup, Smith&Nephew) аналогичного внешнего и внутреннего диаметра (рис. 4). Также была предпринята попытка аугментации цементом заднего края кейджа, относительно которого имплантированная чашка выстояла.



Рисунок 4. Рентгенограмма таза в прямой проекции от 2019 года после ре-ревизии с заменой бедренного компонента и повторным цементированием чашки двойной мобильности

В 2021 году через 27 месяцев после ре-ревизии вновь без явной травмы или высокоамплитудного движения произошло разобщение ацетабулярной системы, в этот раз произошло разобщение как в интерфейсе чашка – цементная мантия, так и в интерфейсе цементная мантия – кейдж (рис. 5).



Рисунок 5. Рентгенограмма правого тазобедренного сустава от 2024 года после повторного разобщения ацетабулярной конструкции

Для определения дальнейшей тактики пациентке помимо рутинных исследований выполнена КТ таза и бедра на протяжении. При оценке ротационного профиля компонентов было выявлено, что недавно установленная ножка находилась в позиции антеверсии 24° , но кейдж был изначально установлен с ретроверсией порядка 16° – даже без учёта его асимметричного дизайна с усеченным передним краем (рис. 6).

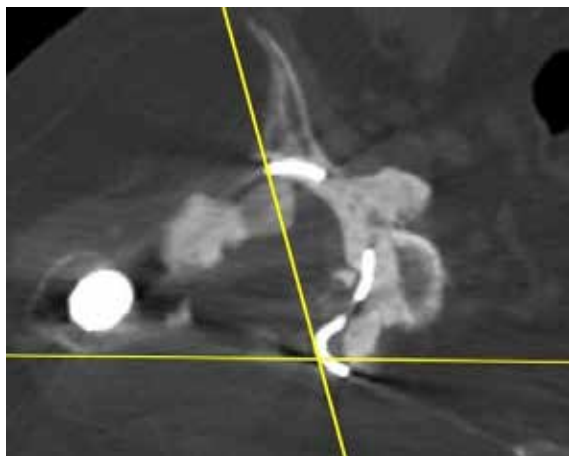


Рисунок 6. Аксиальный срез КТ таза. Горизонтальная линия соответствует плоскости проведенной по передним краям крестцовоподвздошных сочленений

Было выполнено сегментирование изображения КТ и построение 3D-модели, в частности из соображений возможной необходимости замены кейджа на индивидуально изготовленный ВК. Однако, после оценки пространственного взаимоотношения кейджа и истинной впадины на 3D-модели было принято решение об имплантации чашки в анатомическую позицию (рис. 6).

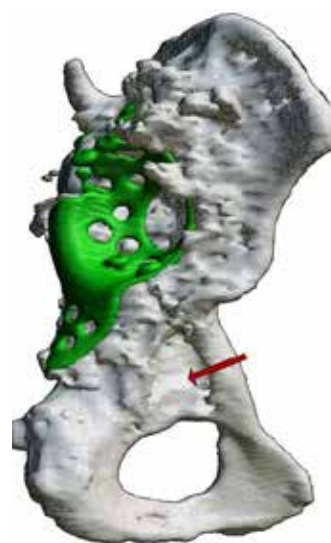


Рисунок 7. 3D-модель правой половины таза. Зелёным цветом выделен кейдж Burch-Schneider. Стрелкой показана недоразвитая истинная вертлужная впадина в виде «вигвама»

Пациентка ожидала ревизию до 2024 г., так как была выявлена и санирована глубокая инфекция области контралатерального тазобедренного сустава. В это время она ходила с помощью костылей с минимальной нагрузкой на правую нижнюю конечность.

Последняя на данный момент операция на правом тазобедренном суставе выполнена в июле 2024 года. Доступ был выполнен с остеотомией большого вертела бедренной кости, удалён хорошо фиксированный бедренный компонент, укорочена проксимальная часть диафиза. Далее была выделена истинная впадина, разработана до диаметра 44 мм. Ввиду нарушения плотности костной ткани и ограничения зон, доступных для проведения винтов, была использована ревизионная бесцементная чашка без запирающего механизма (Tuberlock, LOGEEKS MS) с дополнительным фланцем сверху для проведения винтов вне полусферы. Достигнута стабильная первичная фиксация с использованием 5 винтов (3 в полусфере, 2 во фланце). При выполнении ацетабулярной реконструкции не произошел контакт вновь установленных имплантатов со «старыми», ввиду этого удаление конструкций, установленных при первичном эндопротезировании, не проводилось для избежания дополнительной травматизации и излишних релизов мягких тканей; были удалены только свободно лежащие в мягких тканях чашка двойной мобильности и её цементная мантия. Внутрь чашки с помощью цементной техники фиксирован вкладыш для компонента Trilogy IT, Zimmer, 44 мм из поперечносвязанного полиэтилена с внутренним диаметром 28 мм и антилюксационным козырьком 20° (после формирования на наружной поверхности вкладыша борозд для фиксации цементной мантии) (рис. 8). Дистальное смещение центра ротации составило порядка 62 мм.

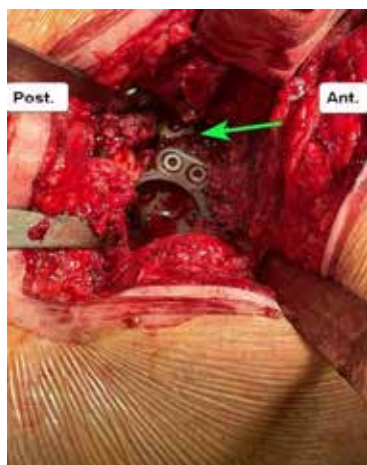


Рисунок 8. Интраоперационная фотография после имплантации ревизионной чашки малого диаметра в истинную впадину под изначально установленным кейджем. Стрелкой отмечен нижний фланец кейджа, удаление которого не потребовалось ввиду отсутствия контакта

С бедренной стороны вновь была использована коническая ножка Wagner с более глубокой посадкой после укорачивающей остеотомии. Фрагмент большого вертела был мобилизован, низведён и фиксирован к диафизу с зоной контакта порядка 2,5 см посредством вертельной пластины. Таким образом, доступ и последующие манипуляции с бедренной костью выполнялись по аналогии с эндопротезированием по T. Paavilainen [15, 16] (рис. 9).



Рисунок 9. Рентгенограмма правого тазобедренного сустава от июня 2024 года после последней на данный момент ре-ревизии с выполнением укорачивающей остеотомии бедра и установки чашки в область истинной впадины

Отводящий аппарат бедра имел признаки значимого рубцового и жирового перерождения, но не имел дефектов в зоне фиксации к большому вертелу. Длительность вмешательства составила 120 минут, интраоперационная кровопотеря – 400 мл. Ранний послеоперационный период прошёл без особенностей, пациентка была вертикализована на следующий день после вмешательства. Больной были

даны рекомендации по дозированию осевой нагрузки на нижнюю конечность до порядка 15 % веса тела на 3 месяца и по ограничению «опасных» движений в суставе. В сентябре, затем в октябре 2024 г. (через 2 и 3 месяца после вмешательства) у пациентки произошли вывихи головки эндопротеза при присаживании. Вывихи были вправлены закрыто, иммобилизация не проводилась. В дальнейшем осложнения не наблюдались. На срок 8 месяцев после вмешательства (5 месяцев после вывиха) пациентка не испытывала боли со стороны правого тазобедренного сустава, ходила с полной нагрузкой весом тела на конечность с использованием трости и костыля для баланса (в том числе из-за ограничений со стороны контралатерального сустава)(рис. 10).



Рисунок 10. Топограмма КТ таза через 8 месяцев после операции

Параллельно с описанным лечением правого тазобедренного сустава пациентка также перенесла 4 вмешательства на левом тазобедренном суставе. В 2009 году по поводу дисплазии также с полным вывихом было выполнено первичное эндопротезирование с установкой чашки малого диаметра в зону истинной впадины с дополнительной пластикой крыши структурным трансплантатом и с укорачивающей остеотомией бедра по типу слайд-остеотомии большого вертела. В раннем периоде развилась глубокая инфекция, и была выполнена санация с сохранением компонентов. Далее в 2018 году (после первого разобщения ацетабулярной конструкции справа) произошёл вывих головки эндопротеза, и была выполнена модульная ревизия с рефиксацией большого вертела (рис. 4). Наконец в 2023 г. (после второго разобщения ацетабулярной конструкции справа) был диагностирован рецидив глубокой инфекции, и была выполнена ревизия с одномоментной заменой компонентов (рис. 5).

Обсуждение

ЭП на фоне более тяжелых вариантов дисплазии является сложным аспектом хирургии тазобедренного сустава. С точки зрения биомеханики целесообразно избегать краниального и особенно латерального смещения центра ротации сустава [17, 18], но ввиду нарушений анатомии недоразвитой вертлужной впадины такая задача сопряжена с техническими трудностями в плане достижения надёжной фиксации ВК и последующего удлинения бедра. Одним из «простых» вариантов решения данных проблем является установка ВК

выше анатомической позиции. В последнее годы достаточно активно обсуждается вопрос возможности краниального смещения центра ротации с уменьшением травматичности вмешательства и без повышения риска осложнений и неудовлетворительных функциональных результатов [3, 4, 5]. Однако, во-первых, о наличии высокого положения центра ротации можно говорить при краниальном смещении на 30 мм и более относительно линии, соединяющей «фигуры слезы» или на 15 мм относительно расчётного центра [5], тогда как в описанном случае данные показатели были превышены более, чем в 2 раза. Во-вторых, данная методика в основном рассматривается при дисплазии со значимой деформацией впадины, но без полного вывиха бедра, то есть тип В по Hartofilakidis, степени II-III Crowe [19, 5], когда впадина имеет условно овальную форму, и с верхне-латеральной стороны от истинной впадины обычно находится массив костной ткани, способный обеспечить большее покрытие ВК.

В свою очередь при дисплазии с полным вывихом головки (Crowe IV, Hartofilakidis C) бывает возможно небольшое краниальное смещение центра ротации в случаях, когда имеется хорошо сформированная ложная впадина (Hartofilakidis C1) – при таком морфологическом варианте истинная и ложная впадины могут быть разделены выраженным надацетабулярным остеофитом [7]. В других же случаях непосредственно сверху от истинной впадины отсутствует более подходящий для фиксации ВК массив костной ткани, и нет оправданного «промежуточного» положения, то есть ацетабулярная конструкция может быть установлена либо в истинную впадину, либо за её пределами (в частности, в ложную впадину при её наличии). Установка ВК в недоразвитую истинную впадину осложняется нарушенной плотностью костной ткани, неравномерным распределением массива кости в передне-заднем направлении и малым размером используемых компонентов с ограничениями по доступным диаметрам пар трения и зонам проведения винтов, а также сложностями с удлинением конечности. По этой причине в литературе есть сообщения об артропластике со значимым краниальным и латеральным смещением центра ротации в том числе при дисплазии с полным вывихом [20, 21]. Тем не менее реконструкция анатомического центра ротации (с укорачивающей остеотомией бедра при необходимости) у данной категории пациентов следует считать общепринятой тактикой [22, 23, 24, 25, 26, 27, 6].

Что касается выбора ацетабулярной системы, в литературе описано использование опорных/антипротрузионных имплантатов при дисплазии в комбинации с пластикой дефекта крыши вертлужной впадины структурным костным трансплантатом. Может быть использовано кольцо Müller [28], но чаще упоминаются системы с крючком для фиксации за вырезку вертлужной впадины: крестовидная пластина Kerboul [29] и кольцо Ganz [30]. В свою очередь антипротрузионный кейдж Burch-Schneider в условиях первичного ЭП используется редко, хотя может быть полезен в ряде ситуаций, например, при ЭП по поводу остеопоротического перелома вертлужной впадины

[31]. Основная область применения данного имплантата — ревизионная артропластика, при этом частота механических осложнений в долгосрочной перспективе достаточно высока [32], поскольку кейдж не предусматривает возможности остеоинтеграции и уязвим к циклическим нагрузкам при отсутствии опоры со стороны дна впадины.

В описанном наблюдении выбор подобного имплантата был, вероятно, обусловлен желанием достичь более надёжной фиксации за счёт фланцевой системы. При этом, однако, кейдж Burch-Schneider имеет сложную геометрию, рассчитанную на анатомичное строение задней стенки и крыши вертлужной впадины. При установке в столь высокую позицию данная особенность привела к необходимости адаптировать широкий верхний фланец кейджа не к телу, а к крылу подвздошной кости, что неизбежно ориентировало бы конструкцию в положение значимой ретроверсии. Отдельно от вопросов пространственной ориентации стоит отметить, что использование кейджей в комбинации со стандартными парами трения приводит к повышению частоты вывихов [33]. Эта проблема может быть связана с необходимостью дополнительных мягкотканых релизов для установки верхнего фланца и части для опоры на заднюю стенку, и с формированием обширного «мёртвого пространства» вокруг пары трения. Также в описанном случае коллеги имплантировали в кейдж чашку малого внутреннего диаметра (28 мм), вероятнее всего без антилюксационного козырька, что являлось бы фактором риска нестабильности даже при оптимальной комбинированной версии компонентов [34].

Цементирование чашки двойной мобильности вовнутрь хорошо фиксированного ВК для лечения рецидивирующих вывихов является относительно простой опцией с хорошими результатами. В ряде исследований отмечалась высокая частота успеха лечения нестабильности при отсутствии случаев несостоятельности фиксации [11, 12, 13]. При поиске литературы было выявлено только одно сообщение о разобщении в интерфейсе цемент – чашка двойной мобильности, которое произошло после цементирования компонента напрямую во вертлужную впадину при ревизии [35]. Разобщение после цементирования полиэтиленовых вкладышей в сохраняемые компоненты также встречается редко [36]. Также имеются сообщения об успешном использовании систем двойной мобильности в комбинации именно с кейджами [37, 33].

Существуют, однако, технические нюансы методики в плане надёжности фиксации. Для обеспечения максимальной механической прочности при цементировании чашки двойной мобильности вовнутрь ВК большего диаметра рекомендуется формирование равномерной цементной мантии толщиной не менее 2 мм [10]. В представленном случае мантия оба раза формировалась тоньше в угоду использования двойной мобильности с внутренней парой трения 28 мм (у имевшихся на тот момент в клинике моделей данная опция доступна начиная с внешнего диаметра чашки 47 мм). В первую же очередь рецидивирующая несостоятельность цементной фиксации

представляется связанной с другой проблемой. Использование цементной техники с сохранением хорошо фиксированного ВК имеет полезное преимущество в виде возможности частично переориентировать пару трения. При этом по данным экспериментального исследования увеличение версии на 20° и более относительно сохраняемого компонента снижает прочность фиксации [38]. В условиях ретроверсии кейджа цементирование чашки даже с нейтральной версией неизбежно приводило бы к выстоянию её заднего края относительно края кейджа со снижением сопротивления к смещающим усилиям, в частности при манёврах присаживания и вставания. Недопогружение цементируемой конструкции относительно краёв компонента было ранее описано как значимый фактор риска разобщения [39, 36]. Наконец, вопрос пагубного влияния смещения центра ротации при дисплазии на выживаемость эндопротеза обычно рассматривается в плане риска расшатывания чашки [19]; в частности может возрастать риск ревизии по поводу расшатывания при значимом латеральном смещении [1]. В описанном случае фиксация кейджа к подвздошной кости была достаточно прочной, но в системе имелся более слабый интерфейс - кейжд-чашка. Логично предположить, что повышение результирующей силы, прикладываемой к эндопротезу [17] вкупе с наличием ослабленной фиксации цементированных чашек и приводило к разобщению. Любопытно, что оба раза разобщение системы у пациентки происходило не в течение первого года, а в результате продолжительных циклических нагрузок.

Ревизионное эндопротезирование с заменой ВК при изначально высоком положении центра ротации является сложной проблемой, как в плане определения оптимальной позиции нового компонента с учётом дефектов вертлужной впадины и нарушения плотности кости, так и в плане возможной необходимости замены хорошо фиксированного бедренного компонента [1]. В представленном случае опции коррекции были ограничены наличием хорошо фиксированного кейджа, представляющего большие сложности для удаления, и также имеющего нижний фланец в зоне истинной впадины (по данным рутинных рентгенограмм). Более того, у пациентки параллельно развивались осложнения со стороны контралатерального тазобедренного сустава с риском потери опороспособности обеих нижних конечностей. Из этих соображений дважды была выбрана тактика с имплантацией компонента двойной мобильности без изменения позиции центра ротации как наименее травматичное решение, не требующее значимых ограничений в послеоперационном периоде и не сопряжённое с повышенным риском осложнений в раннем послеоперационном периоде.

Отдельно стоит заметить, что «решиться» на реконструкцию с установкой ВК в истинную впадину помогло построение 3D-модели таза. Без данной опции визуализации взаиморасположение новой чашки и старых металлоконструкций было сложно спрогнозировать даже по аксиальным срезам КТ.

Наконец, вывихи головки после последней на данный момент ревизии нельзя назвать неожиданностью. ЭП

на фоне наиболее тяжёлых вариантов дисплазии сопряжено с повышенным риском вывиха в сравнении с вмешательствами на фоне дисплазии меньшей степени [25, 40, 41]. По данным метаанализа средняя частота вывихов после ЭП на фоне дисплазии IV степени по Crowe составила 7,12 % (91 из 1888 включённых случаев) [6]. После ЭП с укорачивающей остеотомией по Raavilainen общая частота вывихов головки составила 5,4 % (3/56) по данным Eskelinen A и соавт. [24] и 3% (10/335) по данным Тихилова Р.М. и соавт. [16]. При установке вертлужного компонента в недоразвитую истинную впадину риск данного осложнения обусловлен в том числе малым диаметром ВК, ограничивающим возможность стабилизировать сустав за счёт увеличения диаметра пары трения – как при собственно первичном ЭП, так и при лечении нестабильности, если она возникает. Есть сообщение об использовании систем двойной мобильности бесцементной фиксации при ЭП на фоне дисплазии с полным вывихом из этих соображений [42].

Иными словами, у пациентки имелся бы повышенный риск вывиха даже если бы первичное ЭП было выполнено по общепринятым методикам. В свою очередь к тому моменту, когда к варианту восстановления центра ротации сустава пришлось возвращаться при неэффективности других опций, у пациентки имелись дополнительные факторы риска в виде нарушения функции отводящего аппарата (в том числе вероятного повреждения его проксимальной зоны фиксации при установке кейджа) и изменения состояния всех периартикулярных мягких тканей после ряда ревизионных операций и периодов неопороспособности конечности с краниальным смещением бедра. К счастью, ранее сообщалось о высокой частоте успешного консервативного лечения нестабильности сустава после ЭП на фоне дисплазии с высоким вывихом [25].

Заключение

Представленное клиническое наблюдение иллюстрирует сложность лечения осложнений, возникающих после выполнения первичного эндопротезирования с высоким расположением ВК и акцентирует внимание на необходимости адекватного восстановления биомеханики сустава.

Список литературы / References:

1. Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Карпучин А.С., Ваграмян А.Г., Демьянова К.А., Шубняков И.И. Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента // Травматология и ортопедия России. - 2020. - Т. 26. - №3. - С. 9-20. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-9-20 Tikhilov R.M., Dzhabadov A.A., Karpukhin A.S., Vahramyan A.G., Demyanova K.A., Shubnyakov I.I. Revision Hip Arthroplasty with Initially High Position of the Acetabular Component: What's Special? // Traumatology and Orthopedics of Russia. - 2020. - Vol. 26. - N. 3. - P. 9-20. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-9-20
2. Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О., Корыткин А.А., Алиев А.Г., Вебер Е.В., Муравьева Ю.В., Середа А.П., Тихилов Р.М. Основные

тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г. // Травматология и ортопедия России. - 2021. - Т. 27. - № 3. - С. 119-142. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142 Shubnyakov I.I., Riahi A., Denisov A.O., Korytkin A.A., Aliev A.G., Veber E.V., Muravyova J.V., Sereda A.P., Tikhilov R.M. The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020 // Traumatology and Orthopedics of Russia. - 2021. - Vol. 27. - N. 3. - P. 119-142. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142

3. Wu C., Shu G., Xie X., Yuan X., Chen S. Meta-analysis of the Efficacy of the Anatomical Center and High Hip Center Techniques in the Treatment of Adult Developmental Dysplasia of the Hip. *Biomed Res Int.* 2022 Aug 30;2022:7256664. doi: 10.1155/2022/7256664

4. Stirling P., Viamont-Guerra M.R., Strom L., Chen A.F., Saffarini M., Nover L., Laude F. Does Cup Position at the High Hip Center or Anatomic Hip Center in THA for Developmental Dysplasia of the Hip Result in Better Harris Hip Scores and Revision Incidence? A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res.* 2021 May 1;479(5):1119-1130. doi: 10.1097/CORR.0000000000001618

5. Mortazavi S.M.J., Hosseini-Monfared P., Atilla B., Bilgen O.F., Gahramanov A., Kreuzer S., Razzaghoof M., Shubnyakov I., Zagra L. Is There a Difference in the Outcome of Total Hip Arthroplasty Performed for Patients Who Have Developmental Dysplasia when the Acetabular Component Is Positioned in the Anatomical Position Versus the High Hip Center? *J Arthroplasty.* 2025 Feb;40(2S1):S145-S147. doi: 10.1016/j.arth.2024.10.074

6. Esmaili S., Ghaseminejad-Raeini A., Ghane G., Soleimani M., Mortazavi S.M.J., Shafiei S.H. Total Hip Arthroplasty in Patients Who Have Crowe Type IV Developmental Dysplasia of the Hip: A Systematic Review. *J Arthroplasty.* 2024 Oct;39(10):2645-2660.e19. doi: 10.1016/j.arth.2024.05.031

7. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Плиев Д.Г., Шубняков М.И., Ваграмян А.Г., Авдеев А.И. Имеется ли клинический смысл в разделении врожденного вывиха бедра у взрослых на типы C1 и C2 по Hartofilakidis? // Травматология и ортопедия России. - 2019. - Т. 25. - №3. - С. 9-24. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-9-24 Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O., Pliev D.G., Shubnyakov M.I., Vahramyan A.G., Avdeev A.I. Is the Any Clinical Importance for Separation Congenitally Dislocated Hip in Adults into Types C1 and C2 by Hartofilakidis? // Traumatology and Orthopedics of Russia. - 2019. - Vol. 25. - N. 3. - P. 9-24. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-9-24

8. Kenney C., Dick S., Lea J., Liu J., Ebraheim N.A. A systematic review of the causes of failure of Revision Total Hip Arthroplasty. *J Orthop.* 2019 May 2;16(5):393-395. doi: 10.1016/j.jor.2019.04.011

9. Donovan R.L., Johnson H., Fernando S., Foxall-Smith M., Whitehouse M.R., Blom A.W., Kunutsor S.K. A Meta-Analysis of the Incidence and Temporal Trends of Postoperative Dislocation in Revision Total Hip Arthroplasty Utilizing Constrained Acetabular Components or Dual Mobility Implants. *J Arthroplasty.* 2023 May;38(5):957-969.e1. doi: 10.1016/j.arth.2022.11.007

10. Wegrzyn J., Thoreson A.R., Guyen O., Lewallen D.G., An K.N. Cementation of a dual-mobility acetabular component into a well-fixed metal shell during revision total hip arthroplasty: a biomechanical validation. *J Orthop Res.* 2013 Jun;31(6):991-7. doi: 10.1002/jor.22314

11. Chalmers B.P., Ledford C.K., Taunton M.J., Sierra R.J., Lewallen D.G., Trousdale R.T. Cementation of a Dual Mobility Construct in Recurrently Dislocating and High Risk Patients Undergoing Revision Total Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018 May;33(5):1501-1506. doi: 10.1016/j.arth.2017.11.055

12. Wegrzyn J., Saugy C.A., Guyen O., Antoniadis A. Cementation of a Dual Mobility Cup Into an Existing Well-Fixed Metal Shell: A Reliable Option to Manage Wear-Related Recurrent Dislocation in Patients With High Surgical Risk. *J Arthroplasty.* 2020 Sep;35(9):2561-2566. doi: 10.1016/j.arth.2020.05.001

13. Chen Z., Bains S.S., Dubin J.A., Sax O.C., Gilson G.A., Jacobstein D.A., Nabet A., Nace J., Delanois R.E. Cementation of a Metal Dual Mobility Liner in Patients Undergoing Revision Total Hip Arthroplasty. *Arthroplast Today.* 2023 Dec 3;24:101270. doi: 10.1016/j.artd.2023.101270

14. Ranawat C.S., Dorr L.D., Inglis A.E. Total hip arthroplasty in protrusio acetabuli of rheumatoid arthritis. *J Joint Surg. Am.* 1980;62(7):1059-1065.

15. Paavilainen T. Total hip replacement for developmental dysplasia of the hip. *Acta Orthop Scand.* 1997 Feb;68(1):77-84. Doi: 10.3109/17453679709003983

16. Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Ziganshin D.R., Zakhmatov N.S., Alekberov R.R., Shubnyakov I.I. Cementless Total Hip Arthroplasty With Paavilainen Femoral Shortening Osteotomy Can Provide Good Results at 10 Years in Patients Who Have Crowe IV Developmental Dysplasia of the Hip. *J Arthroplasty.* 2024 Sep;39(9):2316-2322. doi: 10.1016/j.arth.2024.04.026

17. Doehring T.C., Rubash H.E., Shelley F.J., Schwendeman L.J., Donaldson T.K., Navalgund Y.A. Effect of superior and superolateral relocations of the hip center on hip joint forces. An experimental and analytical analysis. *J Arthroplasty.* 1996 Sep;11(6):693-703. doi: 10.1016/s0883-5403(96)80008-8

18. Bicanic G., Delimar D., Delimar M., Pecina M. Influence of the acetabular cup position on hip load during arthroplasty in hip dysplasia. *Int Orthop.* 2009 Apr;33(2):397-402. doi: 10.1007/s00264-008-0683-z

19. Watts C.D., Martin J.R., Fehring K.A., Griffin W.L. Inferomedial Hip Center Decreases Failure Rates in Cementless Total Hip Arthroplasty for Crowe II and III Hip Dysplasia. *J Arthroplasty.* 2018 Jul;33(7):2177-2181. doi: 10.1016/j.arth.2018.02.039

20. Jasty M., Anderson M.J., Harris W.H. Total hip replacement for developmental dysplasia of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1995 Feb;311(1):40-5.

21. Yang T.C., Chen C.F., Tsai S.W., Chen W.M., Chang M.C. Does restoration of hip center with subtrochanteric osteotomy provide preferable outcome for Crowe type III-IV irreducible development dysplasia of the hip?? *J Chin Med Assoc.* 2017 Dec;80(12):803-807. doi: 10.1016/j.jcma.2017.06.006

22. Dapuzzo M.R., Sierra R.J. Acetabular considerations during total hip arthroplasty for hip dysplasia. *Orthop Clin North Am.* 2012 Jul;43(3):369-75. doi: 10.1016/j.ocl.2012.05.012

23. Xu J., Xu C., Mao Y., Zhang J., Li H., Zhu Z. Posterosuperior Placement of a Standard-Sized Cup at the True Acetabulum in Acetabular Reconstruction of Developmental Dysplasia of the Hip With High Dislocation. *J Arthroplasty.* 2016 Jun;31(6):1233-1239. doi: 10.1016/j.arth.2015.12.019

24. Eskelinen A., Helenius I., Remes V., Ylinen P., Tallroth K., Paavilainen T. Cementless total hip arthroplasty in patients with high congenital hip dislocation. *J Bone Joint Surg Am.* 2006 Jan;88(1):80-91. doi: 10.2106/JBJS.E.00037

25. Ding Z.C., Zeng W.N., Mou P., Liang Z.M., Wang D., Zhou Z.K. Risk of Dislocation After Total Hip Arthroplasty in Patients with Crowe Type IV Developmental Dysplasia of the Hip. *Orthop Surg.* 2020 Apr;12(2):589-600. doi: 10.1111/os.12665

26. Shi X.T., Li C.F., Han Y., Song Y., Li S.X., Liu J.G. Total Hip Arthroplasty for Crowe Type IV Hip Dysplasia: Surgical Techniques

and Postoperative Complications. *Orthop Surg.* 2019 Dec;11(6):966-973. doi: 10.1111/os.12576

27. Sun C., Zhang Y., Li L.T., Ding H., Guo T., Zhao J.N. Long-Term Outcomes of Total Hip Arthroplasty With Transverse Subtrochanteric Shortening Osteotomy and Modular Stem in Crowe IV Developmental Dysplasia. *J Arthroplasty.* 2021 Feb;36(2):630-635. doi: 10.1016/j.arth.2020.08.031. Epub 2020 Aug 21. PMID: 32919844

28. Sirka A., Clauss M., Tarasevicius S., Wingstrand H., Stucinskas J., Robertsson O., Ochsner P.E., Ilchmann T. Excellent long-term results of the Müller acetabular reinforcement ring in primary total hip arthroplasty: A prospective study on radiology and survival of 321 hips with a mean follow-up of 11 years. *Acta Orthop.* 2016;87(2):100-5. doi: 10.3109/17453674.2015.1103607. Epub 2015 Oct 16. PMID: 26471881; PMCID: PMC4812069.

29. Kerboul M., Hamadouche M., Kerboul L. Total hip arthroplasty for Crowe type IV developmental hip dysplasia: a long-term follow-up study. *J Arthroplasty.* 2001 Dec;16(8 Suppl 1):170-6. doi: 10.1054/arth.2001.28368. PMID: 11742471.

30. Totoribe K., Chosa E., Yamako G., Zhao X., Ouchi K., Hamada H., Deng G. Acetabular reinforcement ring with additional hook improves stability in three-dimensional finite element analyses of dysplastic hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res.* 2018 Dec 7;13(1):313. doi: 10.1186/s13018-018-1023-7. PMID: 30526630; PMCID: PMC6286562.

31. Liaw F., Govilkar S., Banks D., Kankanalu P., Youssef B., Lim J. Primary total hip replacement using Burch-Schneider cages for acetabular fractures. *Hip Int.* 2022 May;32(3):401-406. doi: 10.1177/1120700020957642

32. Malahias M.A., Sarantis M., Gkias L., Jang S.J., Gu A., Thorey F., Alexiades M.M., Nikolaou V.S. The modern Burch-Schneider antiprotusio cage for the treatment of acetabular defects: is it still an option? A systematic review. *Hip Int.* 2023 Jul;33(4):705-715. doi: 10.1177/11207000221099817

33. Schmidt-Braekling T., Sieber D., Gosheger G., Theil J.C., Moellenbeck B., Andreou D., Dieckmann R. Dislocation rates with combinations of anti-protusio cages and dual mobility cups in revision cases: Are we safe? *PLoS One.* 2019 Feb 7;14(2):e0212072. doi: 10.1371/journal.pone.0212072

34. Середина А.П., Сметанин С.М. Вывихи после эндопротезирования тазобедренного сустава (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. - 2020. - Т. 26. - №2. - С. 180-200. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-180-200 Sereda A.P., Smetanin S.M. Dislocations after Hip Arthroplasty (Review) // Traumatology and Orthopedics of Russia. - 2020. - Vol. 26. - N. 2. - P. 180-200. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-180-200

35. John R., Jain A., Agarwal S., Thomas S., Agarwal S. Dissociation of Cemented Dual Mobility Socket from the Acetabulum in A Case of Recurrent Total Hip Arthroplasty Instability -A Novel Complication. *J Orthop Case Rep.* 2018 Nov-Dec;8(6):46-49. doi: 10.13107/jocr.2250-0685.1252

36. Tan T.L., Le Duff M.J., Ebrahmdadeh E., Bhauria S.K., Amstutz H.C. Long-Term Outcomes of Liner Cementation into a Stable Retained Shell: A Concise Follow-up of a Previous Report. *J Bone Joint Surg Am.* 2015 Jun 3;97(11):920-4. doi: 10.2106/JBJS.N.01045

37. Schneider L., Philippot R., Boyer B., Farizon F. Revision total hip arthroplasty using a reconstruction cage device and a cemented dual mobility cup. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011 Dec;97(8):807-13. doi: 10.1016/j.otsr.2011.09.010

38. Kurdziel M.D., Ennin K.A., Baker K.C., Verner J.J. Increasing Liner Anteversion Decreases the Interfacial Strength of Polyethylene

Liners Cemented Into Titanium-Alloy Acetabular Shells. *J Arthroplasty.* 2016 Dec;31(12):2922-2925. doi: 10.1016/j.arth.2016.05.053

39. Williams J.T. Jr, Ragland P.S., Clarke S. Constrained components for the unstable hip following total hip arthroplasty: a literature review. *Int Orthop.* 2007 Jun;31(3):273-7. doi: 10.1007/s00264-006-0191-y

40. Mortazavi S.M.J., Ghadimi E., Ardakani M.V., Razzaghof M., Ghasemi M.A., Nili A., Vafaei A., Moharrami A., Rasta S. Risk factors of dislocation after total hip arthroplasty in patients with developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop.* 2022 Apr;46(4):749-759. doi: 10.1007/s00264-021-05294-w

41. Shahbazi P., Jalilvand A.H., Ghaseminejad-Raeini A., Ghaderi A., Sheikhsavan M., Fallah Y., Shafiei S.H. Risk Factors for Dislocation following Total Hip Arthroplasty in Developmental Dysplasia of the Hip: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int Orthop.* 2023 Dec;47(12):3063-3075. doi: 10.1007/s00264-023-05949-w

42. Ukaj S., Krasniqi S., Ukaj D., Dervishaj F., Dyla D., Muçaj S., Tahirbegolli B. Total hip arthroplasty for crowe type IV developmental dysplasia of the hip using a dual mobility acetabular cup. *Sci Rep.* 2025 Mar 7;15(1):7982. doi: 10.1038/s41598-024-81716-0

Авторы

Срогинис Полина Витальевна, к.м.н., врач травматолог-ортопед НМИЦ ТО «им. Р.Р. Вредена», ул. Академика Байкова 8, г. Санкт-Петербург, 195427, Россия, e-mail sroginis@bk.ru (ORCID 0000-0002-1039-6921)

Ефимов Николай Николаевич, к.м.н., врач травматолог-ортопед НМИЦ ТО «им. Р.Р. Вредена», ул. Академика Байкова 8, г. Санкт-Петербург, 195427, Россия, e-mail efimov-n-n@mail.ru (ORCID 0000-0002-1813-3421)

Черкасов Магомед Ахмедович, к.м.н., врач травматолог-ортопед НМИЦ ТО «им. Р.Р. Вредена», ул. Академика Байкова 8, г. Санкт-Петербург, 195427, Россия, e-mail dr.medik@gmail.com (ORCID 0000-0003-2799-532X)

Гончаров Максим Юрьевич, к.м.н., заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 5 НМИЦ ТО «им. Р.Р. Вредена», ул. Академика Байкова 8, г. Санкт-Петербург, 195427, Россия, e-mail goncharov71@list.ru (ORCID 0000-0001-6435-7939)

Автор, ответственный за переписку: Срогинис Полина Витальевна, e-mail sroginis@bk.ru

Authors

Polina V. Sroginis, Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, str. Academician Baykova house 8, St. Petersburg, 195247, Russia, e-mail sroginis@bk.ru

Nikolai N. Efimov, Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, str. Academician Baykova house 8, St. Petersburg, 195247, Russia, e-mail efimov-n-n@mail.ru

Magomed Ah. Cherkasov, Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, str. Academician Baykova house 8, St. Petersburg, 195247, Russia, e-mail dr.medik@gmail.com

Maxim Yu. Goncharov, Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, str. Academician Baykova house 8, St. Petersburg, 195247, Russia, e-mail goncharov71@list.ru

Corresponding author: Polina V. Sroginis, e-mail sroginis@bk.ru

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ



УДК 616.71-001-085.23

© Нурлыгаянов Р.З., Гильмутдинова Л.Т., Минасов Т.Б., Богданова Ю.А., Марков А.А., Васильева А.А.,
Нурлыгаянова Д.Р., 2025

Обзор литературы / Literature review

ВЛИЯНИЕ АНТИОСТЕОПОРОТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ НА ПРОЦЕССЫ КОНСОЛИДАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ

*Р.З. НУРЛЫГАЯНОВ¹, Л.Т. ГИЛЬМУТДИНОВА¹, Т.Б. МИНАСОВ¹, Ю.А. БОГДАНОВА¹, А.А. МАРКОВ²,
А.А. ВАСИЛЬЕВА¹, Д.Р. НУРЛЫГАЯНОВА³*

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450008, г. Уфа, Россия

² ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, 625023, г. Тюмень, Россия

³ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет», 420008, г. Казань, Россия

Аннотация

Обоснование. Остеопороз представляет серьезную медико-социальную проблему, характеризующуюся прогрессирующей потерей костной массы и повышенным риском переломов. Долгое время в клинической практике существовали опасения относительно негативного влияния антиостеопоротических препаратов на процессы заживления переломов, что приводило к необоснованной отсрочке специфической терапии у пациентов с недавними травмами. Консолидация переломов при остеопорозе протекает в условиях нарушенного баланса между костной резорбцией и костеобразованием, что создает предпосылки для формирования неполноценной костной мозоли.

Цель исследования. Систематический анализ современных данных о влиянии различных групп антиостеопоротических препаратов на процессы консолидации переломов костей для формирования доказательной базы по оптимизации терапевтических подходов.

Методы исследования. Проведен систематический поиск научной литературы в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, EMBASE и Cochrane Library за период 2017–2025 годов. Поисковые запросы включали комбинации терминов, связанных с остеопорозом, переломами и антиостеопоротической терапией. В анализ включались рандомизированные контролируемые исследования, проспективные и ретроспективные когортные исследования, мета-анализы и систематические обзоры, посвященные оценке эффективности бисфосфонатов, деносумаба, терипаратида и препаратов кальция с витамином D при консолидации переломов.

Результаты исследования. Анализ показал, что антиостеопоротические препараты не оказывают негативного воздействия на заживление переломов при правильно подобранной схеме лечения. Бисфосфонаты, особенно золедроновая кислота, демонстрируют положительное влияние на микроархитектонику костной ткани и снижают риск повторных переломов на 35 % при одновременном сокращении летальности на 28 % после переломов проксимального отдела бедренной кости. Деносумаб показывает сопоставимую эффективность и имеет преимущества у пациентов с выраженной потерей кортикальной кости. Терипаратид проявляет дифференцированную эффективность в зависимости от локализации перелома, ускоряя консолидацию межвертельных переломов, но не демонстрируя значимых преимуществ при медиальных переломах шейки бедра. Препараты кальция и витамина D являются необходимым компонентом терапии, однако требуют дополнения специфическими антиостеопоротическими средствами. Эффективность терапии существенно варьирует в зависимости от типа перелома, возраста пациента и сопутствующих заболеваний, что обуславливает необходимость персонализированного подхода к лечению.

Ключевые слова: остеопороз; консолидация переломов; бисфосфонаты; золедроновая кислота; деносумаб.

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

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Нурлыгаянов Р.З., Гильмутдинов И.Ш., Минасов Т.Б., Богданова Ю.А., Марков А.А., Васильева А.А., Нурлыгаянова Д.Р., Влияние антиостеопоротической терапии на процессы консолидации переломов костей: систематический анализ современных данных // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 49–58.

PATHOGENETIC AND TECHNICAL ASPECTS OF RADICAL SURGICAL PROCEDURES FOR TREATING ANKYLOSING SPONDYLITIS

*NURLYGAIANOV RADIK Z.¹, GILMUTDINOVA LIRA T.¹, MINASOV TIMUR B.¹, BOGDANOVA JULIA A.¹,
MARKOV ALEXSANDR A.², VASILIEVA ALISA A.¹, NURLYGAIANOVA DINARA R.³*

¹*Federal State Budgetary Educational Institution Of Higher Education*

«Bashkir State Medical University» Of The Ministry Of Health Of The Russian Federation, 450008, Ufa, Russia

²*Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 625023, Tyumen, Russia*

³*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Kazan (Volga Region) Federal University”, 420008, Kazan, Russia*

Abstract

Background. Osteoporosis is a serious medical and social problem characterized by progressive bone loss and an increased risk of fractures. For a long time, there have been concerns in clinical practice about the negative impact of antiosteoporotic drugs on fracture healing processes, which has led to an unjustified delay in specific therapy in patients with recent injuries. Consolidation of fractures in osteoporosis occurs under conditions of an imbalance between bone resorption and bone formation, which creates the prerequisites for the formation of inadequate bone callus.

The aim of the study is a systematic analysis of modern data on the effect of various groups of antiosteoporotic drugs on the processes of bone fracture consolidation in order to form an evidence base for optimizing therapeutic approaches.

Research methods. A systematic search of scientific literature was conducted in the PubMed, Scopus, Web of Science, EMBASE and Cochrane Library databases for the period 2017–2025. Search queries included combinations of terms related to osteoporosis, fractures, and antiosteoporotic therapy. The analysis included randomized controlled trials, prospective and retrospective cohort studies, meta-analyses, and systematic reviews assessing the efficacy of bisphosphonates, denosumab, teriparatide, and calcium and vitamin D supplements in fracture healing.

Study results. The analysis showed that antiosteoporotic drugs do not have a negative effect on fracture healing when the treatment regimen is selected correctly. Bisphosphonates, especially zoledronic acid, demonstrate a positive effect on bone microarchitecture and reduce the risk of recurrent fractures by 35 % while reducing mortality by 28 % after proximal femur fractures. Denosumab shows comparable efficacy and has advantages in patients with severe cortical bone loss. Teriparatide exhibits differential efficacy depending on the fracture location, accelerating the consolidation of intertrochanteric fractures, but not demonstrating significant advantages in medial femoral neck fractures. Calcium and vitamin D preparations are a necessary component of therapy, but require supplementation with specific antiosteoporotic agents. The effectiveness of therapy varies significantly depending on the type of fracture, patient age and concomitant diseases, which necessitates a personalized approach to treatment.

Keywords: osteoporosis; fracture consolidation; bisphosphonates; zoledronic acid; denosumab.

Conflict of interests: The authors declare that there are no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Nurlygayanov R.Z., Gilmutdinov I.S., Minasov T.B., Bogdanova Y.A., Markov A.A., Vasilyeva A.A., Nurlygayanova D.R., Influence of antiosteoporotic therapy on bone fracture consolidation processes: a systematic analysis of modern data // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 49–58.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.49-58

Введение

Проблема остеопороза приобретает все большую медицинскую и социальную значимость в связи с неуклонным ростом его распространенности, особенно среди пожилого населения. Это заболевание характеризуется прогрессирующей потерей костной массы и нарушением микроархитектоники костной ткани, что приводит к повышенной хрупкости костей и, как следствие, к увеличению риска переломов. Патологические переломы на фоне остеопороза становятся причиной инвалидизации и значительно снижают качество жизни пациентов, особенно старших возрастных групп [1].

Эволюция подходов к лечению остеопороза претерпела значительные изменения за последние десятилетия. Ранее основной задачей терапии считалось исключительно повышение минеральной плотности костной ткани с целью предупреждения первичных переломов. Сегодня же концепция терапевтического воздействия существенно расширилась, включив аспект обеспечения нормальной консолидации уже возникших переломов. В профессиональной среде травматологов-ортопедов долгое время бытовало мнение о потенциальном негативном эффекте антиosteoporotic средств на процесс

заживления переломов. Данное убеждение привело к формированию клинической практики, при которой специалисты намеренно откладывали назначение антиosteoporotic терапии пациентам с недавними переломами. Парадоксальным образом такая тактика способствовала увеличению частоты повторных переломов, поскольку пациенты оставались без необходимой терапии в период наивысшего риска [2].

Консолидация переломов у пациентов с остеопорозом имеет ряд особенностей, обусловленных патофизиологией заболевания. Процесс заживления перелома протекает в условиях нарушенного баланса между костной резорбцией и костеобразованием, а также измененной микроархитектоники костной ткани. Это создает предпосылки для формирования неполноценной костной мозоли, которая может не обеспечивать достаточной механической стабильности в зоне перелома [3].

При остеопорозе отмечается снижение количества и функциональной активности остеобластов, а также увеличение числа и активности остеокластов, что приводит к замедлению формирования костной мозоли и нарушению ее структуры. Кроме того, наблюдается снижение экспрессии факторов

роста и других биологически активных веществ, играющих важную роль в процессе регенерации костной ткани. Все эти изменения могут приводить к нарушению естественного хода консолидации перелома, увеличению риска развития не-сращений, формирования ложных суставов и асептической нестабильности металлоконструкций [6].

Методы исследования

Проведен систематический поиск и анализ научной литературы в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, EMBASE и Cochrane Library за период 2017-2025 гг. Поисковые запросы включали комбинации ключевых терминов: "остеопороз", "переломы", "консолидация", "бисфосфонаты", "деносумаб", "терипаратид", "золедроновая кислота", "алендронат", "ризедронат", "витамин D", "кальций".

Критериями включения публикаций в анализ служили: рандомизированные контролируемые исследования, проспективные и ретроспективные когортные исследования, мета-анализы и систематические обзоры, посвященные оценке эффективности различных групп антиостеопоротических препаратов при консолидации переломов.

Результаты и обсуждения

Современная фармакотерапия остеопороза располагает обширным арсеналом препаратов, среди которых бисфосфонаты занимают лидирующую позицию, благодаря значительной доказательной базе. Фармакологическое действие данной группы лекарственных средств реализуется через подавление функциональной активности остеокластов и замедление резорбции костного матрикса. Дополнительно отмечается эффект снижения апоптоза остеоцитов, что в совокупности приводит к увеличению минеральной плотности костной ткани и снижению частоты переломов [5].

Терапевтическая эффективность отдельных представителей бисфосфонатов при остеопоротических повреждениях скелета подтверждена обширной доказательной базой. Применение алендроната обеспечивает статистически значимую редукцию частоты последующих переломов, что подтверждается результатами комплексного мета-анализа, интегрировавшего данные одиннадцати рандомизированных клинических испытаний. Особо следует отметить терапевтический потенциал золедроновой кислоты в постоперационном ведении пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости, где фармакологическая интервенция обеспечивает снижение риска рецидива перелома на 35 % при одновременном сокращении показателя летальности на 28 % [6].

Долгое время доминировавшие в клинической практике опасения относительно возможного ингибирующего действия бисфосфонатов на процессы репаративного остеогенеза не получили фактологического подтверждения в рамках контролируемых клинических исследований. Напротив, экспериментальные работы на животных моделях продемонстрировали не только отсутствие негативного влияния, но и выраженный

положительный эффект при введении золедроновой кислоты в первые четырнадцать дней после перелома. Механизм данного феномена реализуется через стимуляцию формирования структурно полноценной костной мозоли с улучшенными биомеханическими характеристиками.

Несмотря на обнадеживающие экспериментальные данные, современные клинические протоколы придерживаются более консервативной тактики – начало бисфосфонатной терапии рекомендуется отсрочить на 1–2 месяца после хирургического вмешательства при переломе проксимального отдела бедра. При этом обязательным условием является сочетанное назначение препаратов кальция и метаболитов витамина D для профилактики гипокальциемических состояний [7].

В спектре современных антирезорбтивных препаратов золедроновая кислота занимает особое положение благодаря её уникальному воздействию на кортикальный компонент костной ткани, что непосредственно отражается на улучшении биомеханических свойств скелета. Механизм действия данного препарата обеспечивает значительное увеличение прочностных характеристик кости, что критически важно для профилактики повторных переломов у пациентов с остеопорозом. Анализ существующей практики выявляет определенный парадокс: наличие достоверных научных данных не трансформируется в адекватные клинические решения. Текущая стратегия отсроченного назначения бисфосфонатов после выписки пациента из специализированного стационара представляется методологически неоправданной. Исследования показывают, что инициация антиостеопоротической терапии непосредственно в условиях стационара существенно повышает долгосрочную приверженность пациентов лечебным рекомендациям. Данный феномен имеет фундаментальное значение для достижения оптимальных клинических результатов, поскольку регулярность и продолжительность применения антирезорбтивных препаратов напрямую коррелирует с их эффективностью в предотвращении последующих остеопоротических переломов [8].

Золедроновая кислота, применяемая после переломов проксимального отдела бедренной кости, не только не препятствует консолидации, но и существенно снижает риск повторных переломов на 41% и уменьшает летальность на 28 %. Метаанализы подтверждают хороший прирост минеральной плотности костной ткани в течение 12 месяцев после травмы и отсутствие признаков замедленной консолидации при раннем введении препарата. Данные исследований свидетельствуют о безопасности применения золедроновой кислоты даже при введении в первые 1–2 недели после оперативного лечения перелома проксимального отдела бедренной кости, включая день выписки из травматологического стационара. Это позволяет начинать антиостеопоротическую терапию в ближайшие сроки после операции, сразу после вертикализации пациента, что имеет решающее значение для снижения риска повторных переломов, особенно высокого в первые два года [9].

Как отмечено в международном Консенсусе пяти европейских стран по применению золедроната, внутривенное введение препарата является предпочтительным методом профилактики повторных переломов после перелома шейки бедра. Применение препарата рекомендовано в первые 90 дней после хирургического лечения перелома, что обеспечивает оптимальное терапевтическое действие. Консенсус подчеркивает необходимость предварительной оценки уровня витамина D и кальция с последующей коррекцией их дефицита до введения бисфосфонатов. Внутривенная форма введения имеет преимущество перед пероральными бисфосфонатами в контексте комплаенса, особенно у пожилых пациентов с когнитивными нарушениями и полипрагмазией. Золедронат демонстрирует положительный профиль безопасности при соблюдении протокола введения и мониторинга состояния пациентов [10].

В последние годы появились данные о возможных осложнениях при назначении бисфосфонатов, таких как фибрилляция предсердий, атипичный перелом бедренной кости, некроз челюсти, рак пищевода. Однако четкой связи этих осложнений с приемом бисфосфонатов не установлено. Эпидемиологические исследования показали, что риск получить перестроечный перелом бедра на фоне приема бисфосфонатов гораздо меньше, чем получить перелом бедра без лечения – соответственно 1/1000 в год против 15/1000 в год [11].

Среди современных антирезорбтивных средств особого внимания заслуживает также деносумаб – моноклональное антитело с уникальным механизмом действия, направленным на RANKL. Блокируя взаимодействие RANKL с соответствующими рецепторами, препарат предотвращает дифференцировку остеокластических предшественников, что обосновано фундаментальными исследованиями роли системы RANKL/OPG в процессах ремоделирования костной ткани при консолидации переломов [12].

Накопленная доказательная база свидетельствует об отсутствии негативного влияния деносумаба на консолидацию переломов. Напротив, экспериментальные модели демонстрируют усиление периостального костеобразования при его применении. Трехлетнее плацебо-контролируемое исследование продемонстрировало не только снижение риска внепозвоночных переломов, но и существенное уменьшение частоты осложнений при лечении переломов – 1,7 % в группе деносумаба против 5,5 % в группе плацебо. При этом препарат не влиял на темпы консолидации перелома [13].

Накопленный клинический опыт свидетельствует о высокой эффективности применения деносумаба у категории пациентов с выраженной деградацией кортикального слоя костной ткани при переломах проксимального отдела бедра. Особую значимость данный препарат приобретает при отсутствии терапевтического ответа на лечение бисфосфонатами. Молекулярный механизм данного феномена связан с полиморфизмом в интроне 1 гена фarnезилпирофосфатсинтазы, что

обуславливает неэффективность воздействия аминобисфосфонатов на функциональную активность остеокластов [14].

Сравнительный анализ терапевтической эффективности деносумаба и золедроновой кислоты в течение годичного периода наблюдения продемонстрировал сопоставимый профиль безопасности обоих антирезорбтивных агентов при отсутствии нарушений репаративных процессов в области перелома [15].

Принципиально иной подход к коррекции структурно-функциональных нарушений костной ткани реализуется посредством применения анаболических препаратов, среди которых терипаратид заслуживает особого внимания. Фармакологическое действие данного синтетического аналога паратиреоидного гормона осуществляется через активацию процесса остеобластогенеза с последующей стимуляцией функциональной активности зрелых остеобластов. Теоретические предпосылки указывают на потенциальную способность препарата ускорять формирование полноценного костного регенерата и оптимизировать процессы консолидации переломов [16].

Однако клинические исследования терипаратида при патологических переломах проксимального отдела бедренной кости дают неоднозначные результаты. Рандомизированное плацебо-контролируемое исследование с участием 158 пациентов с переломами шейки бедренной кости не выявило преимуществ терипаратида перед плацебо в достижении рентгенологического сращения через 12 месяцев. Также не отмечалось различий в выраженности болевого синдрома [17].

При этом исследование вертельных переломов продемонстрировало превосходство терипаратида над ризедронатом в отношении функциональных результатов и динамики снижения болевого синдрома при назначении препарата через 2 недели после перелома. Однако убедительных рентгенологических подтверждений и данных о профилактике новых переломов получено не было [7].

Результаты экспериментальных и клинических исследований демонстрируют значимое положительное воздействие терипаратида на качественные и количественные характеристики кортикальной кости. Интеграция данного анаболического агента в стандартные схемы лечения, включающие препараты кальция и витамина D, обеспечивает достоверное сокращение периода консолидации при межвертельных переломах. Особую научную и клиническую ценность представляет зафиксированный феномен усиления терапевтического эффекта терипаратида у пациентов, ранее получавших алендронат. В данной когорте отмечено более выраженное ускорение репаративных процессов в зоне перелома по сравнению с группой пациентов без предшествующей антирезорбтивной терапии [4].

Заслуживают внимания данные о позитивном влиянии терипаратида на исходы остеосинтеза с использованием DHS-фиксатора при вертельных переломах. Применение препарата способствовало сокращению сроков формирования костного регенерата и снижал риск развития таких ослож-

нений, как миграция металлоконструкции вследствие нестабильности фиксации. Полученные результаты указывают на целесообразность включения терипаратида в комплексные схемы ведения определенных категорий пациентов, особенно при повышенном риске осложнений, ассоциированных с нарушением процессов консолидации [19].

Фундаментальным компонентом терапевтической стратегии при остеопорозе и профилактике повторных костных повреждений является своевременная коррекция кальций-фосфорного гомеостаза. Инициация терапии препаратами кальция и витамина D должна осуществляться в ранние сроки после травмы проксимального отдела бедренной кости, оптимально – в первые 3–5 суток. Рациональный подход предполагает персонализацию терапевтических схем на основе мультипараметрической оценки кальциевого обмена, включающей определение уровней общего и ионизированного кальция сыворотки, концентрации паратгормона, суточной экскреции кальция с мочой, а также специфических биохимических маркеров метаболизма костной ткани [20].

При патологических переломах на фоне системного остеопороза рекомендуемая суточная доза кальция составляет 1000–1200 мг, которая может поступать как с пищей, так и в виде фармакологических препаратов. В начальный период реабилитации (3–6 месяцев) обоснованно применение оссеин-гидроксипатитного комплекса как источника карбоната кальция, обладающего преимуществами в аспекте абсорбции и стимуляции остеогенеза. Важным аспектом фармакотерапии является прием препаратов кальция во время или непосредственно после еды, что обеспечивает оптимальную биодоступность [21].

Витамин D играет критическую роль в регуляции кальциевого гомеостаза и формировании костной архитектоники. Терапевтический арсенал включает как нативные формы (эргокальциферол, холекальциферол), так и активные метаболиты (альфакальцидол, кальцитриол). Альфакальцидол обладает рядом преимуществ: избирательное накопление в костной, а не в жировой ткани, что особенно значимо для пациентов с остеопорозом; отсутствие повышенного риска уролитиаза при контролируемой терапии. Являясь пролекарством D-гормона, альфакальцидол активируется преимущественно в печеночной ткани и других целевых органах, включая костную ткань, что позволяет эффективно компенсировать дефицит D-гормона независимо от функциональной активности почечной системы регуляции [22].

В.В. Поворознюк, Н.И. Балацкая, И.А. Зупанец в своих работах подчеркивают ключевую роль витамина D в регуляции кальциевого обмена и костной регенерации. Их исследования демонстрируют, что витамин D, являясь прогормоном, оказывает плеiotропное действие, влияя на экспрессию около 3 % генома. Ученые отмечают, что его активная форма – $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (кальцитриол) – регулирует метаболизм кальция и фосфатов, воздействуя на функцию остеобластов и остеокластов. В клинических исследованиях выявлено, что дефицит витамина

D приводит к нарушению абсорбции кальция в кишечнике, провоцируя вторичный гиперпаратиреоз и деминерализацию костной ткани. В.В. Поворознюк с соавторами детально исследуют влияние витамина D на репаративный остеогенез. На ранних стадиях заживления переломов (1-я неделя) витамин D модулирует активность VEGF и PDGF, способствуя ангиогенезу. В фазе мягкого регенерата (2–3 недели) он стимулирует эндохондральное костеобразование, а на этапе минерализации усиливает синтез остеокальцина и остеоопонтина. Однако авторы отмечают противоречивость данных относительно влияния на цитокины (IL-6, TNF- α) и резорбтивную активность остеокластов, что требует дальнейшего изучения [23].

С.В. Мальцев акцентирует внимание на глобальной распространенности дефицита витамина D, затрагивающего около 1 млрд человек. Его работы указывают на связь недостаточности витамина D с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний, переломов, метаболических нарушений и аутоиммунных патологий. Мальцев подчеркивает необходимость рациональной коррекции дефицита с учетом современных данных о метаболизме витамина D, избегая необоснованного применения высоких доз, способных вызвать гиперкальциемию [22].

Оба исследовательских коллектива сходятся во мнении, что адекватное потребление кальция должно обеспечиваться преимущественно пищевыми источниками. В.В. Поворознюк и коллеги предупреждают о рисках избыточного приема препаратов кальция, особенно на фоне высоких доз витамина D. С.В. Мальцев дополняет эти выводы, указывая на необходимость индивидуального подхода с учетом уровня $25(\text{OH})\text{D}$ и кальция в сыворотке крови.

Консолидация костной ткани после перелома представляет собой сложный многостадийный процесс, эффективность которого во многом определяется минеральным гомеостазом организма. Современные исследования демонстрируют существенную роль препаратов кальция и витамина D в оптимизации репаративного остеогенеза. Применение нативных форм витамина D (холекальциферола) в дозировках 800–2000 МЕ ежедневно способствует нормализации кальций-фосфорного обмена, что создает метаболический фундамент для формирования полноценной костной мозоли. Активные метаболиты витамина D (кальцитриол, альфакальцидол) демонстрируют более выраженный эффект при нарушениях почечного метаболизма витамина D. Применение альфакальцидола в дозе 1 мкг/сут способствует усилению экспрессии рецепторов витамина D на поверхности остеобластов и остеокластов, оптимизируя баланс процессов костного ремоделирования в зоне перелома. Это особенно важно у пациентов с хронической болезнью почек, где снижена конверсия холекальциферола в активные формы. Препараты кальция (карбонат, цитрат) служат субстратной основой для минерализации костной мозоли. Комбинированное применение препаратов кальция и витамина D также способствует снижению риска формирования несращений. Механизм этого эффекта связан

с оптимизацией процессов хемотаксиса мезенхимальных клеток в зону перелома и активацией трансформирующего фактора роста, непосредственно влияющего на дифференцировку остеобластов [23].

Следует подчеркнуть, что изолированное применение базовой терапии остеопороза не обеспечивает адекватной профилактики повторных переломов проксимального отдела бедра и снижения летальности. Эффективное лечение остеопоротических переломов требует индивидуализированного подхода, учитывающего топографию перелома, объем хирургической интервенции и особенности костного метаболизма конкретного пациента, что достигается посредством многостороннего анализа показателей кальциевого гомеостаза и маркеров ремоделирования костной ткани [24].

При формировании оптимальной стратегии фармакотерапии после остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости принципиальное значение приобретает учет объема и характера оперативного вмешательства. Именно эти параметры могут детерминировать особенности потери костной массы в перимплантационной зоне, что напрямую влияет на стабильность фиксации и долгосрочный функциональный результат.

Специфика послеоперационного ведения пациентов с переломами проксимального отдела бедра на фоне остеопороза определяется необходимостью симультанного решения двух взаимосвязанных клинических задач. Первая направлена на профилактику повторных остеопоротических переломов посредством системной коррекции метаболических нарушений костной ткани. Вторая ориентирована на обеспечение долговременной стабильности имплантированной металлоконструкции через оптимизацию местных условий репаративного остеогенеза и качественных характеристик костного регенерата в зоне перелома. Современная концепция медикаментозного сопровождения пациентов с остеопоротическими переломами базируется на дифференцированном подходе к выбору фармакологических агентов в зависимости от доминирующего механизма нарушения костного метаболизма. При этом приоритетное значение приобретает оценка соотношения потенциальных пользы и риска конкретного лекарственного средства в контексте его влияния на процессы консолидации перелома и интеграции металлоконструкции с костной тканью. Возникновение нового перелома на фоне проводимой терапии требует углубленной диагностики и критической оценки целесообразности продолжения начатого лечения либо его модификации с учетом результатов динамического исследования костных маркеров [25].

Сравнительный анализ эффективности различных групп антиостеопоротических препаратов в отношении консолидации переломов представляет собой сложную задачу из-за неоднородности клинических исследований и различий в методологических подходах. Однако имеющиеся данные позволяют сделать ряд выводов о преимуществах и ограни-

чениях каждой группы препаратов. Бисфосфонаты остаются препаратами первой линии для большинства пациентов с остеопорозом, включая тех, кто перенес патологические переломы. Они обладают высокой эффективностью в снижении риска повторных переломов и не оказывают негативного влияния на процесс консолидации перелома при правильном режиме дозирования. Золедроновая кислота имеет преимущество перед другими бисфосфонатами благодаря режиму однократного введения в год, что существенно повышает приверженность лечению [26].

Деносумаб показывает сопоставимую с бисфосфонатами эффективность в снижении риска переломов. Он особенно эффективен у пациентов с выраженной потерей кортикальной кости и в случаях неэффективности терапии бисфосфонатами. Отсутствие отрицательного влияния на заживление переломов делает деносумаб перспективным препаратом для применения в ранние сроки после перелома. Терипаратид, в отличие от антирезорбтивных препаратов, стимулирует костеобразование, что теоретически должно способствовать ускорению консолидации переломов. Однако клинические данные в этом отношении неоднозначны: при переломах шейки бедренной кости существенных преимуществ терипаратида не выявлено, в то время как при межвертельных переломах отмечается его положительное влияние на функциональные результаты и сроки консолидации. Это свидетельствует о необходимости дифференцированного подхода к назначению терипаратида в зависимости от локализации и характеристик перелома [27].

Современная антиостеопоротическая терапия оказывает разнонаправленное воздействие на процессы консолидации переломов, что требует детального анализа как положительных эффектов, так и потенциальных ограничений применения различных групп препаратов. Одним из значимых положительных эффектов антиостеопоротической терапии является ускорение процессов заживления переломов, особенно отчетливо проявляющееся при использовании костно-анаболических препаратов. Терипаратид, являясь рекомбинантным паратиреоидным гормоном, стимулирует остеобласты и способствует формированию новой костной ткани, что приводит к сокращению сроков консолидации, особенно при межвертельных переломах. Экспериментальные и клинические исследования демонстрируют его способность не только ускорять заживление, но и улучшать качественные характеристики формирующейся костной мозоли, увеличивая ее объем и механическую прочность [28].

Особый интерес представляют данные о воздействии золедроновой кислоты, которая оказывает комплексное положительное влияние на морфометрические показатели и микроархитектонику костного регенерата. Подтверждено, что применение данного препарата приводит к существенному снижению порозности костной ткани, обеспечивает формирование более упорядоченной трабекулярной структуры.

Детальный анализ микроструктурных изменений выявил значимое повышение таких параметров как трабекулярный объем, а также увеличение толщины и количества костных трабекул. Особую клиническую значимость представляет обширный метаанализ исследований с вовлечением более 5000 пациентов с остеопоротическими переломами, который убедительно подтвердил отсутствие негативного воздействия бисфосфонатов на темпы консолидации переломов. Полученные результаты формируют солидную доказательную базу для рекомендации по назначению данного класса препаратов в послеоперационном периоде, что может существенно оптимизировать процессы репаративной регенерации костной ткани и улучшить долгосрочные функциональные исходы у пациентов с остеопорозом [29].

Особую значимость имеет способность антиостеопоротической терапии снижать риск повторных переломов, что является критически важным фактором для пациентов с остеопорозом. После низкоэнергетического перелома проксимального отдела бедренной кости инфузии золедроновой кислоты приводят к достоверному снижению риска вертебральных, невертебральных и переломов проксимального отдела бедренной кости на 53 %, 44 % и 48 % соответственно. Деносумаб, являясь моноклональным антителом к RANKL, также эффективно снижает риск повторных переломов и характеризуется хорошей переносимостью даже у пациентов старческого возраста с множественной сопутствующей патологией [30].

Несмотря на преимущественно положительные эффекты антиостеопоротической терапии, необходимо учитывать и определенные ограничения, связанные с ее применением. При длительном использовании бисфосфонатов возможно замедление ремоделирования костной ткани, что может приводить к накоплению микротрещин и повышению риска атипичных переломов [31].

Эффективность антиостеопоротической терапии в отношении консолидации переломов существенно варьирует в зависимости от ряда факторов, среди которых ключевое значение имеет тип перелома. Возраст пациента также является значимым фактором, влияющим на эффективность антиостеопоротической терапии. У пациентов пожилого и старческого возраста наблюдается замедление метаболических процессов в костной ткани, что может требовать корректировки схем лечения и более длительных курсов терапии для достижения оптимальных результатов. У пациентов старше 75 лет особенно важен комплексный подход, включающий не только специфическую антиостеопоротическую терапию, но и коррекцию сопутствующих состояний, влияющих на метаболизм костной ткани и риск падений [32].

При оценке эффективности антиостеопоротической терапии в аспекте консолидации переломов следует принимать во внимание существенное модифицирующее воздействие коморбидной патологии. Например, ревматоидный артрит представляет собой особое клиническое состояние, харак-

теризующееся повышенным риском развития остеопороза вследствие активации остеокластогенеза под влиянием провоспалительных цитокинов. Данное обстоятельство обуславливает необходимость дифференцированного подхода к разработке терапевтических схем для таких пациентов.

Метаболические нарушения при сахарном диабете формируют специфические изменения костного ремоделирования, что отражается как на динамике репаративных процессов при переломах, так и на терапевтической эффективности антиостеопоротических средств. Применение индивидуализированных протоколов лечения с учетом особенностей сопутствующей патологии способствует оптимизации клинических исходов и значительному снижению частоты осложнений. Анализируя современные аспекты влияния антиостеопоротической терапии на процессы консолидации костной ткани, необходимо акцентировать внимание на эффективности комбинированных терапевтических стратегий. Последовательное назначение антирезорбтивных препаратов после курса анаболических агентов (терипаратид, абалопаратид, ромосозумаб) обеспечивает синергетический эффект – достоверное увеличение минеральной плотности костной ткани с одновременным снижением риска последующих переломов. Совместное применение золедроновой кислоты и терипаратида демонстрирует более высокую клиническую эффективность по сравнению с использованием каждого из препаратов в режиме монотерапии. Однако для формирования доказательного протокола комбинированного лечения остеопороза требуется проведение дополнительных многоцентровых клинических исследований, направленных на определение оптимальных дозировок, временных интервалов и последовательности применения различных фармакологических агентов [33].

Современная концепция лечения остеопороза и его осложнений в виде низкоэнергетических переломов предполагает индивидуализированный подход с учетом особенностей метаболизма костной ткани конкретного пациента, локализации и характеристик перелома, сопутствующих заболеваний и факторов риска. Такой подход позволяет максимально использовать положительные эффекты антиостеопоротической терапии в отношении консолидации переломов, минимизируя при этом потенциальные риски и ограничения [34].

Выводы

Проведенный систематический анализ современных данных о влиянии антиостеопоротической терапии на процессы консолидации переломов костей позволяет сформулировать ряд важных заключений. Антиостеопоротические препараты не оказывают негативного воздействия на заживление переломов при правильно подобранной схеме лечения, что опровергает ранее существовавшие опасения среди травматологов-ортопедов. Бисфосфонаты, являясь препаратами первой линии в лечении остеопороза, демонстрируют отсутствие отрицательного влияния на скорость сращения переломов и положительно влияют на микроархитектонику формиру-

ющейся костной ткани. Особенно эффективна золедроновая кислота, которая снижает риск повторных переломов на 35 % и смертность на 28 % после хирургического лечения переломов проксимального отдела бедренной кости.

Деносумаб показывает сопоставимую с бисфосфонатами эффективность и имеет преимущества у пациентов с выраженной потерей кортикальной кости, а также в случаях неэффективности бисфосфонатной терапии. Его применение не замедляет консолидацию переломов и снижает риск развития осложнений в послеоперационном периоде. Терипаратид как костно-анаболический препарат проявляет дифференцированную эффективность в зависимости от локализации перелома: при межвертельных переломах он ускоряет консолидацию и улучшает функциональные результаты, однако при медиальных переломах шейки бедренной кости значимых преимуществ не выявлено. Препараты кальция и витамина D являются обязательным компонентом комплексной терапии остеопороза, однако монотерапия этими препаратами недостаточна для профилактики повторных переломов и требует дополнения специфическими антиостеопоротическими средствами.

Эффективность антиостеопоротической терапии существенно варьирует в зависимости от типа перелома, возраста пациента и наличия сопутствующих заболеваний, что обуславливает необходимость персонализированного подхода к выбору схемы лечения. Комбинированные схемы лечения с последовательным или одновременным применением препаратов разных групп могут повышать эффективность терапии, особенно в сложных клинических случаях.

Список литературы / References:

1. Salari N., Darvishi N., Bartina Y., Larti M., Kiaei A., Hemmati M., Shohaimi S., Mohammadi M. Global prevalence of osteoporosis among the world older adults: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2021;16:669. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02821-8>.
2. Liang B., Burley G., Lin S. et al. Osteoporosis pathogenesis and treatment: existing and emerging avenues. *Cellular and Molecular Biology Letters*. 2022;27:72. <https://doi.org/10.1186/s11658-022-00371-3>.
3. Ткачева О.Н., Браилова Н.В., Дудинская Е.Н., Кузнецова В.А. Медикаментозное лечение остеопороза после перелома. Остеопороз и остеопатии. 2020;23(4):30-36. <https://doi.org/10.14341/osteo12694> [Tkacheva O.N., Brailova N.V., Dudinskaya E.N., Kuznetsova V.A. Drug treatment of osteoporosis after fracture. *Osteoporosis and Osteopathy*. 2020;23(4):30-36. <https://doi.org/10.14341/osteo12694>].
4. Hao Y., Yang N., Sun M., Yang S., Chen X. The role of calcium channels in osteoporosis and their therapeutic potential. *Frontiers in Endocrinology*. 2024;15:1450328. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1450328>
5. Li J., Sun Y., Chen Z., Xie X., Gu F., Bi S., Yu T. Effects of Bisphosphonates Treatments in Osteopenic Older Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Endocrinology*. 2023;14:1-10. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.892091>
6. Миронов С.П., Родионова С.С., Торгашин А.Н. Проект рекомендаций. Фармакотерапия для профилактики повторных

переломов у больных остеопорозом после хирургического лечения патологического перелома проксимального отдела бедренной кости. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2017;1:47-57 [Mironov S.P., Rodionova S.S., Torgashin A.N. Draft recommendations. Pharmacotherapy for the prevention of recurrent fractures in patients with osteoporosis after surgical treatment of pathological fracture of the proximal femur. *Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov*. 2017;1:47-57].

7. Садыков Р.И., Ахтямов И.Ф., Файзрахманова Г.М. Оценка эффективности влияния совместного использования оссеин-гидроксипапитного комплекса и бисфосфонатов на сроки консолидации переломов и минеральную плотность костной ткани. Практическая медицина. 2022;20(6):119-123 [Sadykov R.I., Akhtyamov I.F., Fayzrakhmanova G.M. Evaluation of the effectiveness of the combined use of ossein-hydroxyapatite complex and bisphosphonates on fracture healing time and bone mineral density. *Practical Medicine*. 2022;20(6):119-123].

8. Wang B., Zhan Y., Yan L., Hao D. How zoledronic acid improves osteoporosis by acting on osteoclasts. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2022;32:48-56. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.961941>

9. Лесняк О.М., Кочиш А.Ю., Беленький И.Г. и др. Междисциплинарный консенсус по оказанию помощи пожилым пациентам с переломами проксимального отдела бедренной кости на основе ортогериатрического подхода. Остеопороз и остеопатии. 2021;24(2):5-15. DOI: 10.14341/osteo12745 [Lesnyak O.M., Kochish A.Yu., Belenkiy I.G. et al. Interdisciplinary consensus on care for elderly patients with proximal femoral fractures based on an orthogeriatric approach. *Osteoporosis and Osteopathy*. 2021;24(2):5-15. DOI: 10.14341/osteo12745].

10. Kanis J.A. et al. Консенсус пяти европейских стран по применению золедроната (Великобритания, Франция, Германия, Италия и Испания, 2017). *Osteoporosis International*. 2017;28(5):1745-1757. DOI: 10.1007/s00198-017-3952-0

11. Торопцова Н.В., Баранова И.А. Современные представления о механизме действия бисфосфонатов. Влияние длительного приема бисфосфонатов на костную ткань (доклинические исследования). Научно-практическая ревматология. 2023;26(3):36-42. <https://doi.org/10.14341/osteo13147> [Toroptsova N.V., Baranova I.A. Modern concepts of bisphosphonates mechanism of action. Effects of long-term bisphosphonate treatment on bone tissue (preclinical studies). *Scientific and Practical Rheumatology*. 2023;26(3):36-42. <https://doi.org/10.14341/osteo13147>].

12. Martínez-Reina J., Calvo-Gallego J.L., Martín M., Pivonka P. Assessment of Strategies for Safe Drug Discontinuation and Transition of Denosumab Treatment in PMO—Insights From a Mechanistic PK/PD Model of Bone Turnover. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021;9:721215. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.886579>

13. Родионова С.С., Колондаев А.Ф., Торгашин А.Н., Соломянник И.А. Золедроновая кислота при остеопорозе и низкоэнергетических переломах, осложняющих его течение. Медицинский совет. 2022;16(21):163-173. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-21-163-173> [Rodionova S.S., Kolondaev A.F., Torgashin A.N., Solomyannik I.A. Zoledronic acid in osteoporosis and low-energy fractures complicating its course. *Medical Council*. 2022;16(21):163-173. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-21-163-173>].

14. Вельц Н.Ю., Вельц О.В., Аляутдин Р.Н. Деносумаб и синдром рикошета: актуальные аспекты терапии остеопороза (обзор). Безопасность и риск фармакотерапии. 2024;12(2):190-200. <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2024-12-2-190-200> [Velts N.Yu., Velts O.V., Alyaut-

din R.N. Denosumab and rebound syndrome: current aspects of osteoporosis therapy (review). *Safety and Risk of Pharmacotherapy*. 2024;12(2):190-200. <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2024-12-2-190-200>].

15. Jiang L., Cui X., Ma H., Tang X. Comparison of denosumab and zoledronic acid for the treatment of solid tumors and multiple myeloma with bone metastasis: a systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2021;16:400. doi: 10.1186/s13018-021-02554-8.

16. Bessueille L., Briolay A., Guillot N., Mebarek S., Viallon S., Laroche N., Lafage-Proust M.-H., Magne D. Teriparatide administration is osteoanabolic but does not impact atherosclerotic plaque calcification and progression in a mouse model of menopause. *Bone*. 2025;190:117316. doi: 10.1016/j.bone.2024.117316

17. Sheng O.C., Wu W.-T., Peng C.-H., Yao T.-K., Chen I.-H., Wang J.-H., Yeh K.-T. Therapeutic advantage of teriparatide in very elderly patients with proximal femoral fractures: a functional and BMD analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2024;25:288

18. Gao J., Liu X., Wu X., Li X., Liu J., Li M. A brief review and clinical evidences of teriparatide therapy for atypical femoral fractures associated with long-term bisphosphonate treatment. *Frontiers in Endocrinology*. 2022;13:821734. doi: 10.3389/fendo.2022.1063170.

19. Еремкина А.К., Горбачева А.М., Ененко В.А., Литвинова Е.Е., Мокрышева Н.Г. Опыт применения терипаратида для лечения послеоперационного гипопаратиреоза у пациентов, получающих заместительную почечную терапию программным гемодиализом. *Проблемы эндокринологии*. 2022;68(4):76-82. <https://doi.org/10.14341/probl13075> [Eremkina A.K., Gorbacheva A.M., Enenko V.A., Litvinova E.E., Mokrysheva N.G. Experience of using teriparatide for the treatment of postoperative hypoparathyroidism in patients receiving renal replacement therapy with programmed hemodialysis. *Problems of Endocrinology*. 2022;68(4):76-82. <https://doi.org/10.14341/probl13075>].

20. Самодай В.Г., Борисов А.К., Колябин Д.С. Применение короткодействующих бисфосфонатов в лечении переломов длинных трубчатых костей как фактор успеха костного сращения. *Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 25–26 апреля 2019 года. Саратов, 2019:259-260* [Samoday V.G., Borisov A.K., Kolyabin D.S. The use of short-acting bisphosphonates in the treatment of long bone fractures as a factor of bone healing success. *Technological innovations in traumatology, orthopedics and neurosurgery: integration of science and practice: collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Saratov, April 25-26, 2019. Saratov, 2019:259-260*].

21. Бельский И.Г. Современные подходы к хирургическому лечению пациентов с остеопорозным переломом проксимального отдела бедренной кости. *Остеопороз и остеопатии*. 2022;3:36-45. <https://doi.org/10.14341/osteo12986> [Belenkiy I.G. Modern approaches to surgical treatment of patients with osteoporotic fracture of the proximal femur. *Osteoporosis and Osteopathy*. 2022;3:36-45. <https://doi.org/10.14341/osteo12986>].

22. Мальцев С.В. Современные данные о витамине D — метаболизм, роль в организме, особенности применения в практике врача. *Практическая медицина*. 2020;18(4):12-19. DOI: 10.32364/2618-8430-2022-5-3-244-252. [Maltsev S.V. Current data on vitamin D — metabolism, role in the body, features of use in medical practice. *Practical Medicine*. 2020;18(4):12-19. DOI: 10.32364/2618-8430-2022-5-3-244-252.].

23. Поворознюк В.В., Дедух Н.В., Быстрицкая М.А. Витамин d в регенерации кости: от экспериментальных исследований к

клинической практике. *Новости хирургии*. 2020;4:428-438. doi: 10.18484/2305-0047.2020.4.428 [Povoroznyuk V.V., Dedukh N.V., Bystritskaya M.A. Vitamin d in bone regeneration: from experimental research to clinical practice. *Surgery News*. 2020;4:428-438. doi: 10.18484/2305-0047.2020.4.428].

24. Chen X., Hu Y., Geng Z., Su J. The "Three in One" Bone Repair Strategy for Osteoporotic Fractures. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021;9:654917. doi: 10.3389/fendo.2022.910602.

25. Голоунина О.О., Белая Ж.Е. Маркеры костного ремоделирования и их значение при онкологических заболеваниях. *Медицинский совет*. 2021;7:150-159. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-7-120-132> [Golounina O.O., Belaya Zh.E. Bone remodeling markers and their significance in oncological diseases. *Medical Council*. 2021;7:150-159. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-7-120-132>].

26. Liu Y., Liu X., Wu Y., Luo T. Efficacy and safety of sequential therapy for primary osteoporosis with bone formation promoters followed by bone resorption inhibitors: a meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2025;20:147. doi: 10.1186/s13018-025-05545-1.

27. Якушевская О.В. Протективный эффект золедроновой кислоты при переходе от длительной терапии остеопороза деносумабом. *Остеопороз и остеопатии*. 2022;25(2):24-32. doi: 10.21518/2079-701X-2020-21-185-191 [Yakushevskaya O.V. Protective effect of zoledronic acid in transition from long-term osteoporosis therapy with denosumab. *Osteoporosis and Osteopathy*. 2022;25(2):24-32. doi: 10.21518/2079-701X-2020-21-185-191].

28. Bandeira L., Lewiecki E.M. Anabolic therapy for osteoporosis: update on efficacy and safety. *Archives of Endocrinology and Metabolism*. 2021;65(5):594-607. doi: 10.20945/2359-399700000566

29. Ключникова Я.Н., Тинягаева И.И. Влияние бисфосфонатов на состояние костной ткани. *Международный студенческий научный вестник*. 2023;5:34-39. <https://doi.org/10.17513/msnv.21334> [Klyuchnikova Ya.N., Tingaeva I.I. Effect of bisphosphonates on bone tissue condition. *International Student Scientific Bulletin*. 2023;5:34-39. <https://doi.org/10.17513/msnv.21334>].

30. Ховасова Н.О., Дудинская Е.Н., Наумов А.В., Ткачева О.Н., Мачехина Л.В., Онучина Ю.С. Влияние костно-анаболической терапии на параметры костного ремоделирования и плотность кости у гериатрических пациентов с остеопорозом и синдромом падений. *Проблемы эндокринологии*. 2022;68(3):67-75. doi: 10.14341/probl13079 [Khovasova N.O., Dudinskaya E.N., Naumov A.V., Tkacheva O.N., Machekhina L.V., Onuchina Yu.S. Effect of bone anabolic therapy on bone remodeling parameters and bone density in geriatric patients with osteoporosis and falling syndrome. *Problems of Endocrinology*. 2022;68(3):67-75. doi: 10.14341/probl13079].

31. Gorter E.A., Reinders C.R., Krijnen P. et al. The effect of osteoporosis and its treatment on fracture healing a systematic review of animal and clinical studies. *Bone Reports*. 2021;15:101117. doi: 10.1016/j.bonr.2021.101117

32. Khovasova N.O., Dudinskaya E.N., Naumov A.V., Tkacheva O.N., Machekhina L.V., Onuchina J.S. Effect of bone anabolic therapy on bone remodeling and bone density in geriatric patients with osteoporosis and falling syndrome. *Problems of Endocrinology*. 2022;68(3):67-75. Received: 21.03.2022. Accepted: 04.04.2022. doi: <https://doi.org/10.14341/probl13079>

33. Родионова С.С., Колондаев А.Ф., Торгашин А.Н., Соломьянник И.А. Золедроновая кислота при остеопорозе и низкоэнергетических переломах, осложняющих его течение. *Медицинский совет*. 2022;16(21):163-173. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-21-163-173> [Rodionova S.S., Kolondaev A.F., Torgashin A.N., Solomyanik I.A. Zoledronic acid in osteoporosis and low-energy

fractures complicating its course. Medical Council. 2022;16(21):163-173. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-21-163-173>].

34. Королик О.Д., Полякова Ю.В., Сивордова Л.Е., Ахвердян Ю.Р., Папичев Е.В., Заводовский Б.В. Роль центра профилактики повторных переломов в повышении приверженности к терапии пациентов с тяжелым остеопорозом. Современные проблемы науки и образования. 2020;6:194-201. <https://doi.org/10.17513/spno.30316> [Korolik O.D., Polyakova Yu.V., Sivordova L.E., Akhverdyan Yu.R., Papichev E.V., Zavadovsky B.V. The role of the fracture prevention center in improving therapy adherence in patients with severe osteoporosis. Modern Problems of Science and Education. 2020;6:194-201. <https://doi.org/10.17513/spno.30316>].

Авторы

Нурлыгаянов Радик Зуфарович, врач травматолог-ортопед ООО «Клиники Эксперт Уфа», кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, физической терапии и спортивной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450008, улица Ленина, 3, г. Уфа, Россия, эл. адрес: radiknur@list.ru

Гильмутдинова Лира Талгатовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой медицинской реабилитации и физической терапии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450008, улица Ленина, 3, г. Уфа, Россия, эл. адрес: gilmutdinova23@mail.ru

Минасов Тимур Булатович, доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии с курсом Института дополнительного профессионального образования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450008, улица Ленина, 3, г. Уфа, эл. адрес: m004@yandex.ru

Богданова Юлия Альбертовна, главный врач ООО «Клиники Эксперт Уфа», кандидат медицинских наук, доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450008, улица Ленина, 3, г. Уфа, эл. адрес: uabogdanova@mrtexpert.ru

Марков Александр Анатольевич, кандидат медицинских наук, директор Университетского научно-исследовательского института медицинской биотехнологий и биомедицины, доцент кафедры медицинской профилактики и реабилитации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, 625023, ул. Одесская, 54, г. Тюмень, эл. адрес: alexdoktor@inbox.ru

Васильева Алиса Александровна, студентка Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 450008, улица Ленина, 3, г. Уфа, эл. адрес: alisavas03@gmail.com

Нурлыгаянова Динара Радиковна, студентка Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) Федеральный

университет», 420008, ул. Кремлевская, д.18, корп.1, г. Казань, эл. адрес: dinaranur0203@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Нурлыгаянов Радик Зуфарович, врач травматолог-ортопед ООО «Клиники Эксперт Уфа», кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, физической терапии и спортивной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450008, улица Ленина, 3, г. Уфа, Россия, эл. адрес: radiknur@list.ru

Authors

Nurlygayanov Radik Z., orthopedic traumatologist, ООО "Clinic Expert Ufa", Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Rehabilitation, Physical Therapy and Sports Medicine of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 45008, Lenin Street, 3, 450008, Russia, e-mail radiknur@list.ru

Gilmutdinova Lira T., doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Medical Rehabilitation and Physical Therapy of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 45008, Lenin Street, 3, 450008, Russia, e-mail gilmutdinova23@mail.ru

Minasov Timur B., doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics with a course at the Institute of Additional Professional Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 45008, Lenin Street, 3, 450008, Russia, e-mail: m004@yandex.ru

Bogdanova Yulia A., Chief physician of ООО "Clinic Expert Ufa", Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Pharmacology with a course in Clinical Pharmacology at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 45008, Lenin Street, 3, 450008, Russia, e-mail: uabogdanova@mrtexpert.ru

Markov Aleksandr A., candidate of Medical Sciences, director of the Research institute of biomedicine and biomedical technologies, associate professor of the Department of medical prevention and rehabilitation Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 625023, st. Odesskaya, 54, 625023, Russia, e-mail: alexdoktor@inbox.ru

Vasilyeva Alisa A., student at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 45008, Lenin Street, 3, 450008, Russia, e-mail: alisavas03@gmail.com

Nurlygayanova Dinara R., student of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Kazan (Volga Region) Federal University", Kremlevskaya St., 18, building 1, 420008, Russia, e-mail: dinaranur0203@gmail.com

Corresponding author: Nurlygayanov Radik Z., orthopedic traumatologist, ООО "Clinic Expert Ufa", Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Rehabilitation, Physical Therapy and Sports Medicine of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 45008, Lenin Street, 3, 450008, Russia, e-mail radiknur@list.ru

УДК 617.3

© Егизарян К.А., Лазишвили Г.Д., Бадриев Д.А., Тамазян В.О., Сысоева Д.А., Горячев А.А., 2025

Обзор литературы / Literature review



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ХРЯЩЕВЫХ И КОСТНО-ХРЯЩЕВЫХ ДЕФЕКТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА

К.А. ЕГИАЗАРЯН, Г.Д. ЛАЗИШВИЛИ, Д.А. БАДРИЕВ, В.О. ТАМАЗЯН, Д.А. СЫСОЕВА, А.А. ГОРЯЧЕВ*ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова Минздрава России, 117513, Москва, Россия*

Аннотация

Введение. Поиски решения проблемы восстановления хряща коленного сустава ведутся уже более двух с половиной столетий. Известные на данный момент варианты хирургического лечения не дают полной гарантии восстановления анатомо-физиологической целостности коленного сустава, поэтому до сих пор имеется необходимость поиска новых, более совершенных способов, которые позволят достичь максимального результата. В данной работе выполнен анализ данных, опубликованных в мировой литературе по общепринятым методам хирургического лечения локальных хрящевых и костно-хрящевых дефектов коленного сустава, предоставлены данные эпидемиологии, подробно разобраны возможности этих методов, предоставлена аналитическая оценка преимуществ и недостатков, ведущих к ограничению использования традиционных вариантов хондропластики.

Материалы и методы. Поиск литературы производился на основе баз данных PubMed, Embase, eLybrary и Cochrane Library с использованием ключевых слов «гиалиновый хрящ», «хондропластика», «дебридмент», «костно-хрящевой дефект», «мозаичная хондропластика», «субхондральная туннелизация», «микрофрактурирование», «абразивная хондропластика», «трансплантация аутогенных хондроцитов», «новые комбинированные методы хондропластики». В анализ были включены работы, в которых были описаны известные методы хондропластики, оценивались их преимущества и недостатки, проводилось сравнение вариантов лечения дефектов суставного хряща и поиск зависимости размера дефекта и предпочтительного способа восстановления.

Результаты. Органосберегающие операции на хряще коленного сустава на данный момент являются перспективным направлением, однако спектр применяемых оперативных вмешательств до сих пор ограничен площадью и глубиной хрящевого или костно-хрящевого дефекта. При лечении полнослойных дефектов площадью более 5 см² возникают трудности, связанные с дефицитом пластического материала и перестройкой коллагеновой мембраны в центре крупного дефекта. Изолированное применение аллопластики в таких случаях не является удачной альтернативой одномышечковому эндопротезированию. Накопленный нами опыт позволил предложить две комбинированные методики хондропластики костно-хрящевых дефектов большой площади. Комбинированная костно-хрящевая пластика за счёт относительной простоты выполнения и получения двухслойной структуры хряща расширяет показания к проведению органосохраняющих операций по восстановлению хряща коленного сустава и помогает избежать отсутствия ремоделирования коллагеновой мембраны в центре дефекта, однако необходимо проведение проспективно-ретроспективных исследований, направленных на детальное сравнение нового вида хондропластики с классическими.

Ключевые слова: гиалиновый хрящ; костно-хрящевой дефект; дебридмент; субхондральная туннелизация; микрофрактурирование.

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

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Егизарян К.А., Лазишвили Г.Д., Бадриев Д.А., Тамазян В.О., Сысоева Д.А., Горячев А.А., Современные тенденции хирургического лечения локальных хрящевых и костно-хрящевых дефектов коленного сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 59–69.

CURRENT TRENDS IN SURGICAL TREATMENT OF LOCAL CARTILAGINOUS AND BONE-CARTILAGINOUS DEFECTS OF THE KNEE JOINT

KAREN A. EGIAZARYAN, GURAM D. LAZISHVILI, DENIS A. BADRIEV, VARTAN O. TAMAZYAN, DIANA A. SYSOEVA, ALEXANDER A. GORYACHEV*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russia, 117321, Moscow, Russia*

Abstract

Introduction. The search for a solution to the problem of knee cartilage restoration has been going on for more than two and a half centuries. Currently known surgical treatment options do not provide a complete guarantee of restoring the anatomical and physiological integrity of the knee joint, so there is

still a need to find new, more advanced methods that will achieve maximum results. This paper analyzes data published in the world literature on generally accepted methods of surgical treatment of local cartilage and osteochondral defects of the knee joint, provides epidemiological data, analyzes in detail the possibilities of these methods, and provides an analytical assessment of the advantages and disadvantages leading to a limitation of the use of traditional chondroplasty options.

Materials and Methods. The literature search is based on databases PubMed, Embase, eLibrary and Cochrane Library using the keywords "hyaline cartilage", "chondroplasty", "debridement", "bone-cartilage defect", "mosaic chondroplasty", "subchondral tunneling", "microfracturing", "abrasive chondroplasty", "autogenous chondrocyte transplantation", "new combined methods of chondroplasty". The analysis included papers describing known chondroplasty methods, evaluating their advantages and disadvantages, comparing treatment options for articular cartilage defects, and searching for the relationship between the size of the defect and the preferred method of repair.

Results. Organ-sparing surgery on the cartilage of the knee joint is currently a promising area, however, the range of surgical interventions used is still limited by the area and depth of the cartilaginous or bone-cartilaginous defect. When treating full-layer defects with an area of more than 5 cm², difficulties arise due to a lack of plastic material and the restructuring of the collagen membrane in the center of a large defect. Isolated use of alloplasty in such cases is not a good alternative to monocondylar endoprosthesis. Our accumulated experience has allowed us to propose two combined techniques for chondroplasty of large-area bone and cartilage defects. Combined bone-cartilage plastic surgery due to the relative simplicity of performing and obtaining a two-layer cartilage structure expands the indications for organ-preserving operations to restore knee cartilage and helps to avoid the lack of remodeling of the collagen membrane in the center of the defect, however, it is necessary to conduct prospective and retrospective studies aimed at a detailed comparison of the new type of chondroplasty with classical ones.

Keywords: hyaline cartilage; bone-cartilage defect; debridement; subchondral tunneling; microfracturing.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Egiazaryan K.A., Lazishvili G.D., Badriev D.A., Tamazyan V.O., Sysoeva D.A., Goryachev A.A., Current trends in surgical treatment of local cartilaginous and bone-cartilaginous defects of the knee joint// Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 59–69.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.59-69

Введение

Репаративный хондрогенез после повреждений суставного хряща исследуется уже более двух с половиной столетий. Большинство научных работ, относящихся к репаративному хондрогенезу, рассматривают его с позиций спонтанного заживления и искусственно создаваемых условий после различных оперативных вмешательств. Детали заживления повреждений суставного хряща коленного сустава существенно различаются при локальных хрящевых и при костно-хрящевых повреждениях.

Локальные повреждения хрящевой и костно-хрящевой ткани выявляются в 0,3–30 % случаев острых травм коленного сустава [1, 2]. Однако фактическая распространенность таких повреждений превышает клинически диагностируемую, включая случаи, не выявляемые стандартными инструментальными методами. Ежегодно регистрируется около 1 млн новых случаев повреждений суставного хряща, что составляет 5–10 % от всех острых суставных травм [3, 4].

Изолированные повреждения хряща коленного сустава составляют 19–28 % всех внутрисуставных поражений [5]. Патологические изменения в коленном суставе могут носить как изолированный характер (т. е. поражение единичных структур), так и комплексное поражение нескольких компонентов сустава (связочного аппарата, мениска, капсулы, частей костного аппарата).

Curl W.W. et al обнаружили повреждения хряща у 63 % из 31 516 пациентов, перенесших артроскопию [6]. Cole B.J. et al отметили необходимость хирургического восстановления гиалинового хряща у 22 % из 900 000 обследованных пациентов [7]. Thein R. и Eichenblat M. выявили изолированные острые повреждения хряща у 3,5 % из 976 пациентов с травмами коленного сустава [8].

Острые костно-хрящевые дефекты встречаются в 10–29,6 % случаев свежих травм [3, 9]. Gillquist J. et al. они составляют 10 % среди артроскопически подтвержденных повреждений. Нередко, острые травматические повреждения хрящевой ткани по причине отсутствия своевременной диагностики и квалифицированного лечения переходят в хроническую стадию [10].

Отдельными нозологическими формами хронических локальных костно-хрящевых дефектов являются рассекающий остеохондрит, обозначаемый в литературе как болезнь Кенига, и болезнь Ahlback'a (спонтанный остеонекроз) [11].

Большинство исследователей классифицируют повреждения хряща на поверхностные и глубокие. Поверхностные («неполнослойные»): не достигают субхондральной кости, описываются как размягчение, растрескивание или разволокнение хряща, глубокие («полнослойные»): с вовлечением субхондральной кости [12]. Соотношение поверхностных и глубоких повреждений составляет 3:1 182. По размеру преобладают малые (до 2 см²) и средние (2–5 см²) дефекты

(90 % случаев). Крупные поражения ($>5 \text{ см}^2$) встречаются реже (10 %) [1,6], однако хирургическое лечение таких больших дефектов стандартными способами хондропластики остаётся трудной задачей.

Цель исследования – изучить и проанализировать имеющиеся данные мировой литературы по хирургическому лечению локальных хрящевых и костно-хрящевых дефектов коленного сустава и представить современные собственные наработки по решению данной проблемы.

Принципы хирургического лечения повреждений гиалинового хряща коленного сустава

С середины XX века основным методом лечения дефектов хрящевой ткани оставалась механическая обработка, включающая коррекцию нарушений конгруэнтности суставных поверхностей, сглаживание неровностей и разволокненных участков, удаление нестабильных фрагментов хряща и свободных внутрисуставных тел.

Самым простым и базовым методом, который позволяет достигнуть быстрого регресса болевой симптоматики в послеоперационном периоде, является санация дефекта хрящевой ткани [13]. В 1941 году Magnuson P. ввел термин «дебридмент», выполняя открытую санацию коленного сустава через артротомический доступ [14]. В 1934 году Burman M.S. впервые осуществил артроскопический дебридмент при остеоартрозе.

С конца 70-х годов XX века этот вариант операции получил широкое распространение, а использование шейвера позволяло снизить до минимума травматичность время выполнения операции [15]. Данный метод не требует предварительного планирования и выполняется в один этап, однако не восстанавливает конгруэнтность суставных поверхностей и приводит к прогрессированию симптоматики в долгосрочном периоде и может применяться только при небольшом объеме поражения хряща (менее 2 см^2).

Со временем стали появляться работы, в которых сообщалось о недостатках механической санации хряща. При дебридменте часто удаляются прилегающие участки здорового хряща, не полностью удаляются патологические участки хрящевой ткани, отмечается увеличение фибрилляции суставной поверхности, а также появление некротизированных зон в граничащем гиалиновом хряще, что можно расценить как прогрессирование патологии хрящевой ткани [16]. Обнаружено отрицательное воздействие ирригации сустава на баланс жидкости и метаболизм хряща, а также содержание гиалуроновой кислоты в его матриксе [17].

Рефиксация нестабильного костно-хрящевого фрагмента [13] используется при наличии нестабильных жизнеспособных костно-хрящевых фрагментов в полости сустава размерами от 3 мм и более. Данный метод рекомендуется использовать у детей и только при наличии свежей травмы (со временем костно-хрящевые фрагменты подвергаются резорбции) [18].

Для мобилизации мезенхимальных стволовых клеток из костного мозга длительное время применяются абразивная пластика, субхондральная туннелизация и микрофрактурирование [16]. Эти три способа формально можно объединить в одну группу, однако между ними есть принципиальные различия.

Приоритет клинического применения перфорации субхондральной кости с целью заживления дегенеративных хрящевых повреждений принадлежит К.Н. Pridie, дожившему в 1959 году об эффективности множественного насверливания дна дефектов спицей Киршнера, и длительное время остававшемуся убедительным сторонником именно этой методики хондропластики [19]. Идея К.Н. Pridie нашла поддержку в лице J. Insall, G. Bentley, дополнявших субхондральной туннелизацией операцию дебридмента при хондромалиции и остеоартрозе коленного сустава [20, 21].

Вместе с разработанными и популяризированными в 80-х и 90-х годах L. Johnson и R. Steadman двумя другими методиками перфорации субхондральной кости – абразией субхондральной кости на глубину от 1 до 3 мм и формированием микропереломов, субхондральная туннелизация была отнесена к способам костно-мозговой или мезенхимальной стимуляции [22, 23]. По многим позициям репаративный хондрогенез, возникающий в ответ на субхондральную туннелизацию, абразию и формирование микропереломов, оказывался близким к спонтанному заживлению пенетрирующих повреждений. Присутствующие в области повреждения мезенхимальные стволовые клетки дифференцируются, преимущественно, в фибробласты, которые продуцируют грануляционную ткань, в дефекте формируется волокнистая соединительная ткань, характеризующаяся сравнительно меньшей васкуляризованностью и большей плотностью. В дальнейшем фиброзная ткань подвергается прогрессивной гиалинизации и хондрификации с формированием волокнистого хрящевого регенерата, восстанавливающего дефект суставной поверхности [24].

Предпочтительное использование до настоящего времени костно-мозговой стимуляции (до 40 % от всех методик хондропластики) многими ортопедами объясняется несложной техникой и возможностью артроскопической реализации. Абразивная артропластика и туннелизация сегодня менее популярны, чем 10–15 лет назад. Из способов костно-мозговой стимуляции чаще используется формирование микропереломов [25].

Микрофрактурирование представляет собой вариант лечения небольших повреждений хряща (менее 2 см^2), заключающийся в формировании микропереломов в области дефекта хряща, на месте которых формируется плотная фиброзная ткань, восстанавливающая конгруэнтность поврежденного сустава [13]. При лечении небольших поражений (как правило, менее $4\text{--}5 \text{ см}^2$) с помощью методики микрофрактурирования у малотребовательных больных краткосрочные результаты показывают хорошую эффективность, однако в долгосрочной

перспективе (уже через 5 лет) отмечается неблагоприятный исход лечения, имеется риск образования кист и внутрисуставных остеофитов в области санации дефекта [26]. Так же по сравнению с современными методами восстановления хряща отмечаются более худшие гистологические результаты (по данным мета-анализа, проведенного Seewoonarain et al. [27]). Данная методика подходит менее физически активным пациентам, так как облегчает болевую симптоматику в повседневной жизни, особенно в комплексе с проведением инъекционной терапии, однако по долгосрочным результатам проигрывает имплантации аутологичных хондроцитов по влиянию на качество жизни [28,29]. Из минусов применения микрофрактурирования как первой линии лечения можно выделить отрицательное влияние на последующее применение других методов методов хондропластики [30]. Одними из вероятных причин могут быть дегенеративные изменения и некроз остеоцитов, а также развитие атипичной субхондральной морфологии (отмечается меньшая организованность клеток, чем нативная субхондральная кость) [26]. Отрицательно на исходе лечения сказывается и наличие высокого индекса массы тела пациента [31].

D.S. Menhe et al. в эксперименте на кроликах изучали различия в заживлении полнослойных дефектов суставного хряща после абразивной артропластики и субхондральной туннелизации. Субхондральная туннелизация оказывала стимулирующее влияние на заживление дефектов путем образования фиброхрящевого регенерата, что сопровождалось незначительными дегенеративными изменениями суставной поверхности. Результатом абразивной артропластики явилось заживление дефектов подобной тканью, но с выраженными изменениями суставной поверхности дегенеративного характера. Несмотря на то, что обе техники хондропластики оказались субоптимальными, авторы сделали заключение, что субхондральная туннелизация может обеспечивать более стабильное в отдаленные сроки восстановление суставной поверхности по сравнению с абразивной артропластикой [32].

Считается, что хондропластика с использованием способов костно-мозговой стимуляции может применяться как при посттравматических локальных полнослойных дефектах суставного хряща, так и при дегенеративных хронических повреждениях. В тоже время пока не существует четких указаний в отношении размеров и локализации дефектов, для восстановления которых способы костно-мозговой стимуляции являются наиболее предпочтительными.

Субхондральная туннелизация и формирование микропереломов являются более компромиссными способами, по сравнению с абразивной артропластикой, поскольку частично сохраняют непрерывность субхондральной костной пластинки. Значительное удаление субхондральной кости при абразивной хондропластике может привести к преобладанию в репаративном процессе механизмов оссификации [33]. Однако при выполнении туннелизации возможен термический

остеолиз субхондральной кости, что может привести к запаиванию перфорационного отверстия и отсутствию кровотечения из субхондральной кости, а разрушение субхондральной кости шилом при микрофрактурировании не всегда способствует выходу на поверхность мезенхимальных клеток.

Сравнительная эффективность репаративного воздействия каждого из способов костно-мозговой стимуляции остаётся дискуссионным вопросом. Абсолютных противопоказаний для выполнения костно-мозговой стимуляции не существует. Относительные противопоказания остаются предметом обсуждения, в частности, большинство исследователей считают, что способы костно-мозговой стимуляции не показаны при больших повреждениях хряща, варусной или вальгусной деформации конечности [34]. Однако методы костно-мозговой стимуляции остаются одними из наиболее часто применяемых способов хондропластики. Артроскопическая костно-мозговая стимуляция отличается относительной технической простотой и невысокой стоимостью.

В последние десятилетия в артроскопической хирургии коленного сустава активно применяется высокочастотная хирургия, основанная на локальном разрушении тканей высокочастотным разрядом. Регулировка силы тока и частоты позволяла достигать эффекта рассечения или коагуляции. Однако традиционная высокочастотная абляция вызывала значительный термический некроз при нагреве до 300–600°C, что особенно негативно сказывалось на хрящевой ткани.

Прорыв произошел в 1980 г. с разработкой Н. Thapliyal и Р. Eggers радиочастотных электродов, создающих холодную плазму (45–65°C). Этот метод, названный холодно-плазменной коблацией, основан на денатурации белка при ограниченной глубине воздействия (≤ 2 мм). Преимуществом холодно-плазменной коблации стало щадящее воздействие на хрящ.

Данные J.L. Cooke указывают на снижение активности металлопротеиназ после кратковременного воздействия холодно-плазменной коблацией, что теоретически должно замедлять дегенерацию хряща. Критики метода ссылаются на случаи ятрогенного некроза хряща, связывая осложнения либо с прямым радиоволновым воздействием, либо с остаточным тепловым эффектом [35].

Дискуссии о безопасности и эффективности холодно-плазменной коблации продолжаются. Противоречивость экспериментальных данных и клинических результатов требует дальнейших исследований для определения оптимальных параметров применения метода в артроскопии коленного сустава.

Вышеперечисленные методы не всегда подходили для восстановления полнослойных хрящевых и тем более костно-хрящевых дефектов коленного сустава. Необходимость в костно-хрящевой пластике может возникнуть в случаях полнослойных хрящевых или костно-хрящевых повреждений суставных поверхностей, составляющих от 6 % до 11 % от всех выявляемых повреждений хряща в коленном суставе [36].

Первое сообщение об аутогенной костно-хрящевой пересадке представил Н. Judet в 1908 году. Замещение посттравматического дефекта костно-хрящевым трансплантатом сопровождалось прекращением болевого синдрома у пациента. В 1961 году К. Рар, S. Krompacher опубликовали экспериментальные и клинические наблюдения, согласно которым пересадка хряща на подлежащей кости размером менее чем 5 мм приводила к выживанию последнего без повреждения за более чем 2-х летний период наблюдения. Похожее наблюдение было опубликовано в 1963 году Campbell C.J. et al., показавшими, что 1–2 см костно-хрящевые блоки, включающие менее чем 5 мм костной ткани, способны выживать без изменения гистологической структуры хряща более чем 1 год [37].

В 1992 году L. Hangodi представил хирургическую методику для лечения локальных хрящевых и костно-хрящевых дефектов мыщелков бедренной кости в коленном суставе с использованием маленьких цилиндрических аутогенных костно-хрящевых трансплантатов, которая получила название «мозаичной» пластики [38]. Данный метод лечения так же подходит для лечения малых (до 2 см²) и средних (2–5 см²) дефектов хрящевой ткани и заключается в пересадке в зону дефекта костно-хрящевых столбиков, взятых с ненагружаемых поверхностей мыщелков бедренной кости самого пациента [39]. К плюсам данной методики можно отнести возможность выполнения артроскопически. Однако при таком методе имеются недостатки: увеличение времени операции за счет снижения визуализации, увеличение риска повреждения аутогенного трансплантата во время забора. К ограничивающим факторам проведения данного вмешательства относятся сложность совмещения контура донорских фрагментов хряща с размером и формой дефекта для создания конгруэнтной поверхности трансплантата. Также при выполнении операции донорский трансплантат может быть поврежден в процессе установки в зону дефекта, что в последствии может привести к дегенеративным изменениям и отторжению самого трансплантата. При установке фрагментов имеется риск не достичь полной конгруэнтности относительно суставной поверхности области дефекта, что может повлечь за собой неплотную фиксацию и нестабильность трансплантата [40]. Естественное ограничение возможности забора аутогенного трансплантата в виде костно-хрящевых столбиков с ненагружаемых поверхностей мыщелков бедренной кости приводит к невозможности полноценного закрытия костно-хрящевых дефектов большой площади.

Определению наиболее оптимального размера костно-хрящевых блоков для мозаичной пластики был посвящен ряд исследовательских работ, исходя из результатов которых, в нескольких известных хирургических наборах инструментов представлены возможности для использования цилиндрических трансплантатов диаметром от 2,5 мм до 10 мм. Наиболее часто предпочтение отдается трансплантатам среднего диаметра (4,5–5 мм), которые, наряду с известными относительно короткими сроками ремоделирования, имеют

достаточную прочность, чтобы не повредиться во время выполнения пересадки [41].

L. Hangodi et al. подчеркивали необходимость использования трансплантатов длиной не менее 15 мм, поскольку меньшая длина не обеспечивает стабильной плотной посадки и устойчивой фиксации, хотя указанная длина костной части трансплантатов не в полной мере согласуется с известными фундаментальными исследованиями о выживании хряща в отдаленные сроки с подлежащей костью размером не более 5 мм [42].

Команда исследователей Martino et al [43] сравнивала трансплантацию костно-хрящевого аутогенного трансплантата и трансплантацию костно-хрящевой пасты, полученной путем измельчения хряща и губчатой кости. В результате исследования выяснилось, что данное лечение с помощью обоих методов приводит к сравнительно одинаковому положительному результату, однако пасту можно использовать при лечении дефектов, превышающих по площади, подходящие для мозаичной пластики.

Показанием к применению костно-хрящевой аутопластики в виде «мозаичной» пластики или пересадки большого трансплантата из заднего отдела мыщелков бедренной кости являются локальные полнослойные хрящевые и костно-хрящевые повреждения (III–IV степени по классификации ICRS) [44].

На сегодняшний день «оптимальными» повреждениями признаются дефекты площадью от 1 до 5 см², а «идеальными» – до 2,5 см², локализующиеся на бедренном мыщелке. Дальнейшее увеличение размеров полнослойных повреждений хряща сталкивается с проблемой естественной ограниченности донорских зон. Кроме этого, повреждения площадью более 2 см² требуют увеличения диаметра костно-хрящевых аутогенных трансплантатов. И хотя в литературе представлены сообщения об успешном применении костно-хрящевой аутопластики для возмещения больших повреждений, такие операции относятся скорее к разряду «спасительных» и их результаты остаются малопредсказуемыми [42].

Первые эксперименты с пересадкой свежих суставных аллотрансплантатов берут свое начало с работ E. Lexer, выполненных в начале 1900 годов. Использование костно-хрящевого аллотрансплантата схоже с методом мозаичной пластики по технике, однако забор трансплантата производится не у самого пациента, и перед пересадкой фрагмента должно пройти минимум 14 дней, чтобы избежать возникновения анаэробной инфекции. Жизнеспособность хондроцитов прямо пропорциональна времени, прошедшему с момента сбора; таким образом, как только трансплантат передается хирургу, операция, как правило, проводится запланировано в течение 1–2 недель. По данным исследований, успех после операции (стабильность трансплантата, регресс болевой симптоматики) составляет 82 % [45]. Следует отметить, что при использовании неаутологических методов возможно возникновение иммунного ответа в зоне трансплантации (реакция «транс-

плантат против хозяина»), что несет за собой отторжение, разрушение и лизис трансплантата и прилежащей к нему костной ткани [46]. Так же ограничением является доступность донорской ткани в нужном объеме и соответствие контуров заполняемого дефекта [47].

Клинические показания для применения костно-хрящевой аллопластики в коленном суставе в настоящее время охватывают довольно широкий спектр патологии и потому остаются дискуссионными.

По мнению Bugbee W.D. аллопластика показана в основном при рассекающем остеохондрозе, при площади поражения хряща более 2 см² [48]. Важно, чтобы окружающий область повреждения и противолежащий суставной хрящ не имели повреждений или дегенеративных изменений. Автор считает, что успех операции во многом зависит от целостности окружающего костно-хрящевой дефект гиалинового хряща.

Большинство известных лечебных алгоритмов по применению костно-хрящевых аллотрансплантатов ориентированы на размер повреждения (более 2 или 3 см²) или на сложные реконструктивные операции с использованием массивных трансплантатов. И если в последнем случае использование аллотрансплантатов с целью сохранения собственного сустава, фактически, безальтернативно и относится к спасательной операции, даже, несмотря на возможные 30 % осложнения, то в определении оптимального размера аллотрансплантатов исходят из сравнимости клинических результатов с результатами аутопластики подобными костно-хрящевыми блоками [49].

Костно-хрящевая аллопластика нередко также представляется как «спасательная» операция, когда другие восстанавливающие суставной хрящ способы хондропластики, такие как формирование микропереломов, костно-хрящевая аутопластика или пересадка аутогенных культивированных хондроцитов, оказались безуспешными.

В 1984 году D.A. Grande, M.I. Pitman, L. Peterson et al. разработали методику трансплантации аутогенных культивированных хондроцитов на модели коленного сустава у кроликов, а в последующем изучали её результаты в экспериментах на собаках и других животных [50]. Культура человеческих хондроцитов начала использоваться для трансплантации у человека с 1987 года в Швеции. Пионерами в этом направлении считаются M. Brittberg и L. Peterson, которые в 1994 году опубликовали первые результаты лечения хрящевых дефектов в коленном суставе у 23 пациентов [51].

Современный этап в развитии технологии трансплантации культивированных хондроцитов связан с использованием нейтральных резорбирующихся коллагеновых мембран (трансплантация аутогенных хондроцитов 2-й генерации) и биосинтетических матриц, обладающих хондроиндуктивными свойствами, так называемой матрикс-индуцированной трансплантации аутогенных хондроцитов – MACI (Matrix-induced autologous chondrocyte transplantation/implantation) – третьей генерации трансплантация аутогенных хондроцитов.

В 2001 году Peterson L. описал «классические» показания для трансплантации аутогенных хондроцитов, согласно которым трансплантация культивированных хондроцитов может быть выполнена пациентам в возрасте от 15 до 55 лет с повреждениями суставного хряща вследствие острой или повторных травм, рассекающим остеохондритом мыщелков бедренной кости или блоковидной ямки площадью от 1 до 4 см². При этом сам дефект должен быть окружен здоровым хрящом, а повреждение суставной поверхности противолежащего отдела сустава не должно превышать I или II степени [52]. Имеются данные, что трансплантация аутогенных хондроцитов может позволить восстановить хрящевой дефект до 10 см², однако на практике при таком обширном дефекте хряща коленного сустава почти всегда будет повреждена субхондральная кость, что требует решения проблем с необходимостью применения костно-пластического материала.

В 2005 году Behrens впервые описал усовершенствованную технологию микрофрактурирования, при которой поверх дефекта укладывалась коллагеновая мембрана. Впоследствии ее назвали методикой индуцированного на матрице аутохондрогенеза (AMIC) [53]. В 2006 году в исследовании J. Kramer et al. была показана возможность получения мезенхимальных стволовых клеток после перфорации субхондральной кости при микропереломах. В этой же работе найдено обоснование кондуктивная роль коллагеновой матрицы в отношении перемещения мезенхимальных стволовых клеток в сторону хрящевого дефекта [54].

Сущность данной методики заключается в туннелизации субхондральной кости для миграции стволовых клеток в зону дефекта, в сочетании с установкой мембраны на основе свиного коллагена I/III типа и гиалуроновой кислоты. Матрица располагается над костно-хрящевым дефектом и действует как каркас, удерживающий элементы костного мозга и позволяющий им созреть, способствуя их дифференцировке в хондрогенные клетки. Вместо мембраны может быть применен гидрогель на основе хитозана. Данный метод показывает хорошие долгосрочные результаты в течении 5 лет, однако имеется ряд недостатков (невозможность достижения полной конгруэнтности суставных поверхностей за счет ушедшего объема ткани после санации дефекта, образование фиброзного хряща вместо гиалинового), так же необходимо проведение большего количества исследований для установления диапазона допустимой площади дефекта хрящевой ткани, которые можно лечить с помощью данной технологии [30].

Одним из вариантов решения проблемы реконструкции крупных костно-хрящевых дефектов стало использование синтетической наноструктурированной трехслойной клеточной матрицы, имитирующей анатомию костно-хрящевой ткани. В состав входила комбинация коллагена I типа и гидроксиапатита в различных пропорциях (верхний слой – коллаген I типа, имитация гладкой поверхности хряща, промежуточный слой – объединение коллагена I типа (60 %) и гидроксиапатита

(40 %), нижний слой – минерализованный коллаген I типа (30 %) и гидроксиапатит (70 %), заменяющий субхондральную кость) [55]. Данный метод показал хорошие результаты в течение двух лет с момента оперативного лечения, однако важным аспектом является его низкая экономическая доступность.

В доступной литературе и в нашей клинической практике имеются положительные исходы после применения гидрогелевых имплантатов вместо коллагеновых мембран. Методика широко распространена в азиатском регионе, в котором широко представлены естественные источники хитозана. В отсутствие золотого стандарта при оперативном лечении очаговых поражений хряща использование гидрогеля может являться хорошей альтернативой традиционным методам хондропластики, однако стоит опять же отметить относительно высокую стоимость расходных материалов и необходимость поддержания определённого температурного режима, что затрудняет широкое применение этой хирургической техники в клинической практике [56].

Новые комбинированные способы хондропластики костно-хрящевых дефектов коленного сустава

Недостатки вышеуказанных методов побуждают нас и других исследователей к разработке новых комбинированных методов восстановления костно-хрящевых дефектов коленного сустава, пригодных для реконструкции больших дефектов, так как стандартные варианты оперативных вмешательств позволяют в основном справляться с дефектами малого (до 2 см²) и среднего (от 2 см² до 5 см²) в основном в случае отсутствия критических изменений в субхондральной кости. Применение же паст на основе мелкоизмельчённого хряща (размер частиц около 1 мм³) в сочетании с микрофрактурированием, по нашему мнению, может подходить только для повреждений хряща III степени по классификации ICRS. Микрофрактурирование склерозированной субхондральной кости не позволяет получить миграцию мезенхимальных стволовых клеток из здоровой кости в зону дефекта, а применение слишком мелких хрящевых частиц и, особенно, образование из них массы пастообразной консистенции мешает миграции мезенхимальных клеток даже в случае наличия здоровой субхондральной кости. Также непрочная подложка в виде массы пастообразной консистенции не может служить надёжной опорой для центра коллагеновой мембраны при дефектах больше 5 см².

В связи с этим коллективом кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова в 2019 году был разработан метод хондропластики хряща коленного сустава, получивший название гибридной костно-хрящевой трансплантации. Метод актуален для пациентов с потерей костной массы в зоне поражения кости и хряща. После проведения артротомии коленного сустава, выполняется санация зоны дефекта до жизнеспособной субхондральной

кости путём высверливания патологической костной ткани с использованием полой цилиндрической фрезы. Формируются цилиндрические костные дефекты с сохранением между ними перемычки шириной 2–3 мм. Со стороны боковой поверхности одного или двух мыщелков бедренной кости забираются цилиндрические костные спонгиозные трансплантаты, их имплантируют в сформированные цилиндрические дефекты и фиксируют методом заклинивания. После чего выполняется туннелизацию имплантированных трансплантатов и подлежащей кости, просверливая в них каналы диаметром 2–2,4 мм, располагая их на расстоянии 5–7 мм друг от друга. При этом глубина рассверливания превышает длину имплантированного трансплантата на 10–15 мм. Производится имплантация на зону дефекта хряща коллагеновой мембраны, подшивание ее к гиалиновому хрящу, окружающему дефект. Область забора трансплантатов заполняется цилиндрами лиофилизированной аллокости, которые фиксируются методом заклинивания.

Со временем при анализе отдалённых результатов пришло понимание, что данный метод оперативного вмешательства не лишён минусов. В частности, при больших дефектах площадью больше 5–7 см² использование коллагеновой мембраны не всегда позволяет полноценно восстановить хрящевую ткань в центре дефекта, так как ремоделирование мембраны происходит от периферии к центру, что может привести к формированию кратерообразного дефекта в центре имплантированной мембраны. Спорным моментом данного метода остаётся использование цельных аллотрансплантатов для пластики места забора донорской аутокости, имеются случаи лизиса столбиков аллотрансплантата.

В 2024 году нами предложена новая усовершенствованная методика, получившая название комбинированной костно-хрящевой трансплантации или «биосэндвича». Операция схожа с гибридной костно-хрящевой трансплантацией, однако при санации области дефекта сохраняются остатки жизнеспособного суставного хряща. Хрящ измельчают до частиц размером 2–3 мм, с помощью которых удаётся сформировать двухслойную структуру суставного хряща в области дефекта, состоящую из частиц хряща и коллагеновой мембраны. Области забора трансплантатов заполняют синтетическими костнозамещающим аллотрансплантатами.

Данная операция актуальна для пациентов с костно-хрящевыми дефектами площадью больше 5–7 см² и помогает избежать эндопротезирования у пациентов молодого возраста. Предлагаемая подложка в виде измельчённого и уложенного оригинальным способом хряща выступает в качестве механической опоры для моделированной коллагеновой мембраны, что позволяет одновременно избежать осложнений в виде образования кратерообразного дефекта в центре мембраны, восстанавливать костно-хрящевые дефекты, не препятствует миграции мезенхимальных стволовых клеток костного мозга из здоровой субхондральной кости. При этом имплантация на восстановленную костную основу сочетания структур

измельчённого аутохряща и коллагеновой матрицы (синтезированной из коллагена животных биологического продукта), которые со временем трансформируются в волокнистую хрящевую ткань, ведет к быстрому восстановлению конгруэнтности пораженного отдела коленного сустава.

Выводы

Анализ доступных данных отечественной и мировой литературы показал, что на сегодняшний день не существует универсальных способов, позволяющих добиться положительных результатов после хирургического лечения полнослойных дефектов хряща коленного сустава. Известные общепринятые методики остаются актуальными в основном для лечения малых и средних дефектов и низко эффективны при лечении больших полнослойных дефектов. Такой же метод как аллопластика является по сути «спасительной» операцией и не может в полной мере заменить одномышечковое эндопротезирование сустава у относительно молодых пациентов, а использование синтетической наноструктурированной трехслойной клеточной матрицы и гидрогеля на основе хитозана сопровождается высокой стоимостью расходных материалов, что затрудняет широкое применение данных методик в повседневной практике.

Таким образом, известные на данный момент варианты хондропластики не дают полной гарантии восстановления анатомо-физиологической целостности коленного сустава, особенно при лечении костно-хрящевых дефектов площадью более 5 см², поэтому до сих пор имеется необходимость поиска новых, более совершенных способов, которые позволят достичь максимального результата.

Накопленный нами опыт позволил предложить две комбинированные методики хондропластики костно-хрящевых дефектов большой площади. Комбинированная костно-хрящевая пластика («биосэндвич») за счёт относительной простоты выполнения и получения двухслойной структуры хряща расширяет показания к проведению органосохраняющих операций по восстановлению хряща коленного сустава и потенциально уменьшает число неудовлетворительных результатов, связанных с сохранением дефекта и отсутствием ремоделирования коллагеновой мембраны в центре. Данная методика способна стать альтернативой эндопротезированию у молодых пациентов с униполярными дефектами хряща и субхондральной кости больше 5 см², однако необходимо проведение проспективно-ретроспективных исследований, направленных на детальное сравнение нового вида хондропластики с классическими.

Список литературы:

1. Brix M., Kaipel M., Kellner R. et al. Successful osteoconduction but limited cartilage tissue quality following osteochondral repair by a cell-free multilayered nano-composite

scaffold at the knee. *Int Orthop.* 2016;40(3):625-632. doi:10.1007/s00264-016-3118-2

2. Stanish W.D., McCormack R., Forriol F. et al. Novel scaffold-based BST-CarGel treatment results in superior cartilage repair compared with microfracture in a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(18):1640-1650. doi:10.2106/JBJS.L.01345

3. Лазишвили Г.Д., Егиазарян К.А., Никишин Д.В., Воронцов А.А., Шпак М.А., Клинов Д.В., Сиротин И.В. Экспериментальное обоснование применения коллагеновых мембран для реконструкции полнослойных дефектов гиалинового хряща. *Хирургическая практика.* 2021;(1):45-52. [Lazishvili G.D., Egiazaryan K.A., Nikishin D.V., Voroncov A.A., Shpak M.A., Klinov D.V., Sirotin I.V. Experimental substantiation of the use of collagen membranes for the reconstruction of full-thickness defects in hyaline cartilage. *Hirurgicheskaya praktika.* 2021;(1):45-52. (In Russ.)] doi: 10.38181/2223-2427-2020-1-45-52

4. Ficat RP. Idiopathic bone necrosis of the femoral head. Early diagnosis and treatment. *J Bone Joint Surg Br.* 1985;67(1):3-9. doi:10.1302/0301-620X.67B1.3155745

5. Valisena S., Azogui B., Nizard R.S. et al. Microfractures, autologous matrix-induced chondrogenesis, osteochondral autograft transplantation and autologous chondrocyte implantation for knee chondral defects: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *EFORT open Rev.* 2024;9(8):785-795. doi:10.1530/EOR-23-0089

6. Bomberg B.C., McGinty J.B. Acute hemarthrosis of the knee: indications for diagnostic arthroscopy. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc North Am Int Arthrosc Assoc.* 1990;6(3):221-225. doi:10.1016/0749-8063(90)90078-r

7. Astur D.C., Bernardes A., Castro S. et al. Functional outcomes after patellar autologous osteochondral transplantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(10):3084-3091. doi:10.1007/s00167-016-4108-z

8. Samora W.P., Chevillet J., Adler B., Young G.S., Klingele K.E. Juvenile osteochondritis dissecans of the knee: Predictors of lesion stability. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(1):1-4. doi:10.1097/BPO.0b013e31823d8312

9. Егиазарян К.А., Лазишвили Г.Д., Храменкова И.В., Шпак М.А., Бадриев Д.А. Алгоритм хирургического лечения больных с рассекающим остеохондритом коленного сустава. *Вестник Российского государственного медицинского университета.* 2018;(2):77-83. [Egiazaryan K.A., Lazishvili G.D., Hramenkova I.V., Shpak M.A., Badriev D.A. Knee osteochondritis desiccans: surgery algorithm. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta.* 2018;(2):77-83. (In Russ.)] doi: 10.24075/vrgmu.2018.020

10. Everhart J.S., Siston R.A., Flanagan D.C. Tibiofemoral subchondral surface ratio (SSR) is a predictor of osteoarthritis symptoms and radiographic progression: data from the Osteoarthritis Initiative (OAI). *Osteoarthritis Cartil.* 2014;22(6):771-778. doi:10.1016/j.joca.2014.04.003

11. Gobbi A., Scotti C., Karnatzikos G., Mudhigere A., Castro M., Peretti G.M. One-step surgery with multipotent stem cells and Hyaluronan-based scaffold for the treatment of full-thickness chondral defects of the knee in patients older than 45 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(8):2494-2501. doi:10.1007/s00167-016-3984-6
12. Lim H.C., Bae J.H., Song S.H., Park Y.E., Kim S.J. Current treatments of isolated articular cartilage lesions of the knee achieve similar outcomes knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(8):2261-2267. doi:10.1007/s11999-012-2304-9
13. Krych A.J., Saris D.B.F., Stuart M.J., Hacken B. Cartilage Injury in the Knee: Assessment and Treatment Options. *J Am Acad Orthop Surg.* 2020;28(22):914-922. doi:10.5435/JAAOS-D-20-00266
14. Kish G., Módos L., Hangody L. Osteochondral mosaicplasty for the treatment of focal chondral and osteochondral lesions of the knee and talus in the athlete. Rationale, indications, techniques, and results. *Clin Sports Med.* 1999;18(1):45-66. vi. doi:10.1016/s0278-5919(05)70129-0
15. Devitt B.M., Bell S.W., Webster K.E., Feller J.A., Whitehead T.S. Surgical treatments of cartilage defects of the knee: Systematic review of randomised controlled trials. *Knee.* 2017;24(3):508-517. doi:10.1016/j.knee.2016.12.002
16. Goncars V., Kalnberzs K., Jakobsons E. et al. Treatment of Knee Osteoarthritis with Bone Marrow-Derived Mononuclear Cell Injection: 12-Month Follow-up. *Cartilage.* 2019;10(1):26-35. doi:10.1177/1947603517746721
17. Денисов А.С., Щеколова Н.Б., Загорак Д.П. Некоторые закономерности внутрисуставной патологии коленного сустава в возрастном и половом аспектах. *Уральский медицинский журнал.* 2019;(3):68-72. [Denisov A.S., Shchekolova N.B., Zagorak D.P. Some regularities of the intra-articular pathology of the knee joint in the age and sex aspects. *Ural Medical Journal.* 2019;(3):68-72. (In Russ.)] doi: 10.25694/URMJ.2019.03.25
18. Brittberg M. Knee osteochondritis dissecans-treatment technical aspects. *J Orthop.* 2022;34(August):104-110. doi:10.1016/j.jor.2022.08.005
19. Martin R., Jakob R.P. Review of K.H. Pridie (1959) on "A method of resurfacing osteoarthritic knee joints". *J ISAKOS Jt Disord Orthop Sport Med.* 2022;7(1):39-46. doi:10.1016/j.jisako.2021.11.001
20. Bentley G. The surgical treatment of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br.* 1978;60(1):74-81. doi:10.1302/0301-620X.60B1.627583
21. Insall J.N. Intra-articular surgery for degenerative arthritis of the knee. A report of the work of the late K. H. Pridie. *J Bone Joint Surg Br.* 1967;49(2):211-228.
22. Johnson L.L. Arthroscopic abrasion arthroplasty historical and pathologic perspective: present status. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc North Am Int Arthrosc Assoc.* 1986;2(1):54-69. doi:10.1016/s0749-8063(86)80012-3
23. Steadman J.R., Rodkey W.G., Rodrigo J.J. Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(391 Suppl):S362-9. doi:10.1097/00003086-200110001-00033
24. Gill T.J., McCulloch P.C., Glasson S.S., Blanchet T., Morris E.A. Chondral defect repair after the microfracture procedure: a nonhuman primate model. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):680-685. doi:10.1177/0363546504271744
25. Gobbi A., Nunag P., Malinowski K. Treatment of full thickness chondral lesions of the knee with microfracture in a group of athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13(3):213-221. doi:10.1007/s00167-004-0499-3
26. Schuette H.B., Kraeutler M.J., Schrock J.B., McCarty E.C. Primary Autologous Chondrocyte Implantation of the Knee Versus Autologous Chondrocyte Implantation After Failed Marrow Stimulation: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2021;49(9):2536-2541. doi:10.1177/0363546520968284
27. Seewoonarain S., Ganesh D., Perera E. et al. Scaffold-associated procedures are superior to microfracture in managing focal cartilage defects in the knee: A systematic review & meta-analysis. *Knee.* 2023;42:320-338. doi:10.1016/j.knee.2023.04.001
28. Abraamyan T., Johnson A.J., Wiedrick J., Crawford D.C. Marrow Stimulation Has Relatively Inferior Patient-Reported Outcomes in Cartilage Restoration Surgery of the Knee: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Am J Sports Med.* 2022;50(3):858-866. doi:10.1177/03635465211003595
29. Hoberg A., Niemeyer P., Laute V. et al. Matrix-Associated Autologous Chondrocyte Implantation with Spheroid Technology Is Superior to Arthroscopic Microfracture at 36 Months Regarding Activities of Daily Living and Sporting Activities after Treatment. *Cartilage.* 2021;13(1_suppl):437S-448S. doi:10.1177/1947603519897290
30. Hinckel B.B., Thomas D., Vellios E.E. et al. Algorithm for Treatment of Focal Cartilage Defects of the Knee: Classic and New Procedures. *Cartilage.* 2021;13(1_suppl):473S-495S. doi:10.1177/1947603521993219
31. van Tuijn I.M., Emanuel K.S., van Hugten P.P.W., Jeuken R., Emans P.J. Prognostic Factors for the Clinical Outcome after Microfracture Treatment of Chondral and Osteochondral Defects in the Knee Joint: A Systematic Review. *Cartilage.* 2023;14(1):5-16. doi:10.1177/19476035221147680
32. Menche D.S., Frenkel S.R., Blair B. et al. A comparison of abrasion burr arthroplasty and subchondral drilling in the treatment of full-thickness cartilage lesions in the rabbit. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc North Am Int Arthrosc Assoc.* 1996;12(3):280-286. doi:10.1016/s0749-8063(96)90059-6
33. Gill T.J., Asnis P.D., Berkson E.M. The treatment of articular cartilage defects using the microfracture technique. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(10):728-738. doi:10.2519/jospt.2006.2444

34. Gill T.J. The treatment of articular cartilage defects using microfracture and debridement. *Am J Knee Surg.* 2000;13(1):33-40.
35. Andriolo L., Merli G., Filardo G., Marcacci M., Kon E. Failure of Autologous Chondrocyte Implantation. *Sports Med Arthrosc.* 2017;25(1):10-18. doi:10.1097/JSA.0000000000000137
36. Arøen A., Løken S., Heir S. et al. Articular cartilage lesions in 993 consecutive knee arthroscopies. *Am J Sports Med.* 2004;32(1):211-215. doi:10.1177/0363546503259345
37. Campbell C.J., Ishida H., Takashi H. The transplantation of articular cartilage. *J. Bone Joint Surg. (Am.).* 1963;45(1):579-590.
38. French M.M., Rose S., Canseco J., Athanasiou K.A. Chondrogenic differentiation of adult dermal fibroblasts. *Ann Biomed Eng.* 2004;32(1):50-56. doi:10.1023/b:abme.0000007790.65773.e0
39. Redondo M.L., Beer A.J., Yanke A.B. Cartilage Restoration: Microfracture and Osteochondral Autograft Transplantation. *J Knee Surg.* 2018;31(3):231-238. doi:10.1055/s-0037-1618592
40. Guzman A.J., Dela Rueda T., Rayos Del Sol S.M. et al. Arthroscopic Osteochondral Autograft Transfer System Procedure of the Lateral Femoral Condyle with Donor-Site Backfill Using Osteochondral Allograft Plug. *Arthrosc Tech.* 2021;10(12):e2683-e2689. doi:10.1016/j.eats.2021.08.012
41. Bobić V. Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1996;3(4):262-264. doi:10.1007/BF01466630
42. Hangody L., Ráthonyi G.K., Duska Z., Vásárhelyi G., Füles P., Módos L. Autologous osteochondral mosaicplasty. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A Suppl:65-72.
43. Di Martino A., Silva S., Andriolo L. et al. Osteochondral autograft transplantation versus autologous bone-cartilage paste grafting for the treatment of knee osteochondritis dissecans. *Int Orthop.* 2021;45(2):453-461. doi:10.1007/s00264-020-04804-6
44. Agneskirchner J.D., Brucker P., Burkart A., Imhoff A.B. Large osteochondral defects of the femoral condyle: press-fit transplantation of the posterior femoral condyle (MEGA-OATS). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2002;10(3):160-168. doi:10.1007/s00167-001-0259-6
45. Chahla J., Nitri M., Civitarese D., Dean C.S., Moulton S.G., LaPrade R.F. Anatomic Double-Bundle Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Tech.* 2016;5(1):e149-56. doi:10.1016/j.eats.2015.10.014
46. Branam G.M., Saber A.Y. Osteochondral Autograft Transplantation. In: ; 2025.
47. Matthews J.R., Brutico J.M., Abraham D.T. et al. Differences in Clinical and Functional Outcomes Between Osteochondral Allograft Transplantation and Autologous Chondrocyte Implantation for the Treatment of Focal Articular Cartilage Defects. *Orthop J Sport Med.* 2022;10(2):23259671211058424. doi:10.1177/23259671211058425
48. Zouzias I.C., Bugbee W.D. Osteochondral Allograft Transplantation in the Knee. *Sports Med Arthrosc.* 2016;24(2):79-84. doi:10.1097/JSA.0000000000000109
49. Davidson P.A., Rivenburgh D.W., Dawson P.E., Rozin R. Clinical, histologic, and radiographic outcomes of distal femoral resurfacing with hypothermically stored osteoarticular allografts. *Am J Sports Med.* 2007;35(7):1082-1090. doi:10.1177/0363546507299529
50. Grande D.A., Pitman M.I., Peterson L., Menche D., Klein M. The repair of experimentally produced defects in rabbit articular cartilage by autologous chondrocyte transplantation. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* 1989;7(2):208-218. doi:10.1002/jor.1100070208
51. Brittberg M., Lindahl A., Nilsson A., Ohlsson C., Isaksson O., Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N Engl J Med.* 1994;331(14):889-895. doi:10.1056/NEJM199410063311401
52. Brittberg M., Tallheden T., Sjögren-Jansson B., Lindahl A., Peterson L. Autologous chondrocytes used for articular cartilage repair: an update. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(391 Suppl):S337-48. doi:10.1097/00003086-200110001-00031
53. Migliorini F., Eschweiler J., Götze C., Driessen A., Tingart M., Maffulli N. Matrix-induced autologous chondrocyte implantation (mACI) versus autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) for chondral defects of the knee: a systematic review. *Br Med Bull.* 2022;141(1):47-59. doi:10.1093/bmb/ldac004
54. Kramer J., Böhrnsen F., Lindner U., Behrens P., Schlenke P., Rohwedel J. In vivo matrix-guided human mesenchymal stem cells. *Cell Mol Life Sci.* 2006;63(5):616-626. doi:10.1007/s00018-005-5527-z
55. Delcogliano M., de Caro F., Scaravella E., Ziveri G., De Biase C.F., Marotta D. et al. Use of innovative biomimetic scaffold in the treatment for large osteochondral lesions of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(6):1260-9. doi: 10.1007/s00167-013-2717-3
56. de Queiroz A.A.B., Debieux P., Amaro J., Ferretti M., Cohen M. Hydrogel implant is as effective as osteochondral autologous transplantation for treating focal cartilage knee injury in 24 months. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(10):2934-41. doi: 10.1007/s00167-018-4834-5

Авторы

Егиазарян Карен Альбертович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Островитянова, д. 1. г. Москва, 117321, Россия. e-mail: egkar@mail.ru

Лазивили Гурам Давидович, доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации,

ул. Островитянова, д. 1. Москва, 117321, Россия. e-mail: guramlaz@gmail.com

Бадриев Денис Айдарович, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Островитянова, д. 1. Москва, 117321, Россия. e-mail: ill1dan@mail.ru

Тамазян Вартан Олегович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Островитянова, д. 1. Москва, 117321, Россия. e-mail: vartantamazyan@yandex.ru

Сысоева Диана Альбертовна, клинический ординатор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Островитянова, д. 1. Москва, 117321, Россия. e-mail: da_sysoeva@mail.ru

Горячев Александр Александрович, студент 5 курса ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Островитянова, д. 1. Москва, 117321, Россия. e-mail: alexgoryachev2022@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Сысоева Диана Альбертовна, клинический ординатор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Островитянова, д. 1. Москва, 117321, Россия. e-mail: da_sysoeva@mail.ru

Authors

Karen A. Egiazaryan, the Doctor of Medical Sciences, professor, the head of the department of traumatology, orthopedics and military field surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia, e-mail: egkar@mail.ru

Guram D. Lazishvili, the Doctor of Medical Sciences, professor of the department of traumatology, orthopedics and military field surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia, e-mail: guramlaz@gmail.com

Denis A. Badriev, assistant of the department of traumatology, orthopedics and military field surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia, e-mail: ill1dan@mail.ru

Vartan O. Tamazyan, the Candidate of Medical Sciences, assistant professor of the department of traumatology, orthopedics and military field surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia, e-mail: vartantamazyan@yandex.ru

Diana A. Sysoeva, resident of the department of traumatology, orthopedics and military field surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia, e-mail: da_sysoeva@mail.ru

Alexander A. Goryachev, 5th year student of The Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia, e-mail: alexgoryachev2022@mail.ru

Corresponding author: Sysoeva D.A., resident of the department of traumatology, orthopedics and military field surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia, e-mail: da_sysoeva@mail.ru

УДК 617-089.844

© Мурсалов А.К., Иванов К.С., Дзюба А.М., Рогова М.С., Федотов Е.А., Шипилов А.С., 2025
Обзор литературы / Literature review



СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ЛЕЧЕНИЯ HALLUX RIGIDUS

А.К. МУРСАЛОВ, К.С. ИВАНОВ, А.М. ДЗЮБА, М.С. РОГОВА, Е.А. ФЕДОТОВ, А.С. ШИПИЛОВ

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, 127299, г. Москва, Россия

Аннотация

Обоснование. Боль в области первого пальца стопы, вызванная артрозом первого плюснефалангового сустава (ПФС1), является одной из самых распространенных патологий стопы человека. При данной патологии болезненность обуславливается артрозным изменением сустава, движения в суставе становятся болезненными, подвижность сустава снижается [1]. Вышеуказанное является клиническим проявлением заболевания hallux rigidus. При диагностике данной патологии рентгенологическое исследование выявляет сужение суставной щели первого плюснефалангового сустава и наличие дорсальных остеофитов ПФС1 [3]. В клинической практике врача довольно часто встречаются пациенты с hallux rigidus. Этиология hallux rigidus охватывает целый ряд факторов, и существует множество подходов к лечению данного заболевания. На сегодняшний день, выбор метода лечения основан на комбинированной оценке клинических и рентгенологических данных. Цель этой статьи — обзор актуальных знаний о методах лечения hallux rigidus. **Цель.** Определение современных принципов консервативного и хирургического лечения заболевания первого плюснефалангового сустава hallux rigidus.

Материалы и методы. Был проведен систематический поиск литературы в соответствующих базах данных с поисковыми терминами «hallux rigidus». Глубина поиска составила 24 года. Количество статей, использованных для написания данной работы – 42.

Систематический обзор научных работ, посвященных лечению hallux rigidus, был проведен в соответствии с предпочтительными элементами отчетности для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA).

Результаты. В современной литературе представлено множество вариантов лечения hallux rigidus. Лечение hallux rigidus можно разделить на консервативное и хирургическое. Хирургическое лечение обычно разделяют на операции, сохраняющие первый плюснефаланговый сустав, и не сохраняющие первый плюснефаланговый сустав. Тактика лечения зависит от степени выраженности hallux rigidus, от клинической картины и жалоб пациента. При I–II степени поражения ПФС1 следует использовать такие методы как хейлоэктомия в сочетании с операцией Moberg, либо без неё, укорачивающая шевронная остеотомия. При hallux rigidus III степени существует опыт лечения методом эндопротезирования ПФС1, однако данный метод лечения имеет недостаточно положительную результативность и приводит к затруднениям последующих оперативных вмешательств. Данная методика требует дальнейших наблюдений и более глубоких клинических исследований. Таким образом, «золотым стандартом» лечения пациентов с hallux rigidus в поздних стадиях до настоящего времени остается артродезирование ПФС1. Также появились методики, с сопоставимыми клиническими результатами, но позволяющие сохранить подвижность в суставе, однако достаточного количества достоверных результатов долгосрочных исследований на данный момент нет.

Ключевые слова: ригидный первый палец; hallux rigidus; остеоартроз первого плюснефалангового сустава.

Конфликт интересов: ни у одного из авторов нет конфликта интересов, который мог бы ненадлежащим образом повлиять на эту работу.

Источник финансирования. Это исследование не получило никаких конкретных грантов от финансирующих организаций в государственном, коммерческом или некоммерческом секторах.

Для цитирования: Мурсалов А.К., Иванов К.С., Дзюба А.М., Рогова М.С., Федотов Е.А., Шипилов А.С., Современные принципы лечения hallux rigidus // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 70–82.

MODERN PRINCIPLES OF HALLUX RIGIDUS TREATMENT

ANATOLY K. MURSALOV, KONSTANTIN S. IVANOV, ALEXEY M. DZYUBA, MARIYA S. ROGOVA, EUGENE A. FEDOTOV, ALEXANDER S. SHIPILOV

National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, 127299, Moscow, Russia

Abstract

Introduction: pain in the area of the first toe caused by osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint (I MTP) is one of the most common pathologies of the human foot. In this pathology, painfulness is caused by arthritic changes in the joint, movements in the joint become painful, and joint mobility decreases [1].

The above is a clinical manifestation of hallux rigidus disease. When diagnosing this pathology, radiologic examination reveals narrowing of the articular gap of the first metatarsophalangeal joint and the presence of dorsal osteophytes of I MTP [3]. Patients with hallux rigidus are quite often encountered in

the clinical practice of a physician. The etiology of hallux rigidus encompasses a variety of factors, and there are many approaches to the treatment of this disease. To date, the choice of treatment is based on a combined assessment of clinical and radiologic findings. The aim of this article is to review the current knowledge on the treatment of hallux rigidus.

Research objective: to determine the modern principles of conservative and surgical treatment of the first metatarsophalangeal joint disease hallux rigidus.

Materials and methods: A systematic literature search was conducted in relevant databases with the search terms "hallux rigidus". The depth of the search was 24 years. The number of articles used for this paper was 42. A systematic review of research papers on the treatment of hallux rigidus was conducted according to the preferred reporting elements for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA).

Results: There are many treatment options for hallux rigidus in the current literature. Treatment of hallux rigidus can be divided into conservative and surgical treatment. Surgical treatment is usually divided into surgery that preserves the I MTP and surgery that does not preserve the I MTP. Treatment tactics depend on the severity of hallux rigidus, the clinical picture and the patient's complaints. For I-II degrees of first metatarsophalangeal joint damage, methods such as cheilectomy combined with or without Moberg surgery, shortening chevron osteotomy should be used. In the case of III degree hallux rigidus, there is experience with treatment by endoprosthesis of the I MTP, but this method of treatment has insufficient positive results and leads to difficulties in subsequent surgical interventions. This technique requires further observation and more in-depth clinical studies. Therefore, arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint remains the "gold standard" for the treatment of patients with advanced hallux rigidus. However, other methods have emerged with comparable clinical results that allow preservation of joint motion, but there are not enough reliable results from long-term studies.

Keywords: stiff first toe; hallux rigidus; osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint.

Conflict of interests: None of the authors has a conflict of interest that could unduly influence this work.

Funding: This study has not received any specific grants from funding organizations in the public, commercial or non-profit sectors.

For citation: Mursalov A.K., Ivanov K.S., Dzyuba A.M., Rogova M.S., Fedotov E.A., Shipilov A.S., Modern principles of hallux rigidus treatment // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 70–82.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.70-82

Введение

Hallux rigidus (ригидный, или тугоподвижный, первый палец стопы) – это заболевание, характеризующееся дегенеративными изменениями гиалинового хряща первого плюснефалангового сустава [11].

Hallux rigidus встречается у 1 из 40 взрослых людей старше 50 лет и в два раза чаще встречается у женщин. Этиология данного заболевания не изучена в достаточной степени, но одной из наиболее частой причин развития hallux rigidus считают травму суставной поверхности первого плюснефалангового сустава [2].

Остеоартроз I плюснефалангового сустава по своей этиологии встречается как идиопатического, так и травматического генеза. Тильное сгибание преимущественно ограничено из-за образования дорсальных околосуставных остеофитов. Кроме ограничения подвижности в суставе пациентов беспокоит болевой синдром, усиливающийся по мере прогрессирования дегенерации хрящевого покрова и образования остеофитов. В совокупности данные проявления hallux rigidus приводят к изменению биомеханики походки и снижают качество жизни пациентов [8, 12].

Комментарий

В данном систематическом обзоре рассматриваются методы, подтверждающие эффективность консервативных и хирургических методов лечения распространенного заболевания – остеоартроза первого плюснефалангового сустава.

Авторы исследований, использованных при подготовке в написании данной работы, предоставляют сбалансированную и объективную оценку методов лечения и делятся своим предпочтительным алгоритмом лечения hallux rigidus.

Материалы и методы

Был проведен систематический поиск литературы в соответствующих базах данных с поисковыми терминами «hallux rigidus». Глубина поиска составила 24 года.

Критерии включения в исследование:

- работы, имеющие высокий уровень достоверности
- работы с давностью выполнения не позднее 24 лет
- работы на английском и русском языках

Критерии невключения в исследование:

- работы, имеющие низкий уровень достоверности
- работы с давностью выполнения более 24 лет
- работы не на английском и русском языках

Был проведен систематический поиск литературы в соответствующих базах данных с поисковыми терминами «hallux rigidus»; «hallux limitus»; «stiff first toe»; «osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint».

Глубина поиска составила 24 года. Количество статей, использованных для написания данной работы – 42. Систематический обзор клинических руководств, посвященных лечению hallux rigidus, был проведен в соответствии с предпочтительными элементами отчетности для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA).

Стратегия поиска и выбора исследований

Для сбора и селекции доказательств был проведен поиск в электронных базах данных, с предпочтением работ, имеющих высокий уровень достоверности.

Ссылки на источники информации указаны в тексте. Доказательная база для рекомендаций основана на публикациях из PubMed, Medline, Embase, Web of Science, eLibrary, Cyberlenika.

Использованные поисковые термины: «hallux rigidus», «hallux limitus», «first MTP arthritis».

Стратегия поиска в базе данных Pubmed была: ((hallux rigidus) ИЛИ (osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint)) И ((систематический обзор) ИЛИ (руководство) ИЛИ (метаанализ)).

Поиск работ происходил на английском и русском языках. Поисковые запросы отбирались по названию, аннотации и чтению полной статьи.

Результаты и обсуждение:

Этиология

Вопрос этиологии hallux rigidus остается открытым до настоящего времени. Согласно данным литературы, этиология HR сводится к нескольким факторам. J.T. Deland, B.R. Williams описывали, что травма является одной из основных причин появления ригидности первого пальца стопы [33]. Coughlin MJ, Shurnas PS в выборке пациентов, которым с 1981 по 1999 проводилась хейлэктомия и артродез I плюснефалангового сустава при ригидном первом пальце стопы отмечали, что ригидность связана с вальгусной деформацией первого пальца стопы, а двустороннее поражение связано с наследственностью и женским полом [12]. A. Migueles, G. Slullitel описывали развитие дегенеративных изменений вызванными повторяющимися нагрузками, воспалительными или метаболическими заболеваниями, такими как подагра, ревматоидный артрит и серонегативные артропатии [9]. Также было высказано предположение, что повреждение суставной поверхности плюснефалангового сустава может быть вызвано расслаивающим остеохондритом. Биомеханические и структурные факторы, такие как длинная первая плюсневая кость, высокое положение плюсневой кости и приведение плюсневой кости, также могут повышать риск развития hallux rigidus [34].

Классификация

Система классификаций должна помогать в принятии решения о выборе тактики лечения и их возможного сравнения. Кроме того, классификация нужна для того, чтобы сравнить результаты различных исследований. Beeson et al. (2008) выполняли систематический обзор литературы и оценивали различные классификации hallux rigidus. Авторы отметили, что нет классификации, которая отвечала бы надежностью и валидностью. Принимая во внимание эти недостатки, они посчитали, что классификация M.J. Coughlin с соавторами наиболее приближена к «золотому стандарту» [35].

Один из вариантов классификации hallux rigidus – это рентгенологическая классификация Hattrup и Johnson, 1988 год:

- I стадия – незначительное сужение суставной щели, отсутствие остеофитов.
- II стадия – значительные изменения суставной поверхности, сужение суставной щели, остеофиты на головке первой плюсневой кости и основной фаланге, субхондральные кисты и зоны склероза.
- III стадия – фиброзный анкилоз сустава, выраженные остеофиты, отсутствие суставной щели.

Каждой рентгенологической стадии соответствует определенная клиническая картина. С учетом клинической картины можно выделить 5 стадий hallux rigidus по классификации Coughlin и Shurnas, таблица 1 (ОД – объем движений, ТС – тыльное сгибание, ПС – подошвенное сгибание):

Таблица 1

Стадии HR по Coughlin и Shurnas

Стадия	Клинические параметры	Рентгенологические параметры
0	ТС = 40–60° (менее 20 % от нормального ОД), боли нет	Норма
1	ТС = 30–40° (менее 20-50 % от нормального ОД), небольшой болевой синдром	Небольшие тыльные остеофиты, нормальная суставная щель
2	ТС = 10–30° (менее 50-70 % от нормального ОД), умеренный болевой синдром, связанный с движением	Умеренные тыльные (латеральные/медиальные) остеофиты, сужение суставной щели < 50 %, остеосклероз
3	ТС < 10° (часто ПС < 10°), боль в крайних положениях ПФС1, отсутствие боли в середине движения	Выраженные тыльные остеофиты, сужение суставной щели > 50 %, субхондральные кисты или эрозии, сесамовидные кости увеличены, кистозно/дегенеративно изменены
4	Выраженная тугоподвижность, боль в крайних положениях ПФС1, боль в середине движения	Выраженный тыльный остеофит, сужение полости сустава > 50 %, свободные тела или остеохондральные дефекты, сесамовидные кости увеличены, кистозно/дегенеративно изменены

Клиническая картина

Клиническая картина пациентов с hallux rigidus проявляется болью и ограничением движения в ПФС1. Кроме того, развивающиеся нарушения стереотипа походки, связанные с попыткой пациента перенести опору на латеральную колонну стопы, могут вызвать боли в латеральном отделе стопы. Пациенты также могут предъявлять жалобы на проблемы с подбором обуви из-за образования остеофитов на дорсальной

поверхности головки 1 плюсневой кости и на проксимальной фаланге 1 пальца стопы. Также, в литературе существуют данные, что образовавшиеся остеофиты могут приводить к компрессии тыльного медиального кожного нерва стопы [2].

Физикальный осмотр

Осмотр стопы следует проводить в положении пациента стоя и сидя. В положении стоя следует оценивать динамическую функцию первого пальца стопы. В положении сидя, при расслабленных мягких тканях также оценивается активная и пассивная амплитуда движений.

При пальпации в области ПФС1 часто отмечается болезненность, больше по дорсальной поверхности. Пальпаторно оценивается наличие остеофитов. Как указывалось выше, образовавшиеся остеофиты могут приводить к компрессии тыльного медиального кожного нерва стопы, поэтому следует оценить чувствительность 1 пальца.

Оценка амплитуды движений в ПФС1 имеет решающее значение. Непосредственно подвижность указывает на степень тяжести остеоартроза. Наиболее распространённым признаком считается ограничение пассивных движений, особенно при тыльном сгибании. При наиболее легкой степени тяжести боль может возникать только в крайних положениях при пассивном тыльном или подошвенном сгибании. Если пациента беспокоит боль даже при движении в средней амплитуде, это указывает на более обширные артрозные изменения сустава.

Также при физикальном осмотре следует обратить внимание на межфаланговый сустав 1 пальца стопы. Если межфаланговый сустав также имеет артрозные изменения, то это стоит учитывать при выборе хирургической тактики лечения. В подобных случаях следует избегать операции артродезирования ПФС1. При артродезировании ПФС1, с компенсаторной целью развивается гипермобильность межфалангового сустава 1 пальца стопы. В случае артроза межфалангового сустава гипермобильность может не возникнуть, или возникнуть, вызвав болевой синдром у пациента, что в обоих случаях приведет к нарушению походки и возможным повторным оперативным вмешательствам [2].



Рисунок 1. Изменение походки пациентов с болевым синдромом при HR

Как указывалось выше, у пациентов с hallux rigidus могут возникать изменения походки. В попытках снизить болевой синдром, пациенты переносят опору на внешний край стопы, уменьшая нагрузку на первый плюснефаланговый сустав [36] (рис. 1).

Рентгенографическое исследование

Необходимо сделать передне-заднюю, боковую и косые проекции поражённой стопы. При оценке выполненной рентгенографии, следует учитывать некоторые особенности. Степень сужения суставной щели лучше всего видна на косой проекции. На более поздних стадиях ригидности первого пальца стопы в околосуставной области головки плюсневой кости и проксимальной фаланги можно наблюдать образование остеофитов. Также, по мнению авторов Deland и Williams, отмечалось, что наличие остеофитов может вводить в заблуждение относительно степени сужения суставной щели, поскольку остеофиты визуально могут ложно свидетельствовать о более тяжёлой форме остеоартроза. Другие рентгенологические признаки включают такие изменения как костный склероз и субхондральные кисты. Для диагностики заболевания или планирования операции, как правило, не требуется магнитно-резонансная томография (МРТ) и компьютерная томография (КТ). Рентгенологического исследования вполне достаточно для диагностики hallux rigidus.

Дифференциальная диагностика

Говоря о дифференциальной диагностике, необходимо провести важное различие между hallux rigidus и hallux limitus. В клинической практике hallux rigidus определяется как боль, вызванная артрозными изменениями сустава, в то время как hallux limitus определяется как функциональная боль, вызванная напряжением мягких тканей, как пример, мышечными контрактурами, длинной или приподнятой первой плюсневой костью (metatarsus primus elevatus). У пациентов с hallux limitus, при осмотре стопы в положении подошвенного сгибания, как правило, наблюдается повышенное тыльное сгибание I пальца стопы, так как в положении подошвенного сгибания стопы, снимается напряжение длинного сгибателя первого пальца и устраняется ограничивающий фактор. Однако следует отметить, что hallux limitus может прогрессировать до hallux rigidus, поэтому могут наблюдаться признаки обоих состояний.

Также дифференциальный диагноз следует проводить с деформацией и болевым синдромом при вальгусной деформации 1 пальца, подагрой, псевдоподагрой. Данные заболевания имеют сходные клинические проявления и приводят к деформирующему остеоартрозу плюснефалангового сустава, но этиология, патогенез и лечение имеет свои характерные особенности.

Консервативная терапия

Консервативная терапия hallux rigidus направлена исключительно на поддержание заболевания на текущей степени деформации и не исправляет её, соответственно,

не восстанавливает объём движений. Основная задача консервативного лечения – это снизить воспалительный процесс, купировать болевой синдром и замедлить прогрессирование остеоартроза в первом плюснефаланговом суставе.

В ретроспективном обзоре 772 пациентов от 2002 года, страдающих hallux rigidus, сообщалось о 55 % успешных случаев консервативного лечения, и эти меры остаются первой линией лечения в большинстве случаев [4].

В своей работе, Ali S. Alshehri с соавторами указывает, что наиболее распространенным методом лечения было консервативное (66,7 %). Осложнения были минимальными (2,4 % инфекций, 1,2 % метатарзалгии), и 67,9 % пациентов сообщили об отсутствии беспокоящих симптомов после лечения [37].

Gabriele Colò с соавторами указывал, что блокады и внутрисуставные инъекции кортикостероидов приносят облегчение некоторым пациентам с HR, но только на ранних стадиях и длительность облегчения болевого синдрома сохраняется в течение 3–6 месяцев. Инъекции, обогащённой тромбоцитами плазмы, или аспирата костного мозга уменьшают боль и скованность в суставе, улучшая качество жизни, однако имеющиеся научные данные недостаточны для окончательных выводов. Также в этой работе приводились данные о применении ортопедической обуви и стелек для уменьшения боли, так как основное действие направлено на изменения биомеханики I плюснефалангового сустава. Также может быть полезна физиотерапия, включающая манипуляции с суставом, мобилизацию и улучшение подвижности. Тренировка походки, обеспечение покоя и прикладывание льда уменьшают болевой синдром и воспаление. Применение методов, таких как экстракорпоральная ударно-волновая терапия, ионофорез и ультразвуковая терапия также применяются при лечении HR. Однако доказательства, подтверждающие эффективность этих методов лечения, по-прежнему недостаточны [36].

Противовоспалительная терапия

Пероральные нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) являются основой консервативного лечения, они используются при болях и воспалительных процессах в суставах. Однако одних НПВП недостаточно, их следует сочетать с другими методами консервативного лечения. Кроме того, внутрисуставные инъекции оказались эффективными у некоторых пациентов с hallux rigidus. Нестероидные противовоспалительные препараты могут облегчить острую боль и снять отек, однако при длительном применении следует учитывать их потенциальные побочные эффекты со стороны сердца, почек и желудочно-кишечного тракта.

Ортопедический режим

Следует соблюдать определенный ортопедический режим, а именно избегать действий, приводящих сустав в положение тыльного сгибания. Это включает в себя бег и прыжки. Подъем по лестнице, по возможности, следует ограничить, что позволит уменьшить нагрузку на ПФС1 во время лечения.

Обувь

Выбор обуви очень важен, так как обувь с высоким каблуком приводит к избыточной нагрузке на ПФС1 при тыльном сгибании первого пальца, что, вероятно, со временем усугубляет симптомы. Некоторые виды обуви могут усиливать симптоматику, например, обувь с жестким верхом и швами или вставками на тыльной части в области ПФС1, это обусловлено контактом обуви с образовавшимися при hallux rigidus остеофитами. Также ношение спортивной обуви, например, для футбола и гольфа, или рабочей обуви, способствует развитию заболевания. В отличие от вышеуказанного, обувь с мягким верхом и просторным носком минимизирует раздражение от контакта с остеофитами. Обувь с высоким носком может быть полезна для предотвращения прямого контакта между обувью и дорсальными остеофитами, тем самым снимая нагрузку с сустава. Также, для снижения нагрузки на I плюснефаланговый сустав, снижение в нём подвижности, рекомендуется носить обувь на жесткой подошве [36].

Внутрисуставные инъекции и блокады

По результатам рандомизированного исследования, Solan MC с соавторами пришли к выводу, что инъекции в I плюснефаланговый сустав могут обеспечить временное облегчение болевого синдрома. Рекомендуются как стероидные препараты, так и гиалуроновая кислота. Инъекции кортикостероидов наиболее полезны пациентам с менее тяжелой степенью артрита, их эффективность при тяжелом артрите снижена [13].

Pons M, Alvarez F, Solana J, Viladot R, Varela L. в 2015 году опубликовали собственное исследование. По результатам, при сравнении терапии гиалуроновой кислотой и терапии кортикостероидами в проспективном исследовании с участием 37 пациентов в обеих группах через 3 месяца было отмечено улучшение как функциональных возможностей, так и уменьшение болевого синдрома. Было показано, что гиалуроновая кислота превосходит инъекции кортикостероидов по результатам оценки с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) при ходьбе через 28 и 56 дней. При клиническом обследовании не было выявлено различий между группами [14].

В исследовании от 2001 года указывается, что эффект от внутрисуставных инъекций может сохраняться до шести месяцев у пациентов с ранними стадиями заболевания, а по мере прогрессирования заболевания эффект уменьшается, и пациентам в конечном итоге может потребоваться хирургическое вмешательство [37].

Также, в работе от 2021 года, посвящённой комплексному подходу к консервативному лечению пациентов с остеоартрозом первого плюснефалангового сустава, Д.В. Ильченко с соавторами указывает на краткосрочный положительный эффект после применения внутрисуставных инъекций. Однако, основываясь на современных литературных данных, авторы приходят к выводу, что на сегодняшний день не существует консервативного метода, позволяющего достичь стойкого положительного

результата на различных стадиях остеоартроза ПФС1, что во многом связано с отсутствием комплексного подхода к диагностике и лечению заболевания. По результату своего исследования авторы приходят к выводу, что использование комплексного и структурированного подхода к лечению hallux rigidus с применением физических методов восстановительного лечения показало его высокую эффективность на ранних стадиях заболевания с наличием 96% положительных результатов по оценке пациентов. Медиана AOFAS для переднего отдела стопы по окончании курса составила 87 баллов, медиана итогового показателя повседневной функциональной активности по FAAM – 98 %, показатель спортивной активности – 97 % [42].

Хирургические методы лечения hallux rigidus

При низкой эффективности консервативной терапии hallux rigidus стоит применять хирургические методы лечения. Выбор метода хирургического лечения зависит от стадии заболевания.

Ранние стадии (I–II по Coughlin)

При hallux rigidus I–II стадии рекомендуется выполнять хирургическое лечение, направленное на сохранение плюснефалангового сустава. К таким методикам можно отнести хейлоэктомию, операцию Moberg, укорачивающую шевронную остеотомию.

Хейлоэктомия

Общие показания к хейлэктомии — это ригидность первого плюснефалангового сустава I–II стадии с наличием остеофитов, вызывающих раздражение и болевые синдромы при ношении обуви у пациентов, которым не помогло длительное консервативное лечение [6]. На стадии I (с легким ограничением тыльного сгибания и легкими степенями остеоартроза) хейлэктомия является предпочтительным методом лечения [5]. Данный метод хирургического лечения является примером классического щадящего подхода к лечению hallux rigidus, который на ранних стадиях заболевания демонстрирует хорошие результаты [11]. Хейлэктомия считается относительно простым методом хирургического лечения, который сохраняет подвижность I плюснефалангового сустава, что позволяет пациенту быстрее вернуться к повседневной деятельности. Сообщается о низком уровне осложнений после хейлэктомии (от 0% до 3%) [8].

Техника хейлэктомии I плюснефалангового сустава включает в себя удаление дорсальных остеофитов с головки плюсневой кости и проксимальной фаланги, а также удаление одной трети дорсальной суставной поверхности I плюсневой кости. Не рекомендуется удалять более 30 % дорсальной части головки I плюсневой кости, так как может развиваться нестабильной в ПФС, а проксимальная фаланга может вывихиваться. Результаты лечения после данного метода хирургического лечения – восстановление функции ходьбы, поскольку увеличивается объем тыльного сгибания в первом плюснефаланговом суставе, в результате чего увеличивается и максимальная сила отталкивания стопы в сагиттальной плоскости. Также стоит отметить, что риск развития тромбоза глубоких вен после

хейлоэктомии составляет менее 1 % и снижается значительно, если пациентам сразу после операции рекомендуется полностью опираться на ногу в специальной послеоперационной обуви [7].

Также одним из вариантов выполнения хейлоэктомии является артроскопическая методика выполнения операции. Преимуществом является малоинвазивная техника исполнения, что еще более благоприятно влияет на процесс восстановления пациентов после проведенной операции. Несмотря на преимущество артроскопической методики над стандартной открытой методикой хейлоэктомии, для исполнения необходимо дополнительное оборудование и навык владения артроскопической техникой. На сегодняшний день нет объективных данных по сравнению методик артроскопической и открытой хейлоэктомии.

Несмотря на все преимущества хейлоэктомии, стоит учитывать, что хейлэктомия не предотвращает прогрессирование заболевания и редко является окончательным решением проблемы. Образование дорсальных остеофитов наблюдается в 31 % случаев у пациентов с продолжающимся остеоартрозом ПФС [8].

Операция Moberg

Операция Moberg заключается в проведении дорсальной клиновидной остеотомии основной фаланги 1-го пальца, что увеличивает тыльное сгибание 1-го пальца, однако достигается это ценой уменьшения объема подошвенного сгибания 1-го пальца (рис. 2).



Рисунок 2. Операция Moberg

Операция Moberg редко может выполняться как отдельная процедура, чаще её выполняют в сочетании с хейлоэктомией, либо в качестве следующего этапа после хейлоэктомии. Данный метод хирургического лечения является оптимальным выбором для пациентов с hallux rigidus I–II стадии при сохранённой суставной щели. В сочетании с хейлэктомией операция Moberg обеспечивает хорошие функциональные результаты с низким риском осложнений. Итог операции – смена точки контакта суставных поверхностей. В норме при тыльном сгибании контакт происходит в дорсальной части сустава. При HR эта зона разрушена, а нагрузка после операции Moberg переносится на подошвенную часть сустава, где хрящ ещё сохранён.

В своей работе от 2015 года Paul Hyon-Uk Kim с соавторами указывает, что потенциальная краевая нагрузка на дорсальную

часть хряща после хейлэктомии может быть предотвращена при остеотомии Moberg благодаря смещению центра давления в подошвенную сторону [37]. Однако данные о необходимости применения операции Moberg разнятся. Существует точка зрения, что добавление остеотомии Moberg существенно не изменяет краткосрочные и среднесрочные результаты хейлэктомии для лечения hallux rigidus, о чем свидетельствует существующий метаанализ Jaeyoung Kim с соавторами от 2023 года [38, 39].

Укорачивающая шевронная остеотомия

В качестве альтернативы хейлэктомии и операции Moberg можно рассматривать укорачивающую шевронную остеотомию I плюсневой кости. Некоторые авторы описывают лечение hallux rigidus методом модифицированной шевронной остеотомии, укорачивающей I плюсневую кость. Предложена новая модификация шевронной остеотомии, при которой дорсальная часть распила остеотомии выполняется перпендикулярно горизонтальной плоскости первой плюсневой кости. Основное преимущество заключается в том, что это позволяет гораздо легче и точнее произвести дорсальный трапециевидный клин, особенно для коррекции угла наклона суставной поверхности головки первой плюсневой кости по отношению к её оси (PASA). К другим преимуществам относится возможность выполнения дорсального закрытоугольного клина, особенно для декомпрессии плюснефалангового сустава при умеренной степени ригидности первого пальца стопы, а также фиксация окончательной остеотомии одним винтом [10]. Основные этапы выполнения трапециевидного клина представлены на рисунках 3, 4, 5.



Рисунок 3. Этап остеотомии

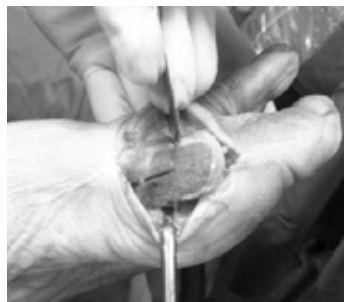


Рисунок 4. Этап остеотомии



Рисунок 5. Этап остеотомии

Послеоперационное наблюдение за пациентами с выполненной модифицированной шевронной остеотомией показывает хороший результат лечения.

В исследовании от 2015 года Michele Vasso с соавторами указывается, что средний балл AOFAS улучшился с 56,6 (диапазон 49–64) балла до операции – до 90,6 (диапазон 81–94) балла после операции, а средний показатель боли по ВАШ снизился с 5,7 (диапазон 4–8) до операции – до 1,6 (диапазон 0–3) после операции [10].

Поздние стадии (III–IV)

При hallux rigidus III–IV стадии деформация и ограничение подвижности в ПФС1 значительно прогрессируют. На поздних стадиях можно попытаться сохранить движение в суставе используя методики интерпозиционной артропластики или эндопротезирования, либо произвести артродезирование ПФС1. В современной литературе описываются преимущества и недостатки каждого из данных методов.

Интерпозиционная артропластика I плюснефалангового сустава

Интерпозиционная артропластика I плюснефалангового сустава выполняется как суставосохраняющий метод лечения III стадии заболевания, и может выполняться несколькими методами:

1. Интерпозиция капсулы. Из апоневроза и капсулы сустава выкраивают лоскут, который служит интерпозиционным материалом.

2. Интерпозиция сухожилия (интерпозиция алло- или аутотрансплантата). Во время операции из сухожильного лоскута формируется спейсер который помещается в сустав.

3. Интерпозиция синтетических материалов. Например, интерпозиция Polyvinyl Alcohol Hydrogel (PVA) используется для замещения хрящевых дефектов головки первой плюсневой кости.

P.K. Givissis, P.D. Symeonidis, D.M. Kitridis в своей работе указывают интерпозиционную артропластику ПФС1 с использованием аллогraftа широкой фасции бедра после предварительной хейлэктомии. Анализ данной методики проведен среди 18 пациентов. Авторы пришли к выводу, что методика позволяет добиться хороших среднесрочных результатов, особенно у пожилых пациентов. К преимуществам метода можно отнести сохранение функциональности I ПФС, простоту технического исполнения и получение пластического материала [15]. Однако следует учитывать недостатки методики, такие как дополнительный хирургический доступ к фасции бедра.

Модифицированная косая капсульная интерпозиционная артропластика Келлера (МОКСИА)

В своей работе от 2014 года J.E. Johnson с соавторами публикуют результаты анализа проведенной модифицированной косой капсульной интерпозиционной артропластики Келлера. По мнению авторов, альтернативой радикальным операциям для молодых пациентов, которые хотят сохранить подвижность первого пальца стопы может стать артропластика с использованием

собственного биологического импланта. При этом не исключаются радикальные операции в случае неудачи. Авторы отмечают, что послеоперационный режим и период восстановления аналогичны таковым при дорсальной хейлэктомии и относительно коротки по сравнению с артродезом [29].

Среди методов артропластики метод МОКСИА показал более низкий уровень осложнений по сравнению с другими методами артропластики. Также данный метод является дешевле и не требует установки сторонних имплантов, что снижает риск аллергических реакций у пациентов. Некоторые авторы указывают, что МОКСИА обеспечивает лучшее распределение нагрузки на стопу, чем артродез [31, 32] и позволяет избежать недостатков артропластики с использованием имплантов.

Данный метод хирургического лечения hallux rigidus заключается в том, что в сустав вводится дорсальная часть капсулы плюснефалангового сустава первого пальца стопы, что снижает боль без ущерба для объема движений [29]. Важно сохранить крепление плантарной пластинки на проксимальной фаланге для поддержания стабильности в суставе. Метод МОКСИА не требует полной резекции I плюснефалангового сустава стопы, сохраняет его стабильность и не изменяет длину первого пальца (рис. 6, 7, 8). В то время как в оригинальном описании артропластики с резекцией по Келлеру выполнялась резекция всего основания проксимальной фаланги, процедура МОКСИА, использует дорсальную хейлэктомию и частичную резекцию фаланги с сохранением плантарной пластинки и коротких сгибателей ПФС1, что приводит к сохранению более правильной биомеханике сустава.



Рисунок 6. Удаленные костные фрагменты



Рисунок 7. Этап подшивания капсулы



Рисунок 8. Ушивание капсулы с медиальной стороны

При выполнении стандартной артропластики по методу Келлера у пациентов были отмечены метатарзалгия или когтеобразная деформация первого пальца, когда плантарная пластинка отделялась при более агрессивной резекции

проксимальной фаланги. Как отмечают авторы исследования, пациент должен быть проинформирован о таких возможных осложнениях, однако методика МОКСИА, которая сохраняет прикрепление подошвенной пластинки, должна свести к минимуму вышеуказанные осложнения [30].

Стоит отметить, что для операции МОКСИА не проводились долгосрочные рандомизированные контролируемые исследования, но по мнению авторов, полученные результаты сопоставимы с другими альтернативами лечения hallux rigidus на поздней стадии. По мнению авторов данные результаты свидетельствуют о том, что МОКСИА может быть подходящей альтернативой для лечения hallux rigidus у молодых активных пациентов [29].

Эндопротезирование I плюснефалангового сустава

Эндопротезирование I плюснефалангового сустава выполняется при поздних стадиях hallux rigidus и является альтернативой выполнения операции артродезирования (рис. 9).



Рисунок 9. Тотальное эндопротезирование ПФС1

По типу конструкции эндопротезирование может быть как однополюсным, так и двухполюсным (тотальным). Тотальное эндопротезирование также можно разделить по виду фиксации импланта. Фиксация протеза существует цементная и бесцементная. По материалу изготовления эндопротезы делятся на силиконовые, металлические и керамические. При выборе тактики лечения, стоит учитывать, что эндопротезирование ПФС1 требует большей предоперационной подготовки, это технически более сложный метод лечения, имеющий противопоказания, такие как остеопороз, выраженная деформация или неблагоприятный инфекционный анамнез пациента.

Несмотря на то, что несколько авторов сообщали об удовлетворительных результатах после эндопротезирования [16], высокие показатели остеолита, нестабильности имплантата ограничивают его использование [17, 18].

При первоначальных попытках замены I плюснефалангового сустава использовались силиконовые имплантаты «Silastic». Результаты лечения hallux rigidus данным методом отмечали

некоторые отрицательные результаты. Силиконовые имплантаты не только приводили к остеолиту и нестабильности импланта, но и вызывали иммунную реакцию, которая приводила к дополнительным осложнениям. В результате потеря костной ткани становилась клинической проблемой при последующей попытке артродезирования, поэтому сегодня эти имплантаты используются крайне редко [8, 19].

Эффективность использования металлических имплантов также показала неоднозначные результаты. По данным некоторых авторов частота повторных операций в течение 5 лет после операции в нескольких хорошо проведенных исследованиях по эндопротезированию первого межфалангового сустава составляет от 5,5 % до 24,1 %. Кроме того, у трети пациентов при среднем сроке наблюдения было обнаружено проседание имплантата [8, 18, 20].

Керамические имплантаты показали аналогичные плохие результаты: частота повторных операций составляет от 26 % до 32 %. Осложнения включали 1 поверхностную инфекцию раны, а в 5 случаях (16 %) была проведена повторная операция из-за нестабильности импланта или появления боли. Выживаемость имплантатов составила 92 % через 5 лет, 85 % через 7 лет и 68 % через 9 лет [21, 22].

Ретроспективный анализ 21 случая эндопротезирования головки первой плюсневой кости показал, что по сравнению с группой из 27 пациентов с артродезом, уровень удовлетворенности после эндопротезирования был ниже, показатели боли по шкале ВАШ были выше, а показатели AOFAS были хуже, чем у группы пациентов с артродезом [18].

В исследовании от 2014 года Г.М. Кавалерский с соавторами предоставили результаты лечения 12 пациентов с hallux rigidus, из них 7 мужчин (55 %) и 5 (45 %) женщин, лечение проводилось в период с 2010 по 2012 гг. Средний возраст пациентов составил 59,5 лет (минимальный возраст в группе пациентов 42 года, максимальный – 73). По данным работы, несмотря на небольшое количество операций, в выборе хирургической тактики лечения проводимых при hallux rigidus сохраняются разногласия относительно показаний к операции.

В исследовании от 2005 года J.N. Gibson, C.E. Thomson опубликовали работу, сравнив тотальное эндопротезирование и артродезирования ПФС1. По мнению авторов результаты после артродеза были лучше, чем после эндопротезирования. Результаты были частично обусловлены неприемлемо высокой частотой расшатывания компонентов фаланг, что приводило к удалению имплантатов. Однако даже с учетом данных о неудачах большинство пациентов явно предпочитали артродез [17].

Эндопротезирование первого плюснефалангового сустава, в сравнении с артродезом, технически более требовательная операция, и требует тщательного планирования и подготовки. Тем не менее, по мнению авторов, эндопротезирование является одним из методов, достоверно позволяющим устранить болевой синдром и восстановить амплитуду движений в полном объеме. Таким образом, Г.М. Кавалерский с соавторами пришли к выводу,

что тотальное эндопротезирование является перспективой развития в хирургическом лечении остеоартроза первого плюснефалангового сустава, но требует тщательного анализа отдаленных результатов [41].

Гемартропластика гидрогелем из поливинилового спирта

В 2016 году FDA¹ предварительно одобрили использование Polyvinyl Alcohol Hydrogel (PVA) – гидрогелевого имплантата из поливинилового спирта (ПВС) в Соединенных Штатах. Материал имплантата по свойствам аналогичен суставному хрящу человека с точки зрения процентного содержания воды, прочности при растяжении и модуля упругости при сжатии [23, 24]. Имплант удерживается на месте с помощью запрессовки и должен фиксироваться ровно на 1,5 мм, что позволяет ему выполнять функцию как однополюсного эндопротеза (гемартропластика), так и межпозиционной вставки между пораженными артрозом поверхностями (рис. 10, 11) [25].



Рисунок 10. Имплант из ПВС



Рисунок 11. Имплант из ПВС

Проспективное рандомизированное исследование от 2016 года, в котором сравнивали гидрогелевый имплантат ПВС с артродезом, показало, что послеоперационная боль, функциональность и частота повторных операций были схожими в обеих группах через 12 и 24 месяца, однако подвижность улучшилась на 27 % в группе с гидрогелевым имплантатом ПВС [26].

В исследовании от 2017 года аналогичные результаты в группе с гидрогелевым имплантатом ПВС и в группе с артродезом были подтверждены у пациентов с деформацией до 20 градусов и выраженной тугоподвижностью до операции [27]. Подгруппа из 29 пациентов была доступна для проспективного наблюдения в течение 5 лет, и было показано, что показатели боли по шкале ВАШ, опросника SF-36, опросника для оценки состояния стопы и голеностопного сустава (FAAM) в повседневной жизни и спортивных подшкалах FAAM улучшились и были близки к показателям, полученным в ходе первоначального исследования. Только 1 пациенту (4 %) потребовалась повторная операция по артродезу [28]. Ни в одном из исследований не было выявлено случаев износа имплантата, нестабильности или остеолитизиса [26, 28]. Кроме того, было показано, что замена гидрогелевого

¹Food and Drug Administration (FDA) — агентство Министерства здравоохранения и социальных служб США, один из федеральных исполнительных департаментов.

имплантата из поливинилового спирта на артродез дает результаты, эквивалентные первичному артродезу, что является существенным улучшением по сравнению с предыдущими попытками первичного эндопротезирования сустава [26]. Ранние и промежуточные результаты применения гидрогеля из поливинилового спирта показывают хорошие результаты, однако долгосрочных исследований еще не проводилось.

Артродезирование I плюснефалангового сустава

Говоря о III и IV стадии hallux rigidus, при ограничении движения в первом плюснефаланговом суставе, а также наличии угловой деформации, остеофитов, нервно-мышечной этиологии развития болезни и слабости костной ткани многие авторы считают преимущественным методом лечения операцию артродезирования [8].

На сегодняшний день операция артродезирования I плюснефалангового сустава признана «золотым стандартом» оперативного лечения hallux rigidus. Суставные поверхности IПФС и образовавшиеся остеофиты резецируются, сустав фиксируется пластиной или винтами (рис. 12, 13). Данный метод хирургического лечения долгое время являлся предметом дискуссий. Некоторые авторы подчеркивают суставоразрушающий характер данного вида лечения и относительно длительный период восстановления пациентов в сравнении с суставосберегающими методами лечения hallux rigidus [9].

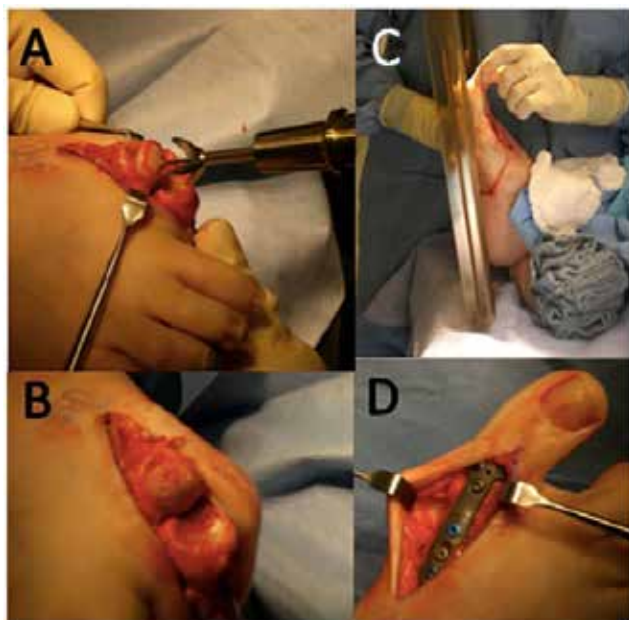


Рисунок 12. Этапы артродезирования ПФС1

В 2020 году Д.В. Ильченко, А.В. Королёв, А.А. Карданов, в своей работе провели анализ отдаленных функциональных результатов после артродеза первого плюснефалангового сустава при деформирующем остеоартрозе. По мнению авторов стабильность первого луча и отсутствие боли в ПФС1 являются залогом положительного исхода лечения, а функция стопы

после артродеза ПФС1 отличается незначительно от других оперативных пособий. Результат выполненной работы указывает на высокую эффективность данного вида оперативного лечения у пациентов с выраженным осеоартрозом ПФС1. Положительные результаты были получены в 92 % случаев хирургических вмешательств. Высокие показатели, полученные при изучении отдаленных функциональных результатов, позволяют рекомендовать артродез как основной метод лечения hallux rigidus 3–4 стадии по классификации Coughlin и Shurnas [40].



Рисунок 13. Рентгенограмма до и после артродезирования ПФС1

Выводы

Hallux rigidus является одним из самых распространённых заболеваний переднего отдела стопы человека. В современной литературе описано множество вариантов лечения пациентов с данной патологией. Имея достаточно доказанных данных из литературы, можно утверждать, что лечение пациентов с hallux rigidus следует начинать с консервативной терапии. При недостаточном положительном эффекте стоит применять хирургические методы лечения, которые в свою очередь можно разделить на сохраняющие и не сохраняющие первый плюснефаланговый сустав. В зависимости от степени поражения сустава и клинических проявлений тактика хирургического лечения будет варьироваться.

При I-II степени поражения I плюснефалангового сустава хорошие результаты показывают такие методы как хейлоэктомия в сочетании с операцией Moberg, либо без неё, укорачивающая шевронная остеотомия.

При hallux rigidus III и IV степени появились методики лечения, сопоставимые артродезированию клиническими результатами, но позволяющие сохранить подвижность в суставе. Такие методы хирургического лечения, как модифицированная косая капсульная интерпозиционная артропластика Келлера (МОКСИА) и гемиартропластика гидрогелем из поливинилового спирта. Данные методики показывают хорошие результаты

лечения, однако достаточного количества достоверных результатов долгосрочных исследований на данный момент нет.

Также при поздних стадиях hallux rigidus существует опыт лечения в виде эндопротезирования I плюснефалангового сустава, однако данный метод имеет недостаточно положительную результативность и приводит к затруднениям выполнения последующих оперативных вмешательств. Данная методика требует дальнейших наблюдений и более глубоких клинических исследований. «Золотым стандартом» лечения пациентов с hallux rigidus на поздних стадиях до настоящего времени остается артродезирование I плюснефалангового сустава.

Список литературы:

1. Hamid K.S., Parekh S.G. Clinical Presentation and Management of Hallux Rigidus. *Foot Ankle Clin.* 2015 Sep;20(3):391-9. Epub 2015 Jul 2. DOI: 10.1016/j.fcl.2015.04.002
2. Lam A., Chan J.J., Surace M.F., Vulcano E. Hallux rigidus: How do I approach it? *World J Orthop.* 2017 May 18;8(5):364-371. DOI: 10.5312/wjo.v8.i5.364.
3. Massimi, S., Caravelli, S., Fuiano, M. et al. Management of high-grade hallux rigidus: a narrative review of the literature. *Musculoskelet Surg* 104, 237–243 (2020). doi: 10.1007/s12306-020-00646-y.
4. Grady J.F., Axe T.M., Zager E.J., Sheldon L.A. A retrospective analysis of 772 patients with hallux limitus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002 Feb;92(2):102-8. doi: 10.7547/87507315-92-2-102.
5. Waizy, H. Hallux rigidus. *Oper Orthop Traumatol* 33, 463-464 (2021). DOI: 10.1007/s00064-021-00749-0
6. Fletcher A.N., Patel V., Cerrato R. Minimally Invasive Cheilectomy for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Clin.* 2024 Sep;29(3):471-484. Epub 2024 Mar 21. doi: 10.1016/j.fcl.2024.01.003
7. Razik A., Sott A.H. Cheilectomy for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Clin.* 2016 Sep;21(3):451-7. Epub 2016 May 24. doi: 10.1016/j.fcl.2016.04.006
8. Anderson M.R., Ho B.S., Baumhauer J.F. Republication of "Current Concepts Review: Hallux Rigidus". *Foot Ankle Orthop.* 2023 Jul 25;8(3):24730114231188123. doi: 10.1177/24730114231188123.
9. Miettinen M., Rämö L., Lähdeoja T., Sirola T., Sandelin H., Ponkilainen V., Repo J.P. Treatment of hallux rigidus (HARD trial): study protocol of a prospective, randomised, controlled trial of arthrodesis versus watchful waiting in the treatment of a painful osteoarthritic first metatarsophalangeal joint. *BMJ Open.* 2021 Aug 27;11(8):e049298. doi: 10.1136/bmjopen-2021-049298.
10. Vasso, M., Del Regno, C., D'Amelio, A. et al. A modified Austin/chevron osteotomy for treatment of hallux valgus and hallux rigidus. *J Orthopaed Traumatol* 17, 89–93 (2016). DOI: 10.1007/s10195-015-0366-7
11. Айрапетов Г. А., Воротников А. А. Современные методы лечения артроза первого плюснефалангового сустава Клиническая практика. 2021; 2(12): 103-109 DOI:10.17816/clinpract65062 [Airapetov G.A., Vorotnikov A.A. Modern

approaches to the treatment of hallux rigidus. *Journal of Clinical Practice.* 2021; 2(12): 103-109 DOI:10.17816/clinpract65062]

12. Coughlin M.J., Shurnas P.S. Hallux rigidus. Grading and long-term results of operative treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 2003 Nov;85(11):2072-88. DOI:10.2106/00004623-200502000-00045
13. Solan M.C., Calder J.D., Bendall S.P. Manipulation and injection for hallux rigidus. Is it worthwhile? *J Bone Joint Surg Br.* 2001 Jul;83(5):706-8. doi: 10.1302/0301-620x.83b5.11425.
14. Pons M., Alvarez F., Solana J., Viladot R., Varela L. Sodium hyaluronate in the treatment of hallux rigidus. A single-blind, randomized study. *Foot Ankle Int.* 2007 Jan;28(1):38-42. doi: 10.3113/FAI.2007.0007.
15. Givissis P.K., Symeonidis P.D., Kitridis D.M. et al. Minimal resection interposition arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint. *Foot (Edinb).* 2017; 32:1–7. doi: 10.1016/j.foot.2017.03.004
16. Kline A.J., Hasselman C.T. Metatarsal head resurfacing for advanced hallux rigidus. *Foot Ankle Int.* 2013 May;34(5):716-25. Epub 2013 Feb 13. doi: 10.1177/1071100713478930.
17. Gibson J.N., Thomson C.E. Arthrodesis or total replacement arthroplasty for hallux rigidus: a randomized controlled trial. *Foot Ankle Int.* 2005 Sep;26(9):680-90. doi: 10.1177/107110070502600904.
18. Raikin, Steven M. MD; Ahmad, Jamal M.D.; Pour, Aidin Eslam MD; Abidi, Nicholas MD. Comparison of Arthrodesis and Metallic Hemiarthroplasty of the Hallux Metatarsophalangeal Joint. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 89(9):p 1979-1985, September 2007. DOI: 10.2106/JBJS.F.01385
19. Lawrence B.R., Thuen E. A retrospective review of the primus first MTP joint double-stemmed silicone implant. *Foot Ankle Spec.* 2013 Apr;6(2):94-100. Epub 2013 Jan 4. doi: 10.1177/1938640012470715.
20. Pulavarti R.S., McVie J.L., Tulloch C.J. First metatarsophalangeal joint replacement using the bio-action great toe implant: intermediate results. *Foot Ankle Int.* 2005 Dec;26(12):1033-7. doi: 10.1177/107110070502601206.
21. Nagy M.T., Walker C.R., Sirikonda S.P. Second-Generation Ceramic First Metatarsophalangeal Joint Replacement for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2014 Jul;35(7):690-8. doi: 10.1177/1071100714536539.
22. Dawson-Bowling S., Adimonye A., Cohen A., Cottam H., Ritchie J., Fordyce M. MOJE ceramic metatarsophalangeal arthroplasty: disappointing clinical results at two to eight years. *Foot Ankle Int.* 2012 Jul;33(7):560-4. doi: 10.3113/FAI.2012.0560.
23. Baker M.I., Walsh S.P., Schwartz Z., Boyan B.D. A review of polyvinyl alcohol and its uses in cartilage and orthopedic applications. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2012 Jul;100(5):1451-7. Epub 2012 Apr 19. doi: 10.1002/jbm.b.32694.
24. Goucher N.R., Coughlin M.J. Hallux metatarsophalangeal joint arthrodesis using dome-shaped reamers and dorsal plate fixation: a prospective study. *Foot Ankle Int.* 2006 Nov;27(11):869-76. doi: 10.1177/107110070602701101.
25. Younger, Alastair & Baumhauer, Judith. Polyvinyl Alcohol Hydrogel Hemiarthroplasty of the Great Toe. *Techniques in*

Foot & Ankle Surgery. 2013; 12(3): 164-169. DOI:10.1097/BTF.0b013e3182a2b350

26. Baumhauer J.F., Singh D., Glazebrook M., Blundell C., De Vries G., Le I.L., Nielsen D., Pedersen M.E., Sakellariou A., Solan M., Wansbrough G., Younger A.S., Daniels T.; for and on behalf of the CARTIVA Motion Study Group. Prospective, Randomized, Multi-centered Clinical Trial Assessing Safety and Efficacy of a Synthetic Cartilage Implant Versus First Metatarsophalangeal Arthrodesis in Advanced Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2016 May;37(5):457-69. Epub 2016 Feb 27. doi: 10.1177/1071100716635560.

27. Goldberg A., Singh D., Glazebrook M., Blundell C.M., De Vries G., Le I.L., Nielsen D., Pedersen M.E., Sakellariou A., Solan M., Younger A.S.E., Daniels T.R., Baumhauer J.F.; Cartiva MOTION Study Group. Association Between Patient Factors and Outcome of Synthetic Cartilage Implant Hemiarthroplasty vs First Metatarsophalangeal Joint Arthrodesis in Advanced Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2017 Nov;38(11):1199-1206. Epub 2017 Aug 18. doi: 10.1177/1071100717723334.

28. Daniels T.R., Younger A.S., Penner M.J., Wing K.J., Miniaci-Coxhead S.L., Pinsker E., Glazebrook M. Midterm Outcomes of Polyvinyl Alcohol Hydrogel Hemiarthroplasty of the First Metatarsophalangeal Joint in Advanced Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2017 Mar;38(3):243-247. Epub 2016 Dec 7. doi: 10.1177/1071100716679979.

29. Jeffrey E Johnson, Jeremy J McCormick. Modified oblique Keller capsular interposition arthroplasty (MOKCIA) for treatment of late-stage hallux rigidus. *Foot Ankle Int.* 2014 Apr;35(4):415-22. doi: 10.1177/1071100714523590

30. Schenk S, Meizer R, Kramer R, Aigner N, Landsiedl F, Steinboeck G. Resection arthroplasty with and without capsular interposition for treatment of severe hallux rigidus. *Int Orthop.* 2009;33(1):145-50. doi: 10.1007/s00264-007-0457-z.

31. Clews C.N., Kingsford A.C., Samaras D.J. Autogenous capsular interpositional arthroplasty surgery for painful hallux rigidus: assessing changes in range of motion and postoperative foot health. *J Foot Ankle Surg.* 2015; 54(1):29-36. doi: 10.1053/j.jfas.2014.09.004.

32. Kennedy JG, Chow FY, Dines J, Gardner M, Bohne WH. Outcomes after interposition arthroplasty for treatment of hallux rigidus. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 445:210-5. doi: 10.1097/01.blo.0000201166.82690.23.

33. Deland J.T., Williams B.R. Surgical management of hallux rigidus. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012; 20:347-358. doi: 10.5435/JAAOS-20-06-347.

34. Migués A., Slullitel G. Joint-preserving procedure for moderate hallux rigidus. *Foot Ankle Clin.* 2012; 17:459-471. doi: 10.1016/j.fcl.2012.06.006

35. Бобров Д. С., Слияков Л. Ю., Ченский А. Д., Матвиенко М. И., Холодаев М. Ю., Хурцилава Н. Д. Деформирующий остеоартроз первого плюснефалангового сустава, или ригидный 1 палец стопы: клиника, диагностика и лечение (Аналитический обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* – 2014; 3(11), 4-12. – eLIBRARY ID: 24343035, EDN UMSEBT.

[Bobrov D. S., Slinyakov L. YU., Chenskii A.D., M.I. Matvienko, M. YU. Kholodaev, N. D. Khurtsilava. Deformiruyushchii osteoartroz pervogo plusnefalangovogo sustava, ili rigidnyi 1 palets stopy: klinika, diagnostika i lechenie (Analiticheskii obzor literatury). *Kafedra travmatologii i ortopedii* – 2014; 3(11), 4-12. – eLIBRARY ID: 24343035, EDN UMSEBT]

36. Colò G., Fusini F., Samaila E.M., Rava A., Felli L., Alessio-Mazzola M., Magnan B. The efficacy of shoe modifications and foot orthoses in treating patients with hallux rigidus: a comprehensive review of literature. *Acta Biomed.* 2020 Dec 30;91(14-S):e2020016. doi: 10.23750/abm.v91i14-S.10969.

37. Alshehri A.S., Alzahrani F.A., Alqahtani L.S., Alhadlaq K.H., Alshabraqi H.A., Aljaafri Z.A. Outcomes of Operative Versus Nonoperative Management for Hallux Rigidus: A Tertiary Care Center Experience. *Cureus.* 2023 Oct 13;15(10):e46991. doi: 10.7759/cureus.46991.

38. Kim P.H., Chen X., Hillstrom H., Ellis S.J., Baxter J.R., Deland J.T. Moberg Osteotomy Shifts Contact Pressure Plantarly in the First Metatarsophalangeal Joint in a Biomechanical Model. *Foot Ankle Int.* 2016 Jan;37(1):96-101. Epub 2015 Sep 18. doi: 10.1177/1071100715603513.

39. Kim J., Rajan L., Fuller R.M., Mizher R., Cororaton A.D., Kumar P., An T.W., Deland J.T., Ellis S.J. A Patient-Reported Outcome-Based Comparison of Cheilectomy With and Without Proximal Phalangeal Dorsiflexion Osteotomy for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Spec.* 2024 Feb;17(1):67-77. Epub 2023 Jan 10. doi: 10.1177/19386400221147775.

40. Ильченко Д.В., Королев А.В., Карданов А.А. Отдаленные функциональные результаты после артротомии первого плюснефалангового сустава при деформирующем остеоартрозе. *Гений ортопедии.* 2020; 1(26): 30-36. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-1-30-36 [Ilchenko D.V., Korolev A.V., Kardanov A.A. Long-term functional results of first metatarsophalangeal joint arthrodesis for hallux rigidus. *Genij Ortopedii* 2020; 1(26): 30-36. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-1-30-36]

41. Кавалерский Г. М., Ченский А. Д., Сорокин А. А., Прохорова М. Ю. Эндопротезирование первого плюснефалангового сустава при Hallux rigidus. *Кафедра травматологии и ортопедии.* – 2014; 1(9): 7-9. – <http://jkto.ru/id-3/id-2/1-9-2014-/hallux-rigidus.html>. [Kavalerskii G. M., Chenskii A. D., Sorokin A. A., Prokhorova M. YU. Ehndoprotezirovanie pervogo plusnefalangovogo sustava pri Hallux rigidus. *Kafedra travmatologii i ortopedii.* – 2014; 1(9): 7-9. – <http://jkto.ru/id-3/id-2/1-9-2014-/hallux-rigidus.html>]

42. Ильченко Д.В., Ильин Д.О., Карданов А.А., Ачкасов Е.Е., Королев А.В. Комплексный подход к консервативному лечению пациентов с остеоартрозом первого плюснефалангового сустава. *Научно-практическая ревматология.* 2021; 59(4): 463-470. doi: 10.47360/1995-4484-2021-463-470 [Ilchenko D.V., Il'in D.O., Kardanov A.A., Achkasov E.E., Korolev A.V. Kompleksnyy podhod k konservativnomu lecheniju pacientov s osteoartrozom pervogo plusnefalangovogo sustava. *Nauchno-prakticheskaja revmatologiya.* 2021;59(4):463-470. doi: 10.47360/1995-4484-2021-463-470]

Авторы

Мурсалов Анатолий Камалович, к.м.н., доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail tamerlanmursalov@gmail.com

Иванов Константин Сергеевич, врач травматолог-ортопед ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail 8orthocito@gmail.com

Дзюба Алексей Михайлович, врач травматолог-ортопед ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail minzdrav2008@mail.ru

Рогова Мария Сергеевна, врач травматолог-ортопед ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail m.rogova24@mail.ru

Федотов Евгений Андреевич, клинический ординатор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail orthodoc.fedotov@gmail.com

Шипилов Александр Сергеевич, клинический ординатор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail shipiloffsasha12@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Мурсалов Анатолий Камалович, к.м.н., доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail tamerlanmursalov@gmail.com

Authors

Anatoly K. Mursalov, PhD, associate professor at the Department of Traumatology and Orthopedic of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail tamerlanmursalov@gmail.com

Konstantin S. Ivanov, physician, Head of the 13th Department Orthopedic of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail 8orthocito@gmail.com

Alexey M. Dzyuba, physician of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail Minzdrav2008@mail.ru

Mariya S. Rogova, physician of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail m.rogova24@mail.ru

Eugene A. Fedotov, resident of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail orthodoc.fedotov@gmail.com

Alexander S. Shipilov, resident of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail shipiloffsasha12@gmail.com

Corresponding author: Anatoly K. Mursalov, PhD, associate professor at the Department of Traumatology and Orthopedic of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail tamerlanmursalov@gmail.com

УДК 616.728.2-007.17-089.85

© Черкасов В.С., Плиев Д.Г., Коваленко А.Н., Синеокий А.Д., Гуцаев М.С., Айрапетов Г.А.,
Дзампаев К.А., 2025
Обзор литературы / Literature review



ОРГАНОСОХРАНЯЮЩИЕ МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА С НАЛИЧИЕМ ФЕМОРОАЦЕТАБУЛЯРНОГО ИМПИДЖМЕНТА, ДИСПЛАЗИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА И РЕТРОВЕРСИИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

ЧЕРКАСОВ В.С.¹, ПЛИЕВ Д.Г.², КОВАЛЕНКО А.Н.², СИНЕОКИЙ А.Д.², ГУЦАЕВ М.С.², АЙРАПЕТОВ Г.А.^{1,3}, ДЗАМПАЕВ К.А.³

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой Департамента здравоохранения города Москвы», 119415, г. Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, 195427, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Органосохраняющая хирургия тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста с наличием различной патологии тазобедренного сустава (фемороацетабулярный импиджмент, симптоматическая дисплазия, ретроверсия вертлужной впадины) является актуальной темой в современной ортопедической хирургии, направленной на предотвращение раннего остеоартроза и сохранение качества жизни.

Цель исследования. Систематизировать данные о современном состоянии методов лечения, входящих в понятие органосохраняющая хирургия тазобедренного сустава, оценить их эффективность, осложнения и перспективы развития.

Материалы и методы. Проведен анализ научных работ из баз PubMed, Scopus, Web of Science, e-Library. Отбор статей осуществлялся по критериям релевантности, уровня доказательности, клинической значимости. Включены метаанализы, рандомизированные исследования, обзоры и оригинальные работы.

Результаты. Артроскопия эффективна при лечении фемороацетабулярного импиджмента, но ограничена при выраженной ретроверсии вертлужной впадины и дисплазии. Хирургический вывих бедра (по Ganz) позволяет осуществлять коррекцию при выраженной Cam деформации или массивного разрыва губы вертлужной впадины с минимальным риском аваскулярного некроза хирургам, не владеющим артроскопией тазобедренного сустава. Периацетабулярная остеотомия (ПАО) – золотой стандарт лечения симптоматической дисплазии, демонстрирующий хорошую выживаемость сустава через 15 лет. Основные осложнения: неврологические нарушения, ошибки коррекции, переломы таза. Современные технологии (3D-планирование) позволяют точность вмешательств. Однако, несмотря на прогресс, остаются вызовы: стандартизация протоколов, минимизация осложнений, индивидуализация подходов. Интеграция цифровых технологий и биомеханических исследований позволит расширить показания к органосохраняющим операциям.

Ключевые слова: периацетабулярная остеотомия; фемороацетабулярный импиджмент; органосохраняющая хирургия.

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

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Черкасов В.С., Плиев Д.Г., Коваленко А.Н., Синеокий А.Д., Гуцаев М.С., Айрапетов Г.А., Дзампаев К.А., Органосохраняющие методы хирургического лечения взрослых пациентов молодого возраста с наличием фемороацетабулярного импиджмента, дисплазии тазобедренного сустава и ретроверсии вертлужной впадины. Литературный обзор // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 83–90.

HIP PRESERVATION SURGERY FOR YOUNG ADULTS WITH FEMOROACETABULAR IMPINGEMENT, HIP DYSPLASIA, AND ACETABULAR RETROVERSION. LITERATURE REVIEW

VITALY S. CHERKASOV¹, DAVID G. PLIEV², ANTON N. KOVALENKO², ANDREY D. SINEOKIY²,
MAXIM S. GUATSAEV², GEORGY A. AYRAPETOV^{1,3}, KONSTANTIN A. DZAMPAEV³

¹State Budgetary Healthcare Institution of the City of Moscow "City clinical hospital №31 named after academician G.M. Savelyeva of the Moscow Healthcare Department", 119415, Moscow, Russian Federation

² Federal State Budgetary Institution "R.R. Vreden National medical research center of traumatology and orthopedics" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 195427, Saint Petersburg, Russian Federation

³ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba", 117198, Moscow, Russian Federation

Abstract

Introduction: Hip preservation techniques for young adults with structural abnormalities (FAI, dysplasia, retroversion) aim to prevent joint degeneration. This review assesses surgical innovations, outcomes, and unresolved challenges in the field.

Materials and Methods: A literature search across PubMed, Scopus, Web of Science, e-Library, identified 45 studies. Inclusion criteria: focus on joint preservation surgery, comparative analysis of techniques (PAO, arthroscopy, surgical dislocation), and ≥ 5 -year follow-up. Excluded: case reports, animal studies.

Results: Hip arthroscopy shows favorable short-term outcomes for FAI (mHHS 85.9 ± 12.1), yet 4.2 % require conversion to arthroplasty. Surgical dislocation of the hip allows surgeons who do not have hip arthroscopy to correct pronounced deformity with femoroacetabular impingement, as well as to suture a massive rupture of the acetabulum lip with minimal risk of avascular necrosis but correlates with pseudarthrosis and heterotopic ossification. PAO provides 91.3% (95 % CI: 87.7–94.8 %) of 10-year survivorship; however, The survival of the hip joint after periacetabular osteotomy was influenced by the presence of correction errors and the initial condition of the hip joint.

The following issues also remain unresolved: standardization of protocols, minimization of complications, individualization of approaches. The integration of digital technologies and biomechanical research will expand the indications for organ-preserving operations.

Keywords: periacetabular osteotomy, femoroacetabular impingement, hip preservation surgery.

Conflict of interests: The authors declare that there are no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Cherkasov V.S., Pliev D.G., Kovalenko A.N., Sineokiy A.D., Guatsaev M.S., Airapetov G.A., Dzampaev K.A., Hip preservation surgery for young adults with femoroacetabular impingement, hip dysplasia, and acetabular retroversion. Literature review // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 83–90.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.83-90

Введение

Проявление остеоартроза у пациентов молодого возраста негативно сказывается на их физической и трудовой активности, снижает качество их жизни и приводит к полной инвалидизации. В случаях тяжелого остеоартроза с целью устранения болевого синдрома пациентам молодого возраста проводят операцию эндопротезирования тазобедренного сустава, которая в дальнейшем требует ограничения нагрузок и объёма движений, а также характеризуется высоким процентом ревизионных вмешательств в течение 10 лет после операции в связи с быстрым износом компонентов. Результаты исследований показывают, что для пациентов, которым на момент первичной операции было менее 60 лет, риск повторного вмешательства значительно возрастает. Ревизионная хирургия проводится каждому третьему пациенту в возрастной группе 50–55 лет [1].

В качестве одного из ведущих прекурсоров развития остеоартроза тазобедренного сустава у пациентов молодого возраста в настоящее время выделяют врожденную дисплазию тазобедренного сустава, фемороацетабулярный импиджмент, а также ретроверсию вертлужной впадины. Определенные анатомические особенности вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости при данных патологиях приводят к нарушению конгруэнтности тазобедренного сустава, эти аномалии характеризуются неравномерным распреде-

нием контактной нагрузки в области тазобедренного сустава и, как показали авторы в исследованиях с использованием гадолиния, со временем приводят к повреждению суставного хряща, суставной губы и прочих внутрисуставных структур, вызывая развитие остеоартроза. Такой каскад патологических изменений в тазобедренном суставе рассматривается в рамках концепции механической теории развития коксартроза [2–4].

Общепризнанным является факт, что при своевременном выявлении патологических изменений в области тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста - хирургическая коррекция данных анатомических аномалий значительно снижает риск развития остеоартроза в дальнейшем [2;5-7]. Данное направление в ортопедии получило название органосохраняющей хирургии тазобедренного сустава.

В настоящее время существует достаточное количество вариантов хирургического лечения патологии тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста. Среди них выделяют: артроскопию тазобедренного сустава, процедуру хирургического вывиха бедренной кости, а также остеотомию таза. Каждый из названных видов оперативных вмешательств имеет свои показания и возможности для коррекции анатомических аномалий в области тазобедренного сустава.

Артроскопия тазобедренного сустава

Артроскопия тазобедренного сустава является методом малоинвазивного вмешательства, который в последние десяти-

тителетия получил своё активное развитие [8] благодаря тому, что позволяет под эндоскопическим контролем воздействовать не только на мягкотканые внутрисуставные структуры, но и производить коррекцию определенных костных изменений в области тазобедренного сустава. Так, при фемороацетабулярном импиджменте типа *cam* имеется возможность устранения костного образования в месте перехода шейки бедренной кости в головку, не прибегая к значительному травмированию окружающих тканей, что позволяет пациенту быстрее реабилитироваться. При импиджменте типа *pincer* и ретроверсии вертлужной впадины небольшой степени под артроскопическим контролем можно корректировать размеры краев вертлужной впадины [9, 10].

Роль артроскопии тазобедренного сустава при дисплазии тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста не вполне определена. Однако, у данных пациентов, так же, как и у пациентов с фемороацетабулярным импиджментом часто определяются повреждения суставной губы вертлужной впадины [11]. В соответствии с этими данными, у пациентов с неярко выраженной дисплазией тазобедренного сустава легкой степени (пограничной дисплазией) и у пациентов с фемороацетабулярным импиджментом артроскопический шов суставной губы вертлужной впадины может быть рассмотрен как один из актуальных методов лечения данного состояния [12, 13]. Оценка клинических результатов этой методики, проведенная Domb с соавт. [14] оптимистична: в течение как минимум 5 лет наблюдения у пациентов с “пограничной” дисплазией (значение угла Wiberg от 18° до 25°), которым был выполнен артроскопический шов суставной губы вертлужной впадины или пластика суставной капсулы, наблюдалось значительное улучшение показателей mHNS (85.9±12.1), NAHS (87.3±9.8) и HOS-SSS (70.8±19.5), повторные артроскопические вмешательства потребовались в 19 % случаев, и никто из пациентов не нуждался в проведении тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Zeman с соавт. провели проспективное мультицентровое исследование, в которое были включены данные о 908 пациентах, которым выполнялась артроскопия тазобедренного сустава, и пришли к следующим выводам: общая частота осложнений составила 7,3 % (67/908 случаев), незначительные осложнения – 4,9 % (45/908 случаев), серьезные осложнения – 2,4 % (22/908 случаев). Наиболее частыми тяжелыми осложнениями были ятрогенное повреждение хряща и поломка инструмента, а наиболее частыми мелкими осложнениями – гипостезия промежности и гетеротопическая оссификация. Частота конверсии в тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава составила 4,2 % (39/908 пациентов) [15].

Maldonado с соавт. [16] справедливо отмечают, что проведение артроскопии тазобедренного сустава ограничено очень узкими показаниями, и важно помнить, что такие оперативные вмешательства должны выполняться опытными хирургами. Данный метод лечения требует необходимых навыков про-

ведения артроскопических операций с использованием 70 градусного артроскопа, что может представлять определенные трудности даже у врачей, занимающихся артроскопической хирургией коленного и плечевого суставов.

Метод хирургического вывиха бедренной кости

Техника хирургического вывиха головки бедренной кости с использованием флип-остеотомии большого вертела получила свое распространение благодаря швейцарскому доктору R. Ganz. [17, 18] Данный вид оперативного вмешательства позволяет под непосредственным визуальным контролем произвести коррекцию внутрисуставных изменений тазобедренного сустава. При выполнении хирургического вывиха головки бедренной кости имеется возможность коррекции деформаций вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости при фемороацетабулярном импиджменте, а также выполнения открытого шва суставной губы вертлужной впадины.

Преимуществом методики выполнения хирургического вывиха бедренной кости, предложенной R. Ganz является тот факт, что при выполнении данного оперативного вмешательства риск развития аваскулярного некроза головки бедренной кости минимален [19], что было подтверждено исследованием с использованием лазерной доплеровской флоуметрии [20].

Данный вид оперативного лечения можно рассматривать, как альтернативу выполнению артроскопического вмешательства. Например, Ahmad с соавт. в своем исследовании заявляет, что операция хирургического вывиха бедра более эффективна, чем артроскопия, для проведения большей степени коррекции краев вертлужной впадины при фемороацетабулярном импиджменте типа *pincer* [21]. Zhang с соавт. провели мета-анализ и также показали, что артроскопия тазобедренного сустава приводила к меньшей коррекции угла альфа у пациентов с фемороацетабулярным импиджментом типа *cam*, нежели хирургический вывих головки бедренной кости [22].

Не смотря на всю привлекательность данного метода лечения в качестве способа коррекции выраженной деформации при фемороацетабулярном импиджменте, следует учитывать риски таких осложнений, как формирование ложного сустава в области большого вертела, а также возможной гетеротопической оссификации, адгезивного капсулита и мышечной слабости, возникающих после хирургического вывиха головки бедренной кости [23, 24, 25].

Остеотомии таза

Это хирургические операции, направленные на изменение соотношения костей таза, для коррекции положения и формы вертлужной впадины с целью повышения стабильности и равномерного распределения нагрузки в тазобедренном суставе. Все остеотомии таза делятся на две основные группы в зависимости от целей и характера вмешательства:

– реориентирующие остеотомии, направленные на сохранение тазобедренного сустава путем переориентирования положения вертлужной впадины для восстановления адек-

ватной конгруэнтности без изменения её формы. К таким остеотомиям относят: тройную остеотомию (по Steel или Tönnis), периацетабулярную остеотомию по Ganz.

– реформирующие (ацетабулопластические) операции, где улучшение конгруэнтности тазобедренного сустава достигается за счет изменения формы самой вертлужной впадины. Чаще всего это производится за счёт аугментации костным трансплантатом. Примерами данных вмешательств являются ацетабулопластики по Salter, Dega, Pemberton.

Остеотомии таза играют ключевую роль в лечении дисплазии тазобедренного сустава, предлагая различные подходы в зависимости от возраста пациента, степени дисплазии и анатомических особенностей. Каждая из существующих остеотомий (Рис. 1) – Salter, Pemberton, Dega, Steel, Tönnis, San Diego и Chiari – имеют свои уникальные особенности, показания и технические нюансы.

Однако, почти все тазовые остеотомии выполняются, когда треугольный хрящ еще не закрыт, и их применение возможно исключительно в детском возрасте. Поэтому единственным актуальным видом оперативного вмешательства у взрослых пациентов молодого возраста является периацетабулярная остеотомия.

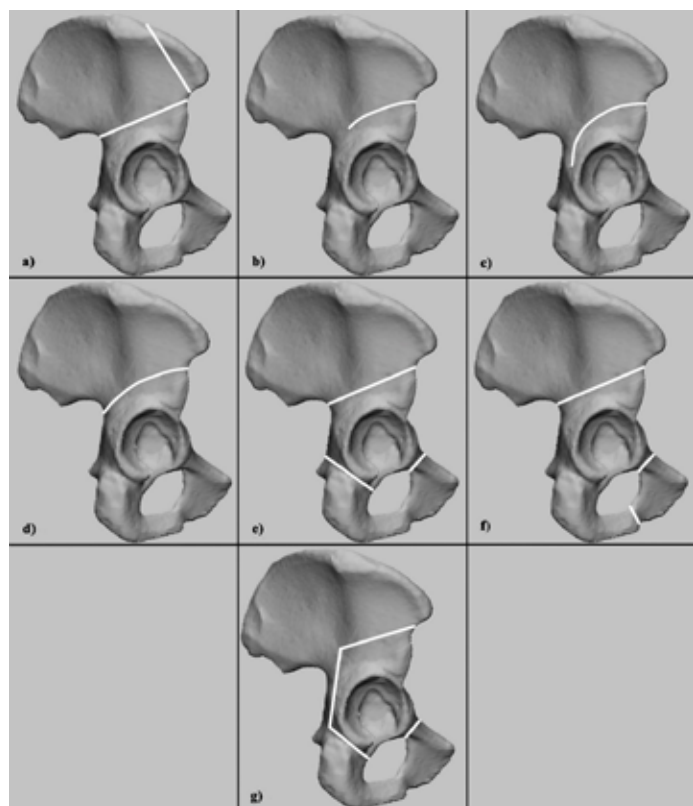


Рисунок 1. Различные виды остеотомий таза: а) по Salter; б) остеотомия Dega; в) по Pemberton; д) остеотомия San Diego; е) тройная остеотомия Tönnis; ф) тройная остеотомия по Steel; г) периацетабулярная остеотомия по Ganz

История создания периацетабулярной остеотомии (ПАО) тесно связана с именем швейцарского ортопеда Рейнхольда Ганца, который впервые разработал и описал эту методику. Он и его коллеги в Университете Берна (Швейцария) искали более эффективный способ коррекции дисплазии, который бы сохранял стабильность таза и позволял точно реориентировать вертлужную впадину. В итоге в 1984 г. они выполнили первую периацетабулярную остеотомию, а уже в 1988 г. опубликовали первую статью в журнале *Clinical Orthopaedics and Related Research* [26], в которой описали технику данной операции, а также представили результаты лечения по данной методике первых 75 пациентов. Первые результаты были обнадеживающими, но операция требовала длительного времени выполнения (до 5,5 часов) и сопровождалась значительной кровопотерей (в среднем 3000 мл). Однако после выполнения 18 операций время процедуры сократилось до 2,5 часов, а кровопотеря уменьшилась до 800 мл. Периацетабулярная остеотомия стала революцией в хирургии тазобедренного сустава, так как она позволила эффективно корректировать деформации вертлужной впадины, сохраняя при этом стабильность тазового кольца и минимизируя риски осложнений.

Основными преимуществами нового метода лечения явились [27–29]:

- сохранение задней колонны таза, что обеспечивает сохранение формы тазового кольца и придает большую стабильность в сравнении с другими видами остеотомий;
- минимизация повреждения сосудов, питающих вертлужную впадину, благодаря чему снижается риск аваскулярного некроза;
- широкие возможности выполнения многоплоскостной коррекции положения вертлужной впадины из единого доступа.

Изначально в качестве основного показания к проведению периацетабулярной остеотомии выступало наличие симптоматической дисплазии тазобедренного сустава, однако в настоящее время данное оперативное вмешательство выполняется у пациентов с ретроверсией вертлужной впадины, а также в случаях наличия фемороацетабулярного импиджмента типа *pinser*, устранение которого артроскопически не представляется возможным [30–32].

Выживаемость тазобедренного сустава после выполнения периацетабулярной остеотомии авторами различных исследований оценена в периоде 5, 10, 20 и 30 лет наблюдений. В исследовании Clohisy с соавт. [33] говорится о конверсии в эндопротезирование в 0-17 % случаев при сроке наблюдения от 2,8 до 11 лет. Тап с соавт. [34] в своём мета-анализе сообщают, что 5-летняя выживаемость составила 96.1 % (95 % ДИ: 94.9–97.3 %), 10-летняя – 91.3 % (95 % ДИ: 87.7–94.8 %), 15-летняя выживаемость тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии оценивается на уровне 85.0 % (95 % ДИ: 78.9–91.1 %), а 20-летняя – 67.6 % (95 % ДИ: 53.9–81.3 %). Lerch с соавт. [35]

заключают, что приблизительно 29 % пациентов не нуждаются в конверсии в эндопротезирование через 30 лет после проведения периацетабулярной остеотомии.

Авторы выделяют несколько основных факторов, влияющих на успех проведения периацетабулярной остеотомии. В долгосрочных исследованиях показано, что пациенты с адекватной конгруэнтностью сустава имели значительно более высокую выживаемость сустава после выполнения периацетабулярной остеотомии [36]. Наличие умеренной дисплазии на дооперационном этапе ассоциируется с лучшими результатами по сравнению с тяжелыми случаями. Пациенты с наличием признаков остеоартроза по данным рентгенографии и МРТ имеют более низкие шансы на благоприятный исход [35, 37]. Выживаемость тазобедренного сустава зависит также от точности коррекции положения вертлужной впадины: недостаточное покрытие головки бедренной кости, возникающее при недокоррекции положения вертлужной впадины приводит к перегрузке краевых отделов сустава, что увеличивает риск развития остеоартроза, в противоположность – гиперкоррекция является причиной возникновения импиджмент-синдрома типа *pinser*, который так же может служить причиной коксартроза [34, 38]. Christoph E Albers с соавт. в своем исследовании обозначили, что послеоперационные признаки недокоррекции (индекс экстррузии головки бедренной кости $>27\%$, значение угла Tonnis $>14^\circ$) в среднем повышают риск конверсии в эндопротезирование в среднем в 2,3 раза, наличие послеоперационной ретроверсии вертлужной впадины увеличивает риск эндопротезирования в 3,3 раза, а признаки гиперкоррекции увеличивают данный риск в 1,9 раза [39]. Важным фактором, значимо влияющим на выживаемость тазобедренного сустава после остеотомии, является также возраст. Доказано, что количество случаев конверсии в эндопротезирование статистически выше среди пациентов старше 35 лет [30, 34, 40].

Общая частота осложнений, возникших после проведения периацетабулярной остеотомии колеблется от 5,9 % до 45 % [30, 34]. Среди осложнений, оказывающих влияние на результат проведения данного оперативного вмешательства, наиболее часто описываются неврологические, внесуставные переломы и формирование ложных суставов, недостатки коррекции положения фрагмента вертлужной впадины и инфекционные осложнения.

Наиболее частым осложнением различными авторами указывается повреждение латерального кожного нерва бедра (до 30 %) [30, 33]. К значительно более редким неврологическим нарушениям относят послеоперационную невропатию седалищного нерва (от 0 % до 1,6 %) и отдельные случаи повреждения бедренного нерва (до 0,5 %) [41]. Неврологические нарушения после периацетабулярной остеотомии обычно носят нестойкий характер и легко поддаются консервативным методам лечения.

Внесуставные переломы костей таза, возникающие во время или после периацетабулярной остеотомии, могут приводить к снижению стабильности фрагмента вертлужной впадины, что может явиться причиной плохих клинических и рентгенологических результатов. Среди таких переломов наиболее часто упоминается переломы нижней ветви лонной кости и переломы задней колонны таза. Общее количество осложнений данного типа находится на уровне 5,28 % [42]. Формирование ложных суставов в 0,24 – 2,21 % [33, 43].

Инфекционные осложнения крайне редки для данного оперативного вмешательства: глубокая инфекция области хирургического вмешательства встречается в 0,59–0,69 %, поверхностная описывается на уровне 0,89–1,03 % случаев. [34, 43].

Описаны также случаи развития гетеротопической оссификации, возникающие как следствие периацетабулярной остеотомии (2,7 %) [43]. У большинства пациентов это осложнение протекало бессимптомно и не требовало дальнейшего лечения.

Ошибки коррекции положения фрагмента вертлужной впадины относят к наиболее частым серьезным осложнениям периацетабулярной остеотомии, способным привести к неудовлетворительным результатам. Так, было показано, что значение индекса экстррузии головки бедренной кости менее 20 % может являться прогностическим критерием плохого результата, также как и положительный передний импиджмент тест, возникающий при формировании ретроверсии вертлужной впадины при гиперкоррекции [38]. Novais E. N. с соавт., оценив послеоперационно у пациентов значения угла Wiberg, индекса экстррузии головки бедренной кости и иные показатели, пришли к выводу, что недокоррекция встречается чаще, чем гиперкоррекция 22 % и 2 %, соответственно (95 % ДИ: 11 %–27 %; $p<0.001$) [44]. К ошибкам коррекции можно также отнести чрезмерную медиализацию фрагмента вертлужной впадины, в результате которой происходит увеличение нагрузки на сустав и развитие остеоартроза. Однако в оригинальной работе, где была описана техника ПАО, R. Ganz и соавт. указывали, что медиализация может быть частью хирургической стратегии для улучшения покрытия головки бедренной кости.

Периацетабулярная остеотомия получила своё широкое распространение, показав отличные результаты. Однако несмотря на это, все еще остается нерешённым вопрос точности коррекции положения ацетабулярного фрагмента. В исследованиях отмечается, что четкое предоперационное планирование с использованием компьютерных 3D-моделей при лечении патологии таза позволяет сократить время операции и повысить точность восстановления анатомии вертлужной впадины [45]. Основываясь на этом, можно предположить, что применение аддитивных технологий даст не просто качественное улучшение точности, а нивелирует все недостатки, связанные с неправильным расположением фрагмента вертлужной впадины при проведении периацетабулярной остеотомии.

Заключение

Современное развитие органосохраняющей хирургии тазобедренного сустава позволило врачам достичь значительных успехов в лечении молодых пациентов с анатомическими аномалиями в данной анатомической области. Прогресс в визуализации (КТ, МРТ) и внедрение цифрового планирования (3D-моделирование) позволяет снижать риски, повышая точность вмешательств. Однако перед хирургами остаются определенные вызовы: стандартизация протоколов, контроль за осложнениями и запрос на индивидуализацию подходов с учетом особенностей анатомии пациента. Будущее данного рода оперативных вмешательств связано с интеграцией роботизированных систем, аддитивных технологий и компьютерного моделирования. Это позволит улучшить функциональные исходы и расширить показания для органосохраняющих операций. Таким образом, современная стратегия развития данного направления ортопедической хирургии сочетает инновационные технологии и анатомически обоснованные оперативные вмешательства, обеспечивающие сохранение естественного сустава и улучшение качества жизни пациентов.

Список литературы / References:

1. Bayliss L.E., Culliford D., Monk A.P., Glyn-Jones S., Prieto-Alhambra D., Judge A., Cooper C., Carr A.J., Arden N.K., Beard D.J., Price A.J. The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee: a population-based cohort study. *Lancet*. 2017 Apr 8;389(10077):1424-1430. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30059-4.
2. Ganz R., Leunig M., Leunig-Ganz K., Harris W.H. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res*. 2008 Feb;466(2):264-72. doi: 10.1007/s11999-007-0060-z.
3. Tomé I., Alves-Pimenta S., Sargo R., Pereira J., Colaço B., Brancal H., Costa L., Ginja M. Mechanical osteoarthritis of the hip in a one medicine concept: a narrative review. *BMC Vet Res*. 2023 Oct 24;19(1):222. doi: 10.1186/s12917-023-03777-z.
4. Cho Y.J., Rhyu K.H., Chun Y.S., Kim M.S. Patterns of labral tears and cartilage injury are different in femoroacetabular impingement and dysplasia. *J Hip Preserv Surg*. 2022 Jun 30;9(3):151-157. doi: 10.1093/jhps/hnac026.
5. Bardakos N.V., Villar R.N. Predictors of progression of osteoarthritis in femoroacetabular impingement: a radiological study with a minimum of ten years follow-up. *J Bone Joint Surg Br*. 2009 Feb;91(2):162-9. doi: 10.1302/0301-620X.91B2.21137.
6. Clohisy J.C., Beaulé P.E., O'Malley A., Safran M.R., Schoenecker P. AOA symposium. Hip disease in the young adult: current concepts of etiology and surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am*. 2008 Oct;90(10):2267-81. doi: 10.2106/JBJS.G.01267.
7. Шубняков И. И. Обоснование оптимизированной системы первичного эндопротезирования тазобедренного сустава. Диссертация на соискание ученой степени д. м. н., 2017. 438 с.
- Shubnyakov I. I. Justification of the optimized system of primary hip joint endoprosthesis. Dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences, 2017.
8. Zusmanovich M., Haselman W., Serrano B., Banffy M. The Incidence of Hip Arthroscopy in Patients With Femoroacetabular Impingement Syndrome and Labral Pathology Increased by 85% Between 2011 and 2018 in the United States. *Arthroscopy*. 2022 Jan;38(1):82-87. doi:10.1016/j.arthro.2021.04.049.
9. Zhu Y., Su P., Xu T., Zhang J., Fu W. Conservative therapy versus arthroscopic surgery of femoroacetabular impingement syndrome (FAI): a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2022 Jun 3;17(1):296. doi: 10.1186/s13018-022-03187-1.
10. Yu H., Wang M., Wang L., Wang Y., Li C. Hip Arthroscopy With Fluoroscopy-Free Technique for the Treatment of Femoroacetabular Impingement. *Arthrosc Tech*. 2022 Dec 21;12(1):e1-e10. doi: 10.1016/j.eats.2022.08.050.
11. Savoye-Laurens T., Verdier N., Wettstein M., Baulot E., Gédouin J.E., Martz P. Labral tears in hip dysplasia and femoroacetabular impingement: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2023 Jun;109(4):103539. doi: 10.1016/j.otsr.2022.103539.
12. Zhu X.M., Toobaie A., Iansavichene A., Khan M., Degen R.M. Improvement in pain and patient-related outcome measures following hip arthroscopy in patients with femoroacetabular impingement syndrome and concomitant generalized ligamentous laxity: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022 Nov;30(11):3907-3915. doi: 10.1007/s00167-022-06997-2.
13. Zimmerer A., Schneider M.M., Nietschke R., Miehke W., Soebau C. Is Hip Arthroscopy an Adequate Therapy for the Borderline Dysplastic Hip? Correlation Between Radiologic Findings and Clinical Outcomes. *Orthop J Sports Med*. 2020 May 20;8(5):2325967120920851. doi: 10.1177/2325967120920851.
14. Domb B.G., Chaharbakshi E.O., Perets I., Yuen L.C., Walsh J.P., Ashberg L. Hip Arthroscopic Surgery With Labral Preservation and Capsular Plication in Patients With Borderline Hip Dysplasia: Minimum 5-Year Patient-Reported Outcomes. *Am J Sports Med*. 2018 Feb;46(2):305-313. doi: 10.1177/0363546517743720.
15. Zeman P., Rafi M., Kautzner J. Evaluation of primary hip arthroscopy complications in mid-term follow-up: a multicentric prospective study. *Int Orthop*. 2021 Oct;45(10):2525-2529. doi: 10.1007/s00264-021-05114-1.
16. Maldonado D.R., Perets I., Mu B.H., Ortiz-Declet V., Chen A.W., Lall A.C., Domb B.G. Arthroscopic Capsular Plication in Patients With Labral Tears and Borderline Dysplasia of the Hip: Analysis of Risk Factors for Failure. *Am J Sports Med*. 2018 Dec;46(14):3446-3453. doi: 10.1177/0363546518808033.
17. Ganz R., Gill T.J., Gautier E., Ganz K., Krügel N., Berlemann U. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br*. 2001 Nov;83(8):1119-24. doi: 10.1302/0301-620X.83B8.11964.
18. Ganz R., Horowitz K., Leunig M. Algorithm for femoral and periacetabular osteotomies in complex hip deformities. *Clin Orthop Relat Res*. 2010 Dec;468(12):3168-80. doi: 10.1007/s11999-010-1489-z.
19. Khalifa A.A., Haridy M.A., Fergany A. Safety and efficacy of surgical hip dislocation in managing femoral head fractures: a systematic review and meta-analysis. *World J Orthop*. 2021;12(8):604-619. doi: 10.5312/wjo.v12.i8.604
20. Halawi M.J., Brigati D.P., Brooks P.J. Surgical hip dislocation through a modified direct lateral approach: real-time perfusion monitoring. *Arthroplast Today*. 2019 Apr 20;5(3):316-319. doi: 10.1016/j.artd.2019.03.005.
21. Ahmad S.S., Heilgmeir M., Anwender H., Beck M. Surgical hip dislocation is more powerful than arthroscopy for achieving high degrees of acetabular correction in pincer type impingement. *Or-*

thop Traumatol Surg Res. 2019 Nov;105(7):1339-1344. doi: 10.1016/j.otsr.2019.08.009.

22. Zhang D., Chen L., Wang G. Hip arthroscopy versus open surgical dislocation for femoroacetabular impingement: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2016 Oct;95(41):e5122. doi: 10.1097/MD.00000000000005122.

23. Sink E.L., Beaulé P.E., Sucato D., Kim Y.J., Millis M.B., Dayton M., Trousdale R.T., Sierra R.J., Zaltz I., Schoenecker P., Monreal A., Clohisy J. Multicenter study of complications following surgical dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(12):1132-1136. doi: 10.2106/jbjs.J.00794.

24. Kargin D., Albayrak A., Atici Y., Yapici F., İlvan G., Balioglu M.B. The complications after open hip dislocation in hip surgery. *Acta Orthop Belg*. 2017 Mar;83(1):74-80.

25. Peng P., Wei T., Fang W., Xiao F., He X., He W., Wei Q., He M. A bibliometric analysis and visualization of research trends on surgical hip dislocation. *J Hip Preserv Surg*. 2022 Dec 31;10(1):8-16. doi: 10.1093/jhps/hnac049.

26. Ganz R., Klaue K., Vinh T. S., & Mast, J. W. (1988). A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias: Technique and preliminary results. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 232, 26-36.

27. Tønning L.U., O'Brien M., Semciw A., Stewart C., Kemp J.L., Mechlenburg I. Periacetabular osteotomy to treat hip dysplasia: a systematic review of harms and benefits. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023 Jun;143(6):3637-3648. doi: 10.1007/s00402-022-04627-7.

28. Siebenrock K.A., Schöll E., Lottenbach M., Ganz R. Bernese periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res*. 1999 Jun;(363):9-20.

29. Wei T., Xiao F., He X., Peng P., He W., He M., Wei Q. A bibliometric analysis and visualization of research trends on periacetabular osteotomy. *J Hip Preserv Surg*. 2023 Nov 11;10(3-4):181-191. doi: 10.1093/jhps/hnad038.

30. Ahmad S.S., Haertle M., Konrads C., Derksen A., Windhagen H., Wirries N. The Scientific Evolution of Periacetabular Osteotomy: A Global Review. *J Clin Med*. 2022 Oct 17;11(20):6099. doi: 10.3390/jcm11206099.

31. Tan S.H.S., Tan J.H.I., Lim A.K.S., Hui J.H. Periacetabular osteotomy for acetabular retroversion: A systematic review and meta-analysis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021 Dec;107(8):103078. doi: 10.1016/j.otsr.2021.103078.

32. Wilson E.S., Wagner K.R., Spiker A.M. Borderline Hip Dysplasia - Best Treated with Hip Arthroscopy or Periacetabular Osteotomy? *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2024 Dec;17(12):538-547. doi: 10.1007/s12178-024-09928-5.

33. Clohisy J.C., Schutz A.L., St John L., Schoenecker P.L., Wright R.W. Periacetabular osteotomy: a systematic literature review. *Clin Orthop Relat Res*. 2009 Aug;467(8):2041-52. doi: 10.1007/s11999-009-0842-6.

34. Tan J.H.I., Tan S.H.S., Rajoo M.S., Lim A.K.S., Hui J.H. Hip survivorship following the Bernese periacetabular osteotomy for the treatment of acetabular dysplasia: A systematic review and meta-analysis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2022 Jun;108(4):103283. doi: 10.1016/j.otsr.2022.103283.

35. Lerch T.D., Steppacher S.D., Liechti E.F., Tannast M., Siebenrock K.A. One-third of Hips After Periacetabular Osteotomy Survive 30 Years With Good Clinical Results, No Progression of Arthritis, or Conversion to THA. *Clin Orthop Relat Res*. 2017 Apr;475(4):1154-1168. doi: 10.1007/s11999-016-5169-5.

36. Matheney T., Kim Y.J., Zurakowski D., Matero C., Millis M. Intermediate to long-term results following the Bernese periacetabular osteotomy and predictors of clinical outcome. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Sep;91(9):2113-23. doi: 10.2106/JBJS.G.00143.

37. Zhang Z., Cheng N., Jia H., Cheng H., Song Y., Ren N., Li Y., Luo D., Zhang H. Is Prior Nonoperative or Operative Treatment of Dysplasia of the Hip Associated With Poorer Results of Periacetabular Os-

teotomy? *Clin Orthop Relat Res*. 2024 Nov 1;482(11):1987-1996. doi: 10.1097/CORR.0000000000003150.

38. Steppacher S.D., Tannast M., Ganz R., Siebenrock K.A. Mean 20-year followup of Bernese periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res*. 2008 Jul;466(7):1633-44. doi: 10.1007/s11999-008-0242-3.

39. Albers C.E., Steppacher S.D., Ganz R., Tannast M., Siebenrock K.A. Impingement adversely affects 10-year survivorship after periacetabular osteotomy for DDH. *Clin Orthop Relat Res*. 2013 May;471(5):1602-14. doi: 10.1007/s11999-013-2799-8.

40. Yilmaz M., Aydin M., Capkin S. Acetabular dysplasia: a comparison of periacetabular osteotomy results of patients older and younger than 35 years. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2022 Nov;26(22):8303-8310. doi: 10.26355/eurev_202211_30362.

41. Ramírez-Núñez L., Payo-Ollero J., Comas M., Cárdenas C., Bellotti V., Astarita E., Chacón-Cascio G., Ribas M. Periacetabular osteotomy for hip dysplasia treatment through a mini-invasive technique. Our results at mid-term in 131 cases. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed)*. 2020 May-Jun;64(3):151-159. English, Spanish. doi: 10.1016/j.recot.2020.01.003.

42. Khan OH, Malviya A, Subramanian P, Agolley D, Witt JD. Minimally invasive periacetabular osteotomy using a modified Smith-Petersen approach: technique and early outcomes. *Bone Joint J*. 2017 Jan;99-B(1):22-28. doi: 10.1302/0301-620X.99B1.BJJ-2016-0439.R1.

43. Ali M., Malviya A. Complications and outcome after periacetabular osteotomy - influence of surgical approach. *Hip Int*. 2020 Jan;30(1):4-15. doi: 10.1177/1120700019871195.

44. Novais E.N., Duncan S., Nepple J., Pashos G., Schoenecker P.L., Clohisy J.C. Do Radiographic Parameters of Dysplasia Improve to Normal Ranges After Bernese Periacetabular Osteotomy? *Clin Orthop Relat Res*. 2017 Apr;475(4):1120-1127. doi: 10.1007/s11999-016-5077-8.

45. Zeng G., Schmaranzer F., Degonda C., Gerber N., Gerber K., Tannast M., Burger J., Siebenrock K.A., Zheng G., Lerch T.D. MRI-based 3D models of the hip joint enables radiation-free computer-assisted planning of periacetabular osteotomy for treatment of hip dysplasia using deep learning for automatic segmentation. *Eur J Radiol Open*. 2020 Dec 18;8:100303. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100303.

Авторы

Черкасов Виталий Сергеевич, врач-травматолог-ортопед отделения ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 31 им. академика Г.М. Савельевой» ДЗМ. 119415, ул. Лобачевского 42с2, г. Москва, Россия. e-mail cherkasov.ortho@yandex.ru SPIN-код: 4518-9544. <https://orcid.org/0009-0007-2847-9745>.

Плиев Давид Гивиевич, канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением №19 ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России, заведующий научным отделением патологии тазобедренного сустава, врач-травматолог-ортопед ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России. 195427, ул. академика Байкова, д. 8, г. Санкт-Петербург, Россия. e-mail dgpliev@rniito.ru SPIN-код: 7019-6511. <https://orcid.org/0000-0002-1130-040X>.

Коваленко Антон Николаевич, канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 19 ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России, научный сотрудник научного отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России. 195427, ул. академика Байкова, д. 8, г. Санкт-Петербург, Россия. e-mail dr.ankovalenko@ya.ru SPIN-код: 9354-1878, <https://orcid.org/0000-0003-4536-6834>.

Синеокий Андрей Дмитриевич, канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 19 ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России. врач-травматолог-ортопед. 195427, ул. академика Байкова, д. 8, г. Санкт-Петербург, Россия. e-mail Sineoky_91@mail.ru SPIN-код: 7652-9721. <https://orcid.org/0000-0002-1819-8890>.

Гуцаев Максим Сосланович, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 19 ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России. врач-травматолог-ортопед. 195427, ул. академика Байкова, д. 8, г. Санкт-Петербург, Россия. e-mail mguatsaev@inbox.ru SPIN-код: 6789-7088. <https://orcid.org/0000-0003-1948-0895>.

Айрапетов Георгий Александрович, д. м. н., заместитель главного врача по травматологии и ортопедии ГКБ № 31 им. академика Г.М. Савельевой ДЗМ, профессор кафедры травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов им. П. Лумумбы, Главный внештатный специалист травматолог-ортопед г. Москвы. 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, г. Москва, Россия. e-mail airapetovga@yandex.ru SPIN-код: 7333-6640. <https://orcid.org/0000-0001-7507-7772>.

Дзампаев Константин Асланович, ординатор кафедры травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов им. П. Лумумбы, 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, г. Москва, Россия. e-mail Kostya199921@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-4190-3114>.

Автор, ответственный за переписку: Черкасов Виталий Сергеевич, +7 (999) 525-08-28, e-mail: cherkasov.ortho@yandex.ru

Authors

Cherkasov Vitaly S., traumatologist-orthopedist, orthopedics department, SBIH City Clinical Hospital №31 named after academician G.M. Savelyeva of the Moscow Healthcare Department. 119415, ulitsa Lobachevskogo, 42/2, Moscow, Russia. e-mail: cherkasov.ortho@yandex.ru SPIN code: 4518-9544. <https://orcid.org/0009-0007-2847-9745>.

Pliev David G., Ph.D. in traumatology, head of traumatology and orthopedics department №19, Federal State Budgetary Institution "National medical research center for traumatology and orthopedics named after R.R. Vreden" of the ministry of health of Russia; head of the scientific department of hip pathology, Federal state budgetary institution "National medical research center for traumatology and orthopedics named after R.R. Vreden" of the Ministry of health of Russia; trauma-

tologist-orthopedist. 195427, ulitsa akademika Baykova, 8, Saint Petersburg, Russia. e-mail: dgpliev@rniito.ru SPIN code: 7019-6511. <https://orcid.org/0000-0002-1130-040X>.

Kovalenko Anton N., Ph.D. in traumatology, traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics department №19, Federal state budgetary institution "National medical research center for traumatology and orthopedics named after R.R. Vreden" of the Ministry of health of Russia; researcher, scientific department of hip pathology, Federal state budgetary institution "National medical research center for traumatology and orthopedics named after R.R. Vreden" of the Ministry of health of Russia. 195427, ulitsa akademika Baykova, 8, Saint Petersburg, Russia. e-mail: dr.ankovalenko@ya.ru SPIN code: 9354-1878. <https://orcid.org/0000-0003-4536-6834>.

Sineokiy Andrey D., Ph.D. in traumatology, traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics department №19, Federal state budgetary institution "National medical research center for traumatology and orthopedics named after R.R. Vreden" of the Ministry of health of Russia. 195427, ulitsa akademika Baykova, 8, Saint Petersburg, Russia. e-mail: Sineoky_91@mail.ru SPIN code: 7652-9721. <https://orcid.org/0000-0002-1819-8890>.

Gutsaev Maxim S., traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics department №19, Federal state budgetary institution "National medical research center for traumatology and orthopedics named after R.R. Vreden" of the Ministry of health of Russia. 195427, ulitsa akademika Baykova, 8, Saint Petersburg, Russia. e-mail: mguatsaev@inbox.ru SPIN code: 6789-7088. <https://orcid.org/0000-0003-1948-0895>.

Airapetov Georgy A., doctor of traumatology and orthopedics, deputy chief physician for traumatology and orthopedics, SBIH City clinical hospital №31 named after academician G.M. Savelyeva of the Moscow healthcare department; professor, department of traumatology and orthopedics, "Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba"; chief freelance specialist traumatologist-orthopedist of Moscow, 117198, ulitsa Miklukho-Maklaya, 6, Moscow, Russia. e-mail: airapetovga@yandex.ru SPIN code: 7333-6640. <https://orcid.org/0000-0001-7507-7772>.

Dzampaev Konstantin A., resident, department of traumatology and orthopedics, "Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba". 117198, ulitsa Miklukho-Maklaya, 6, Moscow, Russia. e-mail: Kostya199921@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-4190-3114>.

Corresponding author: Cherkasov Vitaly S. +7 (999) 525-08-28, e-mail: cherkasov.ortho@yandex.ru

УДК 611.727

© Ямщиков О.Н., Емельянов С.А., Горлов А.А., Чумаков Р.В., Ямщикова С.О., 2025

Обзор литературы / Literature review



СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ: РЕЗУЛЬТАТЫ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЗОРА И НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

О.Н. ЯМЩИКОВ^{1,2}, С.А. ЕМЕЛЬЯНОВ^{1,2}, А.А. ГОРЛОВ^{1,4}, Р.В. ЧУМАКОВ², С.О. ЯМЩИКОВА³

¹ТОГБУЗ «Городская клиническая больница г. Котловска», 393190, Котловск, Россия

²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт медицины и здравоохранения, 392000, Тамбов, Россия

³ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117997, Москва, Россия

⁴ГБУЗ «Магаданская областная больница», 685000, Магадан, Россия

Аннотация

Введение: переломы дистального отдела плечевой кости (ПДОПК) являются значимой проблемой в травматологии и ортопедии из-за технической сложности лечения и высокой частоты осложнений. Основным методом лечения данной патологии является хирургическое, к которым относятся открытая репозиция и внутренняя фиксация (ORIF), интрамедуллярная фиксация, остеосинтез аппаратами внешней фиксации и тотальное эндопротезирование (ТЭП) локтевого сустава.

Цель: оценить современное состояние вопроса хирургического лечения переломов дистального отдела плечевой кости, проанализировать результаты актуальных исследований, посвященных данному вопросу.

Материалы и методы: поиск был проведен в открытых электронных научных базах данных PubMed и баз данных российской научной электронной библиотеки e-Library по ключевым словам и словосочетаниям: хирургическое лечение, плечевая кость, остеосинтез, эндопротезирование.

Результаты: в представленном обзоре особое внимание уделяется описанию и обсуждению как классических, так и инновационных подходов в хирургическом лечении дистального отдела плечевой кости, таких как использование предконтурированных пластин с переменным углом фиксации винтов (VALP), которые показали преимущества в повышении стабильности фиксации и улучшении функциональных результатов, особенно у пациентов с остеопорозом. Рассматриваются перспективы применения 3D-печати для создания индивидуальных имплантатов, биорезорбируемых материалов, нанотехнологий и клеточных технологий, направленных на ускорение регенерации кости и снижение риска осложнений.

Заключение: тотальное эндопротезирование локтевого сустава является эффективной альтернативой для пожилых пациентов со сложными переломами. Инновационные технологии, такие как 3D-печать индивидуальных имплантатов, биорезорбируемые материалы и клеточные технологии, открывают новые перспективы в лечении больных ПДОПК, однако требуют дальнейших клинических исследований и оценки экономической эффективности.

Ключевые слова: хирургическое лечение; плечевая кость; остеосинтез; эндопротезирование

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

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Ямщиков О.Н., Емельянов С.А., Горлов А.А., Чумаков Р.В., Ямщикова С.О., Современная практика хирургического лечения переломов дистального отдела плечевой кости: результаты систематического обзора и новые перспективы // Кафедра травматологии и ортопедии. 2025. № 3(61). С. 91–100.

MODERN PRACTICE OF SURGICAL TREATMENT OF DISTAL HUMERUS FRACTURES: RESULTS OF A SYSTEMATIC REVIEW AND NEW PROSPECTS

OLEG N. YAMSHCHIKOV^{1,2}, SERGEY A. EMELIANOV^{1,2}, ANDREY A. GORLOV^{1,4}, ROMAN V. CHUMAKOV², SOFIA O. YAMSHCHIKOVA³

¹ Tambov Regional State Budgetary Healthcare Institution "Kotovsk City Clinical Hospital", 393190, Kotovsk, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Tambov State University named after G.R. Derzhavin", Institute of Medicine and Healthcare, 392000, Tambov, Russia

³ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 117997, Moscow, Russia

⁴ State Budgetary Healthcare Institution «Magadan Regional Hospital», 685000, Magadan, Russia

Abstract

Introduction: distal humerus fractures (DHU) are a significant problem in traumatology and orthopedics due to the technical complexity of treatment and high frequency of complications. The main method of treating this pathology is surgical, which includes open reduction and internal fixation (ORIF), intramedullary fixation, osteosynthesis with external fixation devices and total elbow arthroplasty (TEP).

The propose: to assess the current state of the issue of surgical treatment of distal humerus fractures, to analyze the results of current studies devoted to this issue.

Materials and methods: the search was conducted in open electronic scientific databases PubMed and databases of the Russian scientific electronic library e-Library using keywords and phrases: surgical treatment, humerus, osteosynthesis, endoprosthetics.

Results: the presented review pays special attention to the description and discussion of both classical and innovative approaches in the surgical treatment of the distal humerus, such as the use of pre-contoured plates with variable angle screw fixation (VALP), which have shown advantages in increasing the stability of fixation and improving functional results, especially in patients with osteoporosis. The prospects for the use of 3D printing to create individual implants, bioresorbable materials, nanotechnology and cellular technologies aimed at accelerating bone regeneration and reducing the risk of complications are considered.

Conclusion: total elbow arthroplasty is an effective alternative for elderly patients with complex fractures. Innovative technologies such as 3D printing of individual implants, bioresorbable materials and cell technologies open up new perspectives in the treatment of patients with POD, but require further clinical trials and cost-effectiveness assessment.

Keywords: surgical treatment; humerus; osteosynthesis; endoprosthetics

Conflict of interests: The authors declare that there are no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Yamshchikov O.N., Emelyanov S.A., Gorlov A.A., Chumakov R.V., Yamshchikova S.O., Modern practice of surgical treatment of distal humerus fractures: results of a systematic review and new prospects // Department of Traumatology and Orthopedics. 2025. № 3(61). P. 91–100.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2025.3.91-100

Введение

Переломы дистального отдела плечевой кости (ПДОПК) – тяжелейшая травма верхней конечности. Данная патология встречается у 0,5–2,0 % пострадавших с повреждениями опорно-двигательного аппарата, 6,5–15 % с переломами плечевой кости и 30 % – области локтевого сустава. [1] Сложность лечения больных ПДОПК обусловлена достаточно высокой частотой неудовлетворительного результата операции (8,3–67 %) и инвалидизации – 20–30 % всех случаев [2–4], что негативно сказывается на качестве жизни пациента. При этом, по данным некоторых авторов, социальная и бытовая адаптация пациентов с потерей движений в лучезапястном и плечевом суставах страдает в меньшей степени, чем у больных с потерей функции локтевого сустава, особенно с формированием его патологической установки [5].

Причинами высокого риска инвалидизации и осложнений у больных с ПДОПК являются: 1) сложная анатомия и биомеханика локтевого сустава; 2) повышенная реактивность структур локтевого сустава, которая обуславливает склонность к гетеротопической оссификации и гнойно-воспалительным осложнениям при оперативном лечении [5–6]; 3) сложность переломов – большинство переломов дистального отдела плечевой кости являются внутрисуставными и часто многооскольчатыми (переломы типа В – 24,1 % и С – 37,2 % по классификации АТО/АО) [7], что резко повышает риск развития контрактур и дегенеративных изменений в суставе; 4) повреждения нейро-сосудистых структур – 15–25 % всех

случаев [8–12, 54]; 5) ошибки в диагностике, выборе тактики лечения и нерациональная реабилитация – до 40–50 % всех неблагоприятных исходов при ПДОПК [13].

Оперативное вмешательство показано в большинстве случаев переломов дистального отдела плечевой кости с целью обеспечить раннее движение в локтевом суставе и достичь хорошего функционального результата. Целью данной работы является систематический обзор хирургического лечения и инноваций, применяемых в современной практике травматолога-ортопеда.

Материалы и методы

Поиск был проведен в открытых электронных научных базах данных PubMed и баз данных российской научной электронной библиотеки e-Library по ключевым словам и словосочетаниям: хирургическое лечение, плечевая кость, остеосинтез, эндопротезирование.

Результаты и обсуждение

Классификация переломов дистального отдела плечевой кости

Переломы дистального отдела плечевой кости (ПДОПК) представляют собой сложную и разнородную группу травм, требующих точной классификации для выбора оптимальной тактики и прогнозирования исходов лечения. В клинической практике используется ряд классификаций, таких как АО/ОТА, Mehne and Matta, Milcha, Jupiter, Riseborough and Radin, а также классификация А.В. Каплана, широко применяемая в России.

Наиболее распространенной в мировом медицинском сообществе является классификация АО/ОТА (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopaedic Trauma Association), разделяющая переломы дистального отдела плечевой кости на внесуставные (тип А), частичные внутрисуставные (тип В) и полные внутрисуставные (тип С), с дальнейшей градацией внутри каждого типа по степени сложности [14]. Другие классификационные системы (Milch, Mehne and Matta, Jupiter, Riseborough and Radin, а также отечественная классификация Каплана) акцентируют внимание на различных характеристиках – от особенностей прохождения линии перелома до тяжести внутрисуставного повреждения. Их использование позволяет более точно охарактеризовать тип повреждения, оценить прогноз и определить наиболее эффективную стратегию хирургического вмешательства [55–57].

Хирургическое лечение ПДОПК

Открытая репозиция с внутренней фиксацией (ORIF) является основным методом лечения переломов дистального отдела плечевой кости, применяемая в 70–85 % случаев [58]. Эффективность вмешательства во многом зависит от выбора оптимальной методики фиксации, позволяющей достичь стабильной репозиции, обеспечить раннюю мобилизацию и минимизировать риск осложнений.

Ведущее место в хирургическом лечении переломов дистального отдела плечевой кости занимает остеосинтез пластинами. Выделяют два основных подхода, различающихся по конфигурации расположения имплантатов: ортогональный и параллельный. Ортогональная фиксация, при которой пластины устанавливаются под углом 90°, обеспечивает трёхмерную стабильность, однако менее устойчива к физиологическим нагрузкам и может сопровождаться вторичным смещением фрагментов [16–18]. Параллельная фиксация, при которой пластины располагаются на медиальной и латеральной колоннах параллельно друг другу, обеспечивает более высокую механическую прочность, особенно при остеопоротических и многооскольчатых переломах. Наибольшую эффективность демонстрируют анатомически предконтурированные пластины с блокируемыми винтами, адаптированные к форме дистального плеча: они улучшают точность прилегания к кости, минимизируют необходимость моделирования во время операции, ускоряя ее, и обеспечивают стабильную фиксацию даже при сниженной прочности костной ткани [18, 19]. Исследование Korner et al. (2004) показало, что блокируемые пластины обеспечивают лучшую фиксацию в остеопоротической кости по сравнению с неблокируемыми пластинами [20]. Неплохо блокируемые пластины позволяют достичь компрессии отломков и гибкости в выборе угла введения винтов, но имеют меньшую устойчивость в остеопоротической кости и повышенный риск ослабления фиксации при нагрузках [20]. Изолированная фиксация винтами применяется ограниченно — при неосложнённых переломах одного мыщелка у молодых пациентов с удовлетворительным качеством костной ткани [59]. В сложных

случаях оправдано применение комбинированных методик, сочетающих пластины, винты и спицы, а также минимально инвазивных техник (МИРО), направленных на сохранение кровоснабжения кости и снижение травматизации мягких тканей. По данным литературы, параллельная фиксация анатомическими блокируемыми пластинами применяется в 60–70 % случаев при сложных внутрисуставных переломах, ортогональная — в 20–30 %, фиксация только винтами — в 5–10 %, комбинированные методы — в 15–25 % [21].

Интрамедуллярная фиксация

В литературе имеются отдельные исследования, посвященные использованию интрамедуллярной фиксации при переломах дистального отдела плечевой кости. Так, Неверов и соавт. (2015) предложили способ остеосинтеза надмыщелковых переломов плечевой кости с использованием блокирующего интрамедуллярного стержня с предварительным удлинением костномозгового канала дистального отломка. Метод основан на биомеханическом анализе фиксации и направлен на повышение стабильности остеосинтеза при коротком дистальном фрагменте и снижении риска ятрогенного повреждения лучевого нерва. В исследовании приняли участие 62 пациента, из которых в 74,1 % случаев применён данный способ. Авторы отметили хорошие и отличные функциональные результаты, а также возможность ранней активизации без необходимости длительной внешней иммобилизации [22]. В другом исследовании Sénès et al. (2012) изучили использование гибких интрамедуллярных гвоздей при лечении ПДОПК у детей и подростков. Результаты показали хорошую консолидацию и восстановление функции, но исследование было ограничено педиатрической популяцией и внесуставными переломами [23]. Shah et al. (2020) изучили биомеханические характеристики различных методов фиксации при ПДОПК, включая интрамедуллярные стержни. Авторы обнаружили, что интрамедуллярная фиксация может быть менее стабильной по сравнению с пластинной фиксацией, особенно при нагрузках на сгибание и разгибание, что ограничивает ее применение при сложных переломах [24].

В клинической практике интрамедуллярная фиксация ДОПК применяется редко. Основные показания включают внесуставные надмыщелковые переломы без значительного смещения, где метод может обеспечить достаточную стабильность при минимальной инвазивности. Однако при внутрисуставных и многооскольчатых переломах предпочтение отдается ORIF, так как этот метод позволяет точно восстановить суставную поверхность и обеспечить стабильную фиксацию.

Остеосинтез аппаратами внешней фиксации

Остеосинтез аппаратами внешней фиксации используется преимущественно как временная мера или в том случае, когда другие методы фиксации противопоказаны. Данный метод применяется в 5–10 % случаев лечения ПДОПК, главным образом при открытых переломах и политравмах [60]. Основные показания включают ситуации, когда применение внутренних методов фиксации невозможно или противопоказано.

Одним из главных преимуществ внешней фиксации является минимальная травматизация мягких тканей. Метод не требует широкого хирургического доступа, что снижает риск повреждения сосудисто-нервных структур и окружающих тканей. Это особенно важно при открытых переломах или значительном повреждении мягких тканей. Например, Maniscalco et al. (2014) показали, что использование внешней фиксации у пожилых пациентов с сложными переломами локтевого сустава позволило добиться удовлетворительных функциональных результатов при минимальном риске осложнений [25]. Другим преимуществом метода является возможность адаптации конструкции для лечения сложных и многооскольчатых переломов. Аппараты внешней фиксации можно настроить индивидуально для обеспечения стабильной фиксации в каждом конкретном случае. Liu et al. (2012) отметили, что внешняя фиксация в сочетании с вакуумной терапией ран улучшает заживление мягких тканей и снижает риск инфекций [26]. В сравнении, стандартные методы внутренней фиксации могут не обеспечить достаточного ухода за раной при обширных повреждениях мягких тканей. Кроме того, наружная фиксация обеспечивает доступ к раневой поверхности при лечении открытых переломов, что важно для профилактики инфекций и проведения реконструктивных процедур.

Однако внешняя фиксация имеет ряд ограничений. Метод уступает внутренним фиксаторам (ORIF и интрамедуллярным стержням) по механической стабильности. Внешние конструкции могут быть менее устойчивы к осевым и ротационным нагрузкам, повышая риск вторичного смещения отломков, о чем сообщали в своем исследовании Kamara et al. (2018) [27]. Для сравнения, O'Driscoll et al. (2005) показали, что использование параллельной фиксации при ORIF обеспечивает высокую стабильность и снижает риск смещения отломков [16]. Другой недостаток — дискомфорт пациента и риск инфекционных осложнений в местах введения штифтов. Частота инфекций в этих зонах может достигать 15 %, даже при соблюдении строгих правил асептики [28]. Cheung et al. (1997) показали, что ограничение функции сустава после применения внешней фиксации наблюдалось у 20 % пациентов [19]. В сравнении, при использовании внутренних методов фиксации риск подобных осложнений ниже, хотя и не исключен. Кроме того, внешняя фиксация не обеспечивает достаточной точности репозиции внутрисуставных отломков, что ограничивает ее применение при сложных внутрисуставных переломах. O'Driscoll et al. (2002) отметили, что для достижения оптимальных функциональных результатов при таких переломах предпочтительнее использовать ORIF [17].

Тотальное эндопротезирование локтевого сустава

Тотальное эндопротезирование локтевого сустава (ТЭП) является признанной безопасной и эффективной альтернативой внутренней фиксации (ORIF) при лечении оскольчатых внутрисуставных ПДОПК у пожилых пациентов. Существует тенденция увеличения количества данных операций по поводу

таких переломов: Rajaee et al. (2016) установили, что с 2002 по 2012 год их число увеличилось в 2,6 раза [30]. ТЭП обеспечивает раннюю мобилизацию и восстановление функции локтевого сустава, что особенно важно для пожилых пациентов с остеопорозом и сниженным потенциалом заживления кости [31]. Однако срок службы эндопротеза ограничен из-за риска асептического расшатывания компонентов. Поэтому ТЭП рекомендуется преимущественно пациентам с малоподвижным образом жизни, которые способны соблюдать ограничения послеоперационной реабилитации [32]. Пациентам с установленным ТЭП накладываются пожизненные ограничения по подъему тяжестей (не более 2–5 кг) для снижения риска преждевременного износа протеза с последующей ревизией. Исследования показывают, что долговечность эндопротезов локтевого сустава может быть ограничена. Так, Prasad et al. (2016) проанализировали выживаемость ТЭП у пациентов с переломами и обнаружили, что только у 53 % имплантатов срок службы составил более 10 лет, а у 89,5 % пациентов на этом этапе наблюдалось расшатывание протезов [33]. Это подчеркивает необходимость тщательного отбора пациентов для данного вида лечения. McKee et al. (2009) сравнили ORIF с ТЭП в проспективном рандомизированном многоцентровом исследовании с участием 40 пациентов старше 65 лет с оскольчатыми, смещенными внутрисуставными ПДОПК (тип C по классификации АО/ОТА) [34]. Результаты продемонстрировали более высокие показатели функции локтевого сустава по шкале Mayo Elbow Performance Score в группе ТЭП через 6 месяцев (86 против 68, $p = 0,003$), 12 месяцев (88 против 72, $p = 0,007$) и 2 года (86 против 73, $p = 0,015$). Значимая разница в пользу ТЭП по шкале DASH отмечалась через 6 месяцев, но нивелировалась к 2 годам. Кроме того, в группе ORIF у 25 % пациентов произошел интраоперационный переход на ТЭП из-за значительного раздробления отломков и невозможности добиться стабильной фиксации. Частота повторных операций в группах ТЭП (12 %) и ORIF (27 %) статистически не различалась ($p = 0,2$). Авторы пришли к выводу, что ТЭП является предпочтительной альтернативой лечения у пожилых пациентов со сложными переломами, не поддающимися стабильной фиксации [34].

Однако не все исследования подтверждают явное превосходство ТЭП над ORIF. В недавнем систематическом обзоре Githens et al. (2014) сравнили ТЭП и ORIF для лечения дистальных переломов плечевой кости у пожилых людей, объединив результаты 27 работ с участием 563 пациентов. [35] В них не обнаружено существенных различий между группами в отношении функциональных результатов или частоты осложнений. Это указывает на то, что выбор метода лечения должен быть индивидуализирован.

Гемартропластика является альтернативным методом лечения, обладающим потенциальным преимуществом в виде снижения износа полиэтилена и большей долговечности имплантата. Однако для данного вида вмешательства пациент

должен иметь неповрежденные или реконструированные головку лучевой кости, венечный отросток, медиальную и латеральную колонны, а также функциональные коллатеральные связки [36]. Гемиартропластика накладывает меньше ограничений на активность больных и может быть приемлемым вариантом для более молодых и активных пациентов. В серии клинических случаев были продемонстрированы хорошие результаты при среднесрочном наблюдении. Так, Burkhart et al. (2011) сообщили об удовлетворительных функциональных результатах у пациентов, перенесших гемиартропластику ДОПК с сохранением объема движений [37]. Тем не менее, сообщаемая частота осложнений остается сопоставимой с показателями при ТЭП [33], что подчеркивает необходимость дальнейшего изучения отдаленных клинических результатов. Например, Wilfred et al. (2021) отметили, что, несмотря на хорошие ранние послеоперационные результаты гемиартропластики, у некоторых пациентов развивались поздние осложнения, такие как нестабильность сустава и износ суставных поверхностей [38].

Таким образом, ТЭП является ключевым вариантом лечения оскольчатых внутрисуставных ПДОПК у пожилых пациентов, особенно в том случае, когда невозможна стабильная внутренняя фиксация. Преимущества ТЭП включают раннюю мобилизацию и хорошие послеоперационные функциональные результаты, однако остается актуальным вопрос долговечности имплантатов и наличия ограничений активности пациентов. Гемиартропластика представляет собой перспективную альтернативу для определенных групп пациентов, но требует дальнейших исследований для оценки ее эффективности и безопасности в отдаленном периоде.

Оптимальный выбор между ORIF, ТЭП и гемиартропластикой следует принимать индивидуально к каждому пациенту, учитывая совокупность факторов: возраст, уровень активности, состояние костной ткани, а также особенности самого перелома.

Современные технологии играют все более значимую роль в улучшении результатов лечения больных ПДОПК. Инновационные подходы, такие как 3D-печать, биорезорбируемые материалы, нанотехнологии и клеточные технологии, направлены на повышение точности хирургического вмешательства, ускорение заживления и минимизацию осложнений. Эти методы представляют собой перспективные направления в травматологии и ортопедии, создавая возможности для их применения в персонализированной медицине.

Одной из наиболее значительных инноваций является использование 3D-печати для создания индивидуализированных анатомических пластин и других имплантатов. Эта технология основывается на данных компьютерной томографии пациента, что позволяет разрабатывать конструкции, идеально соответствующие анатомическим особенностям перелома. Применение 3D-печатных имплантатов позволяет достичь более точного восстановления суставной поверхности, что снижает риск вторичного смещения отломков и пост-

травматического артроза. В исследовании Zheng et al. (2018) 3D-печать была использована для создания анатомических пластин для лечения межмышечковых переломов плечевой кости. Результаты показали, что у пациентов, прооперированных с использованием индивидуальных имплантатов, более короткое время операции и лучшее восстановление функции по сравнению с контрольной группой [39]. В аналогичном исследовании Baburaj et al. (2024) сообщили о повышении точности репозиции отломков и сокращении интраоперационных осложнений при использовании 3D-печатных пластин [40]. Интересный пример клинического применения 3D-технологий представлен в работе Luenam et al. (2020), где индивидуализированный имплантат, созданный с использованием 3D-печати, был успешно применен для восстановления разрушенного латерального мыщелка и суставной поверхности дистального отдела плечевой кости, что позволило достичь стабильной фиксации, анатомического соответствия и удовлетворительных функциональных результатов при тяжелой открытой травме [50]. Дополнительным преимуществом таких имплантатов является сокращение времени операции за счет предварительного планирования и точного изготовления конструкций. Более того, 3D-печать позволяет создавать пористые структуры для улучшения остеоинтеграции, что ускоряет процесс заживления. Однако высокая стоимость технологии и потребность в специализированном оборудовании пока ограничивают ее широкое применение.

Дополнительным направлением развития 3D-технологий в хирургии переломов является использование предоперационного компьютерного моделирования и 3D-печати не только для изготовления пластин, но и для индивидуальной подготовки реконструкционных трансплантатов. В работе Russo et al. (2022) была описана методика трансплантации остеохондрального аллогraftа при разрушении дистального отдела плечевой кости с использованием 3D-планирования. Предоперационная виртуальная реконструкция поврежденного сегмента позволила точно адаптировать форму трансплантата к дефекту, что обеспечило анатомическое восстановление суставной поверхности и стабильную фиксацию конструкции. По данным авторов, применение 3D-печати способствовало сокращению времени операции и улучшению точности хирургического вмешательства, а функциональный исход оказался удовлетворительным даже при выраженном суставном повреждении [51]. Таким образом, 3D-технологии представляют собой не только инструмент для повышения точности остеосинтеза, но и потенциальную основу для персонализированной суставной реконструкции в условиях сложных переломов.

Использование биорезорбируемых материалов, таких как полилактид (PLA) и полигликолид (PGA), становится все более часто применяемым в травматологии. Эти материалы обладают высокой биосовместимостью и постепенно разлагаются в организме по мере заживления перелома. Применение биорезорбируемых фиксаторов снижает необходимость по-

вторных операций для удаления имплантатов, что особенно важно для пациентов с высоким риском осложнений.

В исследовании Sahoo et al. (2024) была оценена эффективность биорезорбируемых имплантатов при лечении переломов у взрослых пациентов [41]. Результаты показали, что такие материалы обеспечивают удовлетворительную стабильность фиксации и хорошую биосовместимость. Однако авторы отметили, что механическая прочность биорезорбируемых фиксаторов может быть недостаточной для лечения сложных переломов. Plaass et al. (2018) в рандомизированном клиническом исследовании сравнили биорезорбируемые магниевые винты с традиционными титановыми при фиксации остеотомий [42], результаты которого продемонстрировали сопоставимую стабильность фиксации и сроки консолидации в группе с магниевыми винтами. Использование биорезорбируемых фиксаторов может быть особенно перспективно для лечения детей и подростков, у которых повторные операции ассоциированы с высоким риском нарушений роста кости. Однако пока эти материалы уступают металлическим по механической стабильности, что ограничивает их применение у взрослых пациентов с тяжелыми переломами.

Внедрение нанотехнологий в травматологию направлено на улучшение свойств фиксирующих конструкций. Современные имплантаты оснащаются покрытиями на основе наноструктурированного гидроксиапатита, которые стимулируют остеоинтеграцию и ускоряют процесс регенерации кости. Такие покрытия также обладают антибактериальными свойствами, что снижает риск инфекционных осложнений. San et al. (2022) исследовали имплантаты с наноструктурированными покрытиями из гидроксиапатита и серебра [43]. Результаты показали улучшение остеоинтеграции и снижение бактериальной колонизации поверхности имплантата. Campoccia et al. (2013) также отметили, что наноструктурированные покрытия могут препятствовать образованию биопленок на поверхности имплантатов, уменьшая риск хронических инфекций [44]. Кроме того, нанотехнологии используются для создания имплантатов с изменяемой жесткостью, которые адаптируются к процессу заживления перелома. Это позволяет равномерно распределять нагрузку и снижать риск несращения или миграции фиксатора. Однако сложность производства и высокая стоимость таких имплантатов ограничивают их применение.

Еще одним перспективным направлением лечения ПДОПК является использование клеточных технологий для стимуляции регенерации кости. Применение мезенхимальных стволовых клеток (MSC) в сочетании с биоматериалами позволяет ускорить процесс образования костной ткани. Hernigou et al. (2005) провели исследование, в котором аутологичные костномозговые клетки вводились в зону несращения перелома [45]. Результаты показали высокую эффективность метода с ускоренным заживлением в 89 % случаев.

Одним из наиболее перспективных биологических направлений в лечении сложных переломов считается приме-

нение мезенхимальных стволовых клеток (MSC) в сочетании с остеокондуктивными тканевыми каркасами (scaffolds). MSC способны дифференцироваться в остеогенные клетки, модулируют воспаление, активируют ангиогенез и стимулируют регенераторные процессы в костной ткани. Scaffold-структуры, изготовленные из биосовместимых материалов, таких как коллаген, гидроксиапатит или β -трикальцийфосфат, обеспечивают трёхмерную опору, удержание клеток в зоне дефекта и направленный рост новой ткани. По результатам анализа Cui et al. (2025), терапия MSC/Scaffold достоверно улучшает исходы лечения: ускоряется сращение (до 5,85 месяцев), возрастает частота консолидации (до 78 %) и снижается частота осложнений практически до нуля [52]. Rodham et al. (2024) также отмечают широкий потенциал клеточной терапии при остеопоротических переломах, несращениях, дефектах после резекций и аваскулярном некрозе [53]. Интеграция MSC и scaffold в алгоритмы малоинвазивного остеосинтеза может повысить биологическую надёжность фиксации и улучшить восстановление при лечении переломов мыщелков плечевой кости, особенно у пациентов с отягощённым соматическим фоном.

В последние годы активно развиваются роботизированные хирургические системы, которые позволяют повысить точность выполнения операций. Интеграция технологий искусственного интеллекта (ИИ) помогает хирургам планировать вмешательства и определять оптимальные точки фиксации, минимизируя вероятность ошибок. В исследовании Qi H. et al. (2024) использование навигационных систем в ортопедической хирургии позволило снизить количество интраоперационных осложнений и улучшить точность установки имплантатов [46]. По данным Li et al. (2023), использование 3D-навигации и робототехники при лечении ПДОПК уменьшает время операции и повышает точность репозиции отломков [47].

Разработка новых материалов и конструкций фиксаторов продолжает улучшать результаты лечения больных ПДОПК. К данной группе относится использование пластин с переменным углом фиксации винтов (Variable Angle Locking Plates, VALP), которые позволяют хирургу индивидуально настраивать угол введения каждого винта. Это обеспечивает оптимальную фиксацию, особенно важную в условиях остеопороза, даже при сложной анатомии перелома. В традиционных пластинах винты вводятся под заранее заданными углами, что может не всегда соответствовать оптимальному положению для обеспечения стабильной фиксации. VALP предоставляют возможность изменять направление винтов в определенном диапазоне, улучшая фиксацию мелких фрагментов и повышая общую стабильность конструкции. Nourbakhsh et al. (2019) провели биомеханическое исследование, сравнивая пластины с переменным и фиксированным углом фиксации при моделировании внутрисуставных ПДОПК. Результатом данного исследования оказалось, что VALP обеспечивают сопоставимую механическую стабильность с традицион-

ными LCP-пластинами, при этом позволяя более гибко подходить к расположению винтов [48]. Авторы отметили, что возможность изменения угла винтов улучшает фиксацию в остеопоротической кости, где стандартная фиксация может быть недостаточной. Athwal et al. (2009) оценили результаты применения предконтурированных параллельных пластин с переменным углом фиксации при лечении переломов типа C по классификации АО/ОТА [9]. Использование таких пластин позволило достичь хорошей фиксации дистальных фрагментов и обеспечить раннюю реабилитацию пациентов. Функциональные результаты оцененные по шкале Mayo Elbow Performance Score (MEPS) в среднем составили 90 баллов, что свидетельствует о высокой эффективности метода. Körner et al. (2004) сравнили биомеханические характеристики фиксации ПДОПК с использованием блокируемых пластин с переменным углом винтов и традиционных реконструкционных пластин. Результаты показали, что VALP обеспечивают лучшую механическую стабильность, особенно в условиях остеопороза, по сравнению с пластинами фиксированного угла и реконструкционными пластинами. Авторы сделали вывод, что применение VALP может снизить риск несращения и механической несостоятельности конструкции [20]. Erpelding et al. (2012) исследовали клинические результаты применения анатомически предконтурированных пластин с переменным углом фиксации винтов при лечении сложных ПДОПК. В исследовании приняли участие 34 пациента, средний период наблюдения составил 26 месяцев. Отмечен высокий процент сращения переломов (94 %) и хорошие функциональные результаты, со средним показателем по шкале MEPS в 85 баллов [49]. Частота осложнений была низкой, не превышая 10–15 % от общей группы пациентов, что подтверждает безопасность метода, а также его эффективность.

Таким образом, пластины с переменным углом фиксации винтов являются эффективным инструментом в лечении сложных ПДОПК. Они предоставляют хирургу гибкость в выборе оптимального положения винтов, улучшают фиксацию в условиях сложной анатомии и способствуют достижению лучших функциональных результатов. Эти данные подтверждают преимущества VALP перед традиционными системами фиксации, делая их предпочтительным выбором в сложных клинических ситуациях.

Заключение

Переломы дистального отдела плечевой кости продолжают оставаться серьезной проблемой в травматологии из-за высокой частоты осложнений и неудовлетворительных результатов лечения. Открытая репозиция и внутренняя фиксация (ORIF) является основным методом, но требует совершенствования техники и выбора оптимальных имплантатов. Пластины с переменным углом фиксации винтов показывают преимущества в повышении стабильности и улучшении функциональных исходов, особенно при остеопорозе.

Тотальное эндопротезирование локтевого сустава является эффективной альтернативой для пожилых пациентов со сложными переломами, хотя ограничения по активности и долговечность имплантатов остаются проблемой. Инновационные технологии, такие как 3D-печать индивидуальных имплантатов, биорезорбируемые материалы и клеточные технологии, открывают новые перспективы в лечении больных ПДОПК, однако требуют дальнейших клинических исследований и оценки экономической эффективности.

Инновационные подходы имеют значительный потенциал для изменения парадигмы лечения больных ПДОПК. Их внедрение способствует повышению точности вмешательства, ускорению реабилитации и снижению числа осложнений. Тем не менее, широкое применение этих технологий требует значительных государственных финансовых вложений и разработки новых протоколов лечения. В перспективе интеграция 3D-печати, biomaterialов и клеточных технологий с традиционными методами лечения может значительно улучшить результаты лечения даже в самых сложных клинических случаях.

Список литературы / References:

1. Кривенко С.Н., Медведев Д.И. Остеосинтез мелких фрагментов при многооскольчатых переломах дистального метаэпифиза плечевой кости. *Гений ортопедии*. 2018;24(4):436–443. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-4-436-443 [Krivenko S.N., Medvedev D.I. Osteosintez melkikh fragmentov pri mnogooskolchatykh perelomakh distal'nogo metaepifiza plechevoi kosti. *Genii ortopedii*. 2018;24(4):436–443. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-4-436-443].
2. Жердев И.И., Кондрашов А.Н., Томилин В.Н. Наш опыт оперативного лечения дистального отдела плечевой кости. *Травма*. 2012;13(3):14–16. DOI: отсутствует/ ISSN: 1608-1706 [Zherdev I.I., Kondrashov A.N., Tomilin V.N. Nash opyt operativnogo lecheniya distal'nogo otdela plechevoi kosti. *Travma*. 2012;13(3):14–16. DOI: отсутствует/ ISSN: 1608-1706].
3. Ключевский В.В., Hassan B.E. Лечение около- и внутрисуставных переломов дистального отдела плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(3):96–102. DOI: отсутствует/ ISSN: 2311-2905 [Klyuchevskii V.V., Hassan B.E. Lechenie okolo- i vnutrisustavnykh perelomov distal'nogo otdela plechevoi kosti. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2010;(3):96–102. DOI: otsutstvuet/ ISSN: 2311-2905].
4. Борукеев А.К. Реабилитация больных после остеосинтеза дистального отдела плечевой кости накостной пластиной трансолекрановым доступом. *Достижения науки и образования*. 2016;(10(11)):65–68. DOI: отсутствует/ ISSN: 2413-2071 [Borukeev A.K. Reabilitatsiya bol'nykh posle osteosinteza distal'nogo otdela plechevoi kosti nakostnoi plastinoi transolekranovym dostupom. *Dostizheniya nauki i obrazovaniya*. 2016;(10(11)):65–68. DOI: otsutstvuet/ ISSN: 2413-2071].
5. Кесян Г.А., Арсеньев И.Г., Уразгильдеев Р.З., Карапетян Г.С. Дифференцированный подход к оперативному

лечению последствий тяжёлых повреждений локтевого сустава. Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2017;16(4):161–167. DOI: отсутствует/ ISSN: 2225-6016 [Kesyan G.A., Arsen'ev I.G., Urazgildeev R.Z., Karapetyan G.S. Differentsirovannyi podkhod k operativnomu lecheniyu posledstviy tyazhelykh povrezhdenii lokteвого sustava. Vestnik Smolenskoй gosudarstvennoy meditsinskoi akademii. 2017;16(4):161–167. DOI: otsutstvuet/ ISSN: 2225-6016].

6. Кесян Г.А., Уразгильдеев Р.З., Дан И.М. Гетеротопическая оссификация крупных суставов как осложнение травм и заболеваний нервной системы: обзор литературы. Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2017;16(4):154–160. DOI: отсутствует/ ISSN: 2225-6016 [Kesyan G.A., Urazgildeev R.Z., Dan I.M. Getterotopicheskaya ossifikatsiya krupnykh sustavov kak oslozhenie travm i zabolevaniy nervnoi sistemy: obzor literatury. Vestnik Smolenskoй gosudarstvennoy meditsinskoi akademii. 2017;16(4):154–160. DOI: otsutstvuet/ ISSN: 2225-6016].

7. Nauth A., McKee M.D., Ristevski B., Hall J.A., Schemitsch E.H. Distal humerus fractures in adults. Journal of Bone and Joint Surgery American Volume. 2011;93(7):686–700. DOI: 10.2106/JBJS.J.00845

8. Oshika Y., Takegami Y., Tokutake K., Yokoyama H., Oguchi T., Imagama S. Ulnar nerve neuropathy after surgery for intraarticular distal humerus fractures: an analysis of 116 patients. Journal of Hand Surgery American Volume. 2023;48(11):1171.e1–1171.e5. DOI: 10.1016/j.jhsa.2023.02.001.

9. Athwal G.S., Hoxie S.C., Rispoli D.M., Steinmann S.P. Pre-contoured parallel plate fixation of AO/OTA type C distal humerus fractures. Journal of Orthopaedic Trauma. 2009;23(8):575–580. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181aa5402

10. Vazquez O., Rutgers M., Ring D.C., Walsh M., Egol K.A. Fate of the ulnar nerve after operative fixation of distal humerus fractures. Journal of Orthopaedic Trauma. 2010;24(7):395–399. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181e3e273.

11. Korner J., Lill H., Müller L.P., Hessmann M., Kopf K., Goldhahn J., Gonschorek O., Josten C., Rommens P.M. Distal humerus fractures in elderly patients: results after open reduction and internal fixation. Osteoporosis International. 2004;15(7):560–564. DOI: 10.1007/s00198-004-1764-5.

12. The R.M., Severijnen R.S. Neurological complications in children with supracondylar fractures of the humerus. European Journal of Surgery. 1999;165(3):180–182. DOI: 10.1080/110241599750007009.

13. McKee M.D., Pugh D.M.W., Wild L.M., Schemitsch E.H., King G.J.W. Standard surgical protocol to treat elbow dislocations with radial head and coronoid fractures: surgical technique. Journal of Bone and Joint Surgery American Volume. 2005;87(Suppl 1(Pt 1)):22–32. DOI: 10.2106/JBJS.D.02933.

14. Müller M. E., Nazarian S., Koch P., Schatzker J. The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones. Berlin: Springer; 1990. 336 p. DOI: 10.1007/978-3-642-61261-9

15. Wani M.M., Dar R.A., Latoo I.A., Malik T., Sultan A., Halwai M.A. External fixation of pediatric femoral shaft fractures: a consecutive

study based on 45 fractures. Journal of Pediatric Orthopaedics B. 2013;22(6):563–570. DOI: 10.1097/BPB.0b013e32836421ce.

16. O'Driscoll S.W. Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. Journal of Shoulder and Elbow Surgery. 2005;14(1 Suppl S):186S–194S. DOI: 10.1016/j.jse.2004.09.033.

17. O'Driscoll S.W., Sanchez-Sotelo J., Torchia M.E. Management of the smashed distal humerus. Orthopedic Clinics of North America. 2002;33(1):19–33. DOI: 10.1016/s0030-5898(03)00070-1.

18. Sanchez-Sotelo J., Torchia M.E., O'Driscoll S.W. Complex distal humeral fractures: internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. Journal of Bone and Joint Surgery American Volume. 2007;89(5):961–969. DOI: 10.2106/JBJS.E.01311.

19. Zlotolow D.A., Catalano L.W. 3rd, Barron O.A., Glickel S.Z. Surgical exposures of the humerus. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2006;14(13):754–765. DOI: 10.5435/00124635-200612000-00007.

20. Korner J., Diederichs G., Arzdorf M., Lill H., Josten C., Schneider E., Linke B. A biomechanical evaluation of methods of distal humerus fracture fixation using locking compression plates versus conventional reconstruction plates. Journal of Orthopaedic Trauma. 2004;18(5):286–293. DOI: 10.1097/00005131-200405000-00004.

21. Gupta R., Khanchandani P. Intercondylar fractures of the distal humerus in adults: a critical analysis of 55 cases. Injury. 2002;33(6):511–515. DOI: 10.1016/s0020-1383(02)00009-8.

22. Неверов В.А., Черняев С.Н., Шинкаренко Д.В. Способ остеосинтеза надмыщелковых переломов плечевой кости. Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2015;174(5):45–49. DOI: отсутствует/ ISSN: 0042-4625 [Neverov V.A., Chernyaev S.N., Shinkarenko D.V. Spособ osteosinteza nadmyshchelkovykh perelomov plechevoi kosti. Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova. 2015;174(5):45–49. DOI: отсутствует/ ISSN: 0042-4625].

23. Sénès F.M., Catena N. Intramedullary osteosynthesis for metaphyseal and diaphyseal humeral fractures in developmental age. Journal of Pediatric Orthopaedics B. 2012;21(4):300–304. DOI: 10.1097/BPB.0b013e328353d96d.

24. Shah N.V., Hayes W.T., Wang H. et al. A pilot biomechanical study comparing a novel intramedullary nail/plate construct to standard dual-plate fixation of intra-articular C2.3 distal humerus fractures. Injury. 2020;51(10):2148–2157. DOI: 10.1016/j.injury.2020.06.034.

25. Maniscalco P., Pizzoli A.L., Renzi Brivio L., Caforio M. Hinged external fixation for complex fracture-dislocation of the elbow in elderly people. Injury. 2014;45(Suppl 6):S53–S57. DOI: 10.1016/j.injury.2014.10.024.

26. Liu L., Tan G., Luan F., Tang X., Kang P., Tu C., Pei F. The use of external fixation combined with vacuum sealing drainage to treat open comminuted fractures of tibia in the Wenchuan earthquake. International Orthopaedics. 2012;36(7):1441–1447. DOI: 10.1007/s00264-011-1404-6.

27. Kamara A., Ji X., Liu T., Zhan Y., Li J., Wang E. A comparative biomechanical study on different fixation techniques in the management of transverse metaphyseal-diaphyseal junction fractures

of the distal humerus in children. *International Orthopaedics*. 2019;43(2):411–416. DOI: 10.1007/s00264-018-3968-x.

28. Egol K. A., Koval K. J., Zuckerman J. D. *Handbook of Fractures*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. 816 p.

29. Cheung E.V., O'Driscoll S.W., Morrey B.F. "Complications of hinged external fixators of the elbow." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2008;17(3):447–453. DOI: 10.1016/j.jse.2007.11.018

30. Rajaei S.S., Lin C.A., Moon C.N. Primary total elbow arthroplasty for distal humeral fractures in elderly patients: a nationwide analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2016;25(11):1854–1860. DOI: 10.1016/j.jse.2016.05.030.

31. Prasad N., Dent C. Outcome of total elbow replacement for distal humeral fractures in the elderly: a comparison of primary surgery and surgery after failed internal fixation or conservative treatment. *Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*. 2008;90(3):343–348. DOI: 10.1302/0301-620X.90B3.18971.

32. Parker P., Furness N.D., Evans J.P., Batten T., White W.J., Smith C.D. A systematic review of the complications of contemporary total elbow arthroplasty. *Shoulder Elbow*. 2020;13(5):544–551. DOI: 10.1177/1758573220905629.

33. Prasad N., Ali A., Stanley D. Total elbow arthroplasty for non-rheumatoid patients with a fracture of the distal humerus: a minimum ten-year follow-up. *Bone & Joint Journal*. 2016;98-B(3):381–386. DOI: 10.1302/0301-620X.98B3.35508.

34. McKee M. D., Veillette C. J., Hall J. A. et al. A multicenter, prospective, randomized, controlled trial of open reduction–internal fixation versus total elbow arthroplasty for displaced intra-articular distal humeral fractures in elderly patients. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2009;18(1):3–12. DOI: 10.1016/j.jse.2008.06.005.

35. Githens M., Yao J., Sox A.H.S., Bishop J. Open reduction and internal fixation versus total elbow arthroplasty for the treatment of geriatric distal humerus fractures: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2014;28(8):481–488. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000050.

36. Phadnis J., Watts A.C., Bain G.I. Elbow hemiarthroplasty for the management of distal humeral fractures: current technique, indications and results. *Shoulder Elbow*. 2016;8(3):171–183. DOI: 10.1177/1758573216640210.

37. Burkhart K.J., Nijs S., Mattyasovszky S.G. et al. Distal humerus hemiarthroplasty of the elbow for comminuted distal humeral fractures in the elderly patient. *Journal of Trauma*. 2011;71(3):635–642. DOI: 10.1097/TA.0b013e318216936e.

38. Wilfred A.M., Akhter S., Horner N.S. et al. Outcomes and complications of distal humeral hemiarthroplasty for distal humeral fractures – a systematic review. *Shoulder Elbow*. 2021;14(1):65–74. DOI: 10.1177/17585732211023100.

39. Zheng W., Su J., Cai L. et al. Application of 3D-printing technology in the treatment of humeral intercondylar fractures. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2018;104(1):83–88. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.11.012.

40. Baburaj V., Patel S., Kumar V. et al. Utility of three-dimensional printing in the surgical management of intra-

articular distal humerus fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinics in Shoulder and Elbow*. 2024;27(1):72–78. DOI: 10.5397/cise.2023.00591.

41. Sahoo M., Tejaswi A., Keerthanand G., Sravani Y. Efficacy of biodegradable implants in orthopedic surgery: a systematic review. *Medico Research Chronicles*. 2024;11(4):92–101. DOI: 10.26838/MEDRECH.2024.11.4.723.

42. Plaass C., von Falck C., Ettinger S. et al. Bioabsorbable magnesium versus standard titanium compression screws for fixation of distal metatarsal osteotomies – 3-year results of a randomized clinical trial. *Journal of Orthopaedic Science*. 2018;23(2):321–327. DOI: 10.1016/j.jos.2017.11.005.

43. San H., Paresoglou M., Minneboo M. et al. Fighting antibiotic-resistant bacterial infections by surface biofunctionalization of 3D-printed porous titanium implants with reduced graphene oxide and silver nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(16):9204. DOI: 10.3390/ijms23169204.

44. Campoccia D., Montanaro L., Arciola C.R. A review of the biomaterials technologies for infection-resistant surfaces. *Biomaterials*. 2013;34(34):8533–8554. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2013.07.089.

45. Hernigou P., Poignard A., Beaujean F., Rouard H. Percutaneous autologous bone-marrow grafting for nonunions: influence of the number and concentration of progenitor cells. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2005;87(7):1430–1437. DOI: 10.2106/JBJS.D.02215.

46. Qi H., Ai X., Ren T., Li Z., Zhang C., Wu B., Cui Y., Li M. A clinical study on robot navigation-assisted intramedullary nail treatment for humeral shaft fractures. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2024;25(1):766. DOI: 10.1186/s12891-024-07848-6.

47. Li T., Badre A., Alambeigi F., Tavakoli M. Robotic systems and navigation techniques in orthopedics: a historical review. *Applied Sciences*. 2023;13(17):9768. DOI: 10.3390/app13179768.

48. Nourbakhsh A., Hirschfeld A.G., Dhulipala S. et al. Biomechanical comparison of fixed- versus variable-angle locking screws for distal humerus comminuted fractures. *Clinics in Orthopaedic Surgery*. 2019;11(3):302–308. DOI: 10.4055/cios.2019.11.3.302.

49. Erpelding J. M., Mailander A., High R. R. et al. Outcomes following distal humeral fracture fixation with an extensor mechanism-on approach. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2012;94(6):548–553. DOI: 10.2106/JBJS.J.01785.

50. Luenam S., Kosiyatrakul A., Phakdeewisetkul K., Puncreobutr C. The patient-specific implant created with 3D printing technology in treatment of a severe open distal humerus fracture with complete loss of the lateral column. *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*. 2020;28(3):2309499020960251. DOI: 10.1177/2309499020960251.

51. Russo R., Guastafierro A., Della Rotonda G. et al. Osteochondral allograft transplantation for complex distal humeral fractures assisted by 3D computer planning and printing technology: technical note. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2022;32(7):1443–1450. DOI: 10.1007/s00590-021-03118-6.

52. Cui C., Lin F., Xia L., Zhang X. Mesenchymal stem cells therapy for the treatment of non-union fractures: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2025;26(1):245. DOI: 10.1186/s12891-025-08365-w.

53. Rodham P., Khaliq F., Giannoudis V., Giannoudis P.V. Cellular therapies for bone repair: current insights. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. 2024;25(1):28. DOI: 10.1186/s10195-024-00768-0.

54. Shao Y.C., Harwood P., Grotz M.R.W. et al. Radial nerve palsy associated with fractures of the shaft of the humerus: a systematic review. *Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*. 2005;87(12):1647–1652. DOI: 10.1302/0301-620X.87B12.16132.

55. Milch H. Fractures and fracture dislocations of the humeral condyles. *Journal of Trauma*. 1964;4:592–607. DOI: 10.1097/00005373-196409000-00004.

56. Steinitz A., Sailer J., Rikli D. Distal humerus fractures: a review of current therapy concepts. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2016;9(2):199–206. DOI: 10.1007/s12178-016-9341-z.

57. Jupiter J.B., Mehne D.K. Fractures of the distal humerus. *Orthopedics*. 1992;15(7):825–833. DOI: 10.3928/0147-7447-19920701-07.

58. Jupiter J.B. Complex fractures of the distal part of the humerus and associated complications. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 1994;76(8):1252–1264.

59. McKee M.D., Pugh D.M.W., Richards R.R., Pedersen E., Jones C., Schemitsch E.H. Effect of humeral condylar resection on strength and functional outcome after semiconstrained total elbow arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2003;85(5):802–807. DOI: 10.2106/00004623-200305000-00005.

60. Müller M.E., Allgöwer M., Schneider R., Willenegger H. Manual of internal fixation: techniques recommended by the AO-ASIF Group. 3rd ed. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag; 1991. 765 p. DOI: 10.1007/978-3-662-02695-3.

Авторы

Ямщиков Олег Николаевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсом травматологии «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт медицины и здравоохранения, ул. Советская, д. 93, г. Тамбов, 393190, Россия; главный врач «Городская клиническая больница г. Котовска», ул. Пионерская, д. 24, г. Котовск, 393190, Россия, e-mail: travma68@mail.ru

Емельянов Сергей Александрович, к.м.н., доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт медицины и здравоохранения, ул. Советская, д. 93, г. Тамбов, 393190, Россия; заместитель главного врача «Городская клиническая больница г. Котовска», ул. Пионерская, д. 24, г. Котовск, 393190, Россия, e-mail: cep_a@mail.ru

Горлов Андрей Андреевич, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии, «Тамбовский государственный

университет имени Г.Р. Державина», Институт медицины и здравоохранения, ул. Советская, д. 93, г. Тамбов, 393190, Россия; врач-травматолог, «Магаданская областная больница», 685000, Магадан, Россия, e-mail: dr.gorlov.a.a@gmail.com

Чумаков Роман Вячеславович, ассистент кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии, ординатор специальности «рентгенология», «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт медицины и здравоохранения, ул. Советская, д. 93, г. Тамбов, 393190, Россия, e-mail: Roman68881@yandex.ru

Ямщикова София Олеговна, студент, «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения РФ, ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, Россия, e-mail: verayamchikova@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: ассистент кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии, ординатор специальности «рентгенология» «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт медицины и здравоохранения, ул. Советская, д. 93, г. Тамбов, 393190, Россия, e-mail: Roman68881@yandex.ru

Authors

Yamshchikov Oleg Nikolaevich, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of Hospital Surgery with a Course in Traumatology, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Institute of Medicine and Healthcare, Sovetskaya St., 93, Tambov, 393190, Russia; Chief Physician, Kotovsk City Clinical Hospital, Pionerskaya St., 24, Kotovsk, 393190, Russia, e-mail: travma68@mail.ru

Emelyanov Sergey Aleksandrovich, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Hospital Surgery with a Course in Traumatology, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Institute of Medicine and Healthcare, Sovetskaya St., 93, Tambov, 393190, Russia; Deputy Chief Physician, Kotovsk City Clinical Hospital, Pionerskaya, 24, Kotovsk, 393190, Russia, e-mail: cep_a@mail.ru

Gorlov Andrey Andreevich, postgraduate at the Department of Hospital Surgery with a course in traumatology, "Tambov State University named after G.R. Derzhavin", Institute of Medicine and Healthcare, ul. Sovetskaya, 93, Tambov, 393190, Russia; traumatologist, "Magadan Regional Hospital", 685000, Magadan, Russia, e-mail: dr.gorlov.a.a@gmail.com

Chumakov Roman Vyacheslavovich, assistant of the Department of Hospital Surgery with a course in traumatology, resident of the specialty "radiology", "Tambov State University named after G.R. Derzhavin", Institute of Medicine and Healthcare, ul. Sovetskaya, 93, Tambov, 393190, Russia, e-mail: Roman68881@yandex.ru

Yamshchikova Sofia Olegovna, student, "N.I. Pirogov Russian National Research Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ostrovityanova St., 1, Moscow, 117997, Russia, e-mail: verayamchikova@gmail.com

Corresponding author: Chumakov Roman Vyacheslavovich, assistant of the Department of Hospital Surgery with a course in traumatology, resident of the specialty "radiology", "Tambov State University named after G.R. Derzhavin", Institute of Medicine and Healthcare, ul. Sovetskaya, 93, Tambov, 393190, Russia, e-mail: Roman68881@yandex.ru