

КАФЕДРА ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

ТЕМЫ НОМЕРА

- ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО И КОЛЕННОГО СУСТАВОВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИМОРБИДНОСТЬЮ
- ХИРУРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРЕХФЛАНЦЕВЫХ ИМПЛАНТАТОВ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ ТАЗОВОЙ КОСТИ В РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА
- ЛАЗЕРНАЯ ОСТЕОПЕРФОРАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ СПОНДИЛОАРТРОЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ПРОСПЕКТИВНОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.



№ 4

ПРОФОРТОПЕДИЯ

ТРАДИЦИИ • РАЗВИТИЕ • ИННОВАЦИИ

UNIC®

Evolutis
CREATEUR FABRICANT

ПРОФОРТОПЕДИЯ

+7.495.230.05.84

info@profort.ru

Журнал кафедры травматологии и ортопедии (Zhurnal kafedra travmatologii i ortopedii)

№4 · 2022

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, 2022

Подписной индекс 88210 в объединенном каталоге «Пресса России»

Цена договорная

Подписано в печать: 28.12.2022

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 поврежденных 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., доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, 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

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

Процко 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

№4 · 2022

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 obliga-
tory. 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,
2022

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

The price contractual

Sent for press: 28.12.2022

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:

Idar 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., Associate Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery. N.I. Pirogov Ministry of Health of Russia, 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

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 Othopaedic Department, FINLAND

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Б.Г. АЛИЕВ, А.А. СПИЧКО, А.А. КОРНЕЕНКОВ, Д.Ш. МАНСУРОВ, В.М. ХАЙДАРОВ, И.Л. УРАЗОВСКАЯ, И.АББАС, А.Н. ТКАЧЕНКО ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО И КОЛЕННОГО СУСТАВОВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИМОРБИДНОСТЬЮ.....	7
В.Н. ГОЛЬНИК, Д.А. ДЖУХАЕВ, И.Б. КРАСОВСКИЙ, В.В. ПАВЛОВ, В.А. ПЕЛЕГАНЧУК ХИРУРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРЕХФЛАНЦЕВЫХ ИМПЛАНТАТОВ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ ТАЗОВОЙ КОСТИ В РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА.....	15
А.В. ЛЫЧАГИН, В.Г. ЧЕРЕПАНОВ, Е.Б. КАЛИНСКИЙ, С.Г. РАДЕНСКА-ЛОПОВОК, М.М. ЛИПИНА, П.И. ПЕТРОВ, Е.Ю. ЦЕЛИЩЕВА, Л.А. ЯКИМОВ, Ю.Р. ГОНЧАРУК, Д.А. ПОГОСЯН, И.А. ВЯЗАНКИН ЛАЗЕРНАЯ ОСТЕОПЕРФОРАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ СПОНДИЛОАРТРОЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ПРОСПЕКТИВНОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	27
А.В. ЛЫЧАГИН, А.А. ГРИЦЮК, А.З. АРСОМАКОВ ЛЕЧЕНИЕ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАНЕНИЙ ГОЛЕНИ: РЕЗУЛЬТАТЫ ОДНОЭТАПНОГО ЗАКРЫТИЯ РАНЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА.....	37
Д.Ю. ПУПЫНИН, А.В. ЛЫЧАГИН, А.А. ГРИЦЮК РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВНУТРИСВЯЗОЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРИ РАЗРЫВЕ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ.....	45
П.В. ФЕДОТОВ, Д.В. КОВАЛЕВ, А.С. МИХАЙЛОВ ГЕМИЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ПЛЮСНЕФАЛАНГОВЫХ СУСТАВОВ ПРИ ОСТЕОХОНДРОПАТИИ ГОЛОВКИ ПЛЮСНЕВОЙ КОСТИ (БОЛЕЗнь ФРАЙБЕРГА-КЕЛЛЕРА II).....	52
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	
Т.Р. КУДРАЧЕВ, К.М. АЗАРКИН, Ю.Р. ГОНЧАРУК, А.В. ЛЫЧАГИН, П.С. ТИМАШЕВ, М.М. ЛИПИНА, П.И. ПЕТРОВ, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ РАЗРЫВОВ МЕНИСКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА.....	57
В.Ю. МУРЫЛЕВ, Б.Т. УСУБАЛИЕВ, А.В. МУЗЫЧЕНКОВ, Г.А. КУКОВЕНКО, П.М. ЕЛИЗАРОВ, Д.А. КОРЕШКОВА ОСТЕОПОРОЗ И АСЕПТИЧЕСКОЕ РАСШТАТЫВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗА ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ СУСТАВОВ.....	67

CONTENTS

ORIGINAL RESEARCH

B.G. ALIEV, A.A. SPICHKO, A.A. KORNEENKOV, D.S. MANSUROV, V.M. KHAYDAROV, I.L. URAZOVSKAYA, I. ABBAS, A.N. TKACHENKO EXPERIENCE IN USING THREE-DIMENSIONAL PREOPERATIVE PLANNING AND RESECTIONS GUIDES TEMPLATES FOR SCARF OSTEOTOMY IN MILD AND MODERATE DEFORMITIES OF HALLUX VALGUS	7
V.N. GOLNIK, D.A. DZHUKHAEV, I.B. KRASOVSKY, V.V. PAVLOV, V.A. PELEGANCHUK SURGICAL ASPECTS OF POSITIONING INDIVIDUAL THREE-FLANGED IMPLANTS IN REPLACEMENT OF BONE DEFECTS IN REVISION HIP ARTHROPLASTY .	15
A.V. LYCHAGIN, V.G. CHEREPANOV, E.B. KALINSKY, S.G. RADENSKA-LOVOPOK, M.M. LIPINA, P.I. PETROV, E.YU. TSELISHEVA, YU.R. GONCHARUK, I.A. VYAZANKIN THE APPLICATION OF LASER OSTEOPERFORATION IN THE TREATMENT OF SPONDYLOARTHRITIS OF THE LUMBAR SPINE: A PRECLINICAL AND A PROSPECTIVE CLINICAL STUDY.....	27
A.V. LYCHAGIN, A.A. GRITSYUK, A.Z. ARSOMAKOV TREATMENT OF GUNSHOT FRACTURES OF THE TIBIA: RESULTS OF ONE-STAGE WOUND CLOSURE AND SEQUENTIAL OSTEOSYNTHESIS	37
D.YU. PUPYNIN, A.V. LYCHAGIN, A.A. GRITSYUK THE RESULTS OF THE APPLICATION OF DYNAMIC INTRALIGAMENTOUS STABILIZATION IN CASE OF RUPTURE OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT	45
P.V. FEDOTOV, D.V. KOVALEV, A.S. MIKHAILOV HEMIENDOPROSTHETICS OF THE METATARSOPHALANGEAL JOINTS IN OSTEOCHONDROPATHY OF THE METATARSAL HEAD (FREIBERG-KELLER II DISEASE)M.....	52
LITERATURE REVIEW	
T.R. KUDRACHEV, K.M. AZARKIN, YU.R. GONCHARUK, A.V. LYCHAGIN, P.S. TIMASHEV, M.M. LIPINA, P.I. PETROV, G.M. KAVALERSKY MODERN POSSIBILITIES OF DIAGNOSIS AND TREATMENT OF KNEEMENISCUSTEARS	57
V.YU. MURYLEV, B.T. USUBALIEV, A.V. MUZYCHENKOV, G.A. KUKOVENKO, P.M. ELIZAROV, V.G. GERMANOV, D.A. KORESHKOVA OSTEOPOROSIS AND ASEPTIC LOOSENING OF ENDOPROSTHESIS COMPONENTS AFTER JOINT REPLACEMENT.....	67

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-7-14>

УДК 616.728.2-089-07

© Б.Г. Алиев, А.А. Спичко, А.А. Корнеев, Д.Ш. Мансуров, В.М. Хайдаров, И.Л. Уразовская, И. Аббас, А.Н. Ткаченко, 2022
Оригинальная статья / Original article

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО И КОЛЕННОГО СУСТАВОВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИМОРБИДНОСТЬЮ

Б.Г. АЛИЕВ¹, А.А. СПИЧКО², А.А. КОРНЕЕВ³, Д.Ш. МАНСУРОВ⁴, В.М. ХАЙДАРОВ¹, И.Л. УРАЗОВСКАЯ¹, И. АББАС¹, А.Н. ТКАЧЕНКО¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный университет имени И.И. Мечникова», Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, 191015, Россия.

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Республиканская больница им. В.А. Баранова, Петрозаводск, 185910, Россия.

³ Федеральное государственное бюджетное военное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, 194044, Россия.

⁴ Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, 140100, Узбекистан.

Аннотация

Введение. В статье проанализирована динамика качества жизни пациентов с остеоартритом, перенесших эндопротезирование тазобедренных (ЭТБС) и коленных (ЭКС) суставов в отдаленные сроки после операции.

Цель работы: изучить отдаленные результаты тотальной артропластики тазобедренного и коленного суставов у пациентов с остеоартритом. Определить качество жизни пациента в зависимости от наличия выраженной сопутствующей патологии.

Материалы и методы. В первую группу включены 806 пациентов в возрасте от 19 до 88 лет, перенесшие первичное тотальное ЭТБС в клинике травматологии и ортопедии СЗГМУ им. И.И.Мечникова с 2014 по 2018 гг. в связи с остеоартритом. Вторую группу составили 376 пациентов в возрасте от 43 до 85 лет, перенесших первичное тотальное ЭКС в связи с остеоартритом в отделении травматологии ГБУЗ РК Республиканской больницы им. В.А.Баранова (Петрозаводск) в 2016 – 2019 гг. Статистическая обработка данных и создание графики проводилось с помощью программного языка R, свободно доступного по адресу <https://cran.r-project.org>. Оценка вероятности сохранения удовлетворительной оценки качества жизни (КЖ) к определенному моменту наблюдения t (году наблюдения) проводилась с помощью метода Каплана–Майера.

Результаты. На конец 5 года наблюдения оценка вероятности сохранения отличного и хорошего качества жизни после ЭТБС с 95% доверительным интервалом составила у пациентов без коморбидности 0,89 (0,81;0,94), у больных с выраженной сопутствующей патологией 0,86 (0,81;0,89). При анализе пятилетних результатов ЭКС качество жизни среди пациентов с ASAI – III существенно не отличались. Вероятность отличного и хорошего КЖ на 5-м году наблюдения при ASAI составила 0,76 (0,65;0,87); при ASAI – составила 0,82 (0,75;0,87); при ASAI – 0,72 (0,63;0,80). Гораздо хуже показатели были у пациентов с ASAIV. Отличное и хорошее качество жизни на 5-м году наблюдения верифицировано у этих больных с вероятностью 0,25 (0,12; 0,65). Статистически значимые различия кривых выживаемости между группами присутствовали только у пациентов с ASAIV, на что указывает логранговый тест ($\chi^2 = 0.93551$, уровень значимости p -value = 0.0283).

Выводы. 1. Через 5 лет после ЭТБС отличное и хорошее качество жизни можно ожидать у 85% пациентов. Удовлетворительное и неудовлетворительное – у 15% больных. 2. Качество жизни через 5 лет после ЭТБС несколько хуже у пациентов старших возрастных групп женского пола с выраженной сопутствующей патологией, однако эти различия нельзя считать статистически значимыми ($p > 0,05$). Речь идет о тенденции, что требует дальнейшего изучения проблемы.

Ключевые слова: остеоартрит, полиморбидность, эндопротезирование тазобедренного сустава, эндопротезирование коленного сустава, отдаленные результаты, качество жизни, анализ выживаемости.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Алиев Б.Г., Спичко А.А., Корнеев А.А., Мансуров Д.Ш., Хайдаров В.М., Уразовская И.Л., Исмаел А., Ткаченко А.Н., ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО И КОЛЕННОГО СУСТАВОВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИМОРБИДНОСТЬЮ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. № 4(50). С. 7–14 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-7-14>

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

Исследование одобрено этическим комитетом

LONG-TERM RESULTS OF HIP AND KNEE ARTHROPLASTY IN PATIENTS WITH POLYMORBIDITY

BAKHTIYAR G. ALIEV¹, ALEKSANDR A. SPICHKO², ALEXEI A. KORNEENKOV³, DJALOLIDIN S. MANSUROV⁴, VALERY M. KHAYDAROV¹, IRINA L. URAZOVSKAYA¹, ISMAEL ABBAS¹, ALEXANDR N. TKACHENKO¹

¹North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, 191015, Russia.

²State Budgetary Healthcare Institution V.A. Baranov Republican Hospital, Petrozavodsk, 185910, Russia

³Military Medical Academy named after S.M. Kirov Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint-Petersburg, 194044, Russia

⁴Samarkand State Medical University, Samarkand, 140100, Uzbekistan

Abstract

Introduction. We analyzed the quality of life (QoL) in patients with osteoarthritis after total knee arthroplasty (TKA) and total hip arthroplasty (THA). We compared the groups of patients with polymorbidity and without severe concomitant disease.

Objective: The aim of the study was to determine in patients with osteoarthritis the long-term results of TKA and THA and the patients QoL depending on concomitant pathology.

Materials and methods. In Group I was 806 patients (19-88 years) with hip osteoarthritis after primary THA in the Department of Traumatology and Orthopedic Surgery of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov in 2014-2018. In Group II was 376 patients (43-85 years) with knee osteoarthritis after primary TKA in the Department of Traumatology of the State Budgetary Institution of Healthcare of the Republic of Kazakhstan of the Republican Hospital named after V.A. Baranova (Petrozavodsk) in 2016 – 2019. Statistical analysis and graphics creation were performed using the R programming language (<https://cran.r-project.org>)

Results: The probability of excellent and good QoL after THA was 0.89 (0.81; 0.94) after 5-year follow-up in patients without comorbidity. In patients with concomitant pathology 0.86 (0.81; 0.94) The probability of excellent and good QoL in 5th year of follow-up with ASA I was 0.76 (0.65; 0.87); with ASA II - 0.82 (0.75; 0.87); according to ASA III - 0.72 (0.63; 0.80). The worst results were in patients with ASA IV 0.25 (0.12; 0.65). Statistically significant differences in survival curves between groups were only in patients with ASA IV, as indicated by the log-rank test ($\chi^2 = 0.93551$, p -value = 0.0283).

Conclusions. 1. In 5 years after THA, the excellent and good QoL have only 85% of patients, satisfactory and unsatisfactory - 15% of patients.

2. The QoL in 5 years after THA is worse in older female with severe comorbidity, however, these differences are not statistically significant ($p > 0.05$), but we have a tendency and it requires new research in the future.

Keywords: osteoarthritis, total knee arthroplasty, total hip arthroplasty, long-term results, quality of life, polymorbidity, survival analysis.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Aliyev B.G., Spichko A.A., Korneenkov A.A., Mansurov D.S., Khaidarov V.M., Urazovskaya I.L., Ismael A., Tkachenko A.N., LONG-TERM RESULTS OF HIP AND KNEE ARTHROPLASTY IN PATIENTS WITH POLYMORBIDITY. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. № 4. pp. 7–14 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-7-14>

Введение. Остеоартрит тазобедренного (ТБС) и коленного (КС) суставов – актуальная проблема современной травматологии и ортопедии [1, 2, 3]. Это обусловлено высокой распространенностью заболевания, существенным снижением качества жизни пациентов, тенденцией к «омоложению» и высоким риском инвалидизации [4, 5]. Частота остеоартрита тазобедренного и коленного суставов в ближайшей перспективе будет возрастать в связи с увеличением продолжительности жизни и демографическим старением населения [6]. На сегодняшний день приоритетным методом лечения далеко зашедших стадий остеоартрита ТБС и КС является эндопротезирование. Это хирургическое вмешательство позволяет за сравнительно короткий временной период восстановить функционирование пораженной конечности, устранить

болевым синдромом, повысить качество жизни, способствуя социальной, бытовой и профессиональной реинтеграции пациента [7]. Однако, несмотря на преимущественно хорошие и удовлетворительные функциональные результаты артропластики, срок жизни импланта не безграничен; остается и риск развития осложнений, в том числе, в отдаленные после операции сроки [8].

Одним из параметров, влияющих на течение и исход послеоперационного периода при эндопротезировании КС и ТБС является полиморбидность. Как в России, так и во всем мире, вопросы замены тазобедренного и коленного суставов имплантом у пациентов с выраженной сопутствующей патологией живо обсуждаются как на научных форумах, так и в специализированной медицинской литературе.

В целом единой точки зрения у специалистов на зависимость отдаленных результатов артропластики ТБС и КС от коморбидной патологии пациента нет. Это обстоятельство является побудительным мотивом для проведения специального исследования.

Для анализа динамики течения отдаленного послеоперационного периода при артропластике ТБС и КС выбран статистический метод анализа выживаемости [9]. В практике ортопеда-травматолога не являются редкостью ситуации, когда спустя некоторое время прекращается связь с пациентом, или недостаточно времени наблюдения, чтобы зарегистрировать интересующий исход. Это, так называемые, цензурированные случаи, время наблюдения которых также должно быть учтено для расчета вероятности наступления интересующего события в течении периода клинического исследования. Метод анализа выживаемости позволяет обработать сведения, касающиеся цензурированных случаев. В настоящее время метод анализа выживаемости применительно к описанию динамики течения послеоперационного периода в травматологии и ортопедии распространен недостаточно широко; такие публикации встречаются нечасто [10].

Цель исследования. Изучить отдаленные результаты тотальной артропластики тазобедренного и коленного суставов у пациентов с остеоартритом. Сравнить отдаленные результаты эндопротезирования ТБС и КС у пациентов разных групп, построить модель вероятности течения послеоперационного периода в статистической программной среде R. На примере анализа динамики качества жизни в послеоперационном периоде в среднесрочной перспективе, определить прогноз в зависимости от наличия и степени выраженности сопутствующей патологии.

Материалы и методы исследования. В клинике травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И.Мечникова (далее – клиника) с 2014 по 2018 гг. (включительно) первичное тотальное ЭТБС в связи с остеоартритом перенесли 806 пациентов в возрасте от 19 до 88 лет. Летальность в раннем послеоперационном периоде составила 0,4% (3 случая среди 806). Все 803 больных, перенесшие ЭТБС и выписанные из клиники включены в исследование. Изучение отдаленных результатов артропластики коленного сустава проводилось у 376 пациентов в возрасте от 43 до 85 лет, перенесших первичное тотальное ЭКС в связи с остеоартритом в отделении травматологии ГБУЗ РК Республиканской больницы им. В.А.Баранова (Петрозаводск). Летальных исходов в раннем послеоперационном периоде не было. Выписаны из стационара все 376 больных.

Для распределения клинических наблюдений по степени тяжести сопутствующей патологии пользовались классификацией Американского общества анестезиологов (American Society of Anesthesiologists – ASA) [11]. Констатация класса физического статуса по ASA расценивалась

как интегральный показатель тяжести сопутствующей патологии.

Физический статус пациентов по классификации ASA представляет собой оценку состояния пациента перед хирургическим вмешательством. Существует 5 классов физического статуса (от здорового пациента до больного в крайне тяжелом состоянии): ASA I — здоровый пациент; ASA II — пациент с легким системным заболеванием; ASA III — пациент с тяжелым системным заболеванием; ASA IV — пациент с тяжелым системным заболеванием, которое представляет собой постоянную угрозу для жизни и ASA V — умирающий пациент. Операция по жизненным показаниям. Дополнительный, шестой класс — ASA VI, используется при констатации смерти мозга больного и применяется в трансплантологии (табл. 1).

В исследовании классы I и II по ASA считались как низкая степень коморбидности, классы III и IV по ASA расценивались как выраженная сопутствующая патология. Классов V и VI по ASA в работе зарегистрировано не было.

Статистическая обработка данных и создание графики проводились с помощью программного языка R, свободно доступного по адресу <https://cran.r-project.org> [12]. При изучении данных о пациентах, перенесших артропластику ТБС и КС, пользовались историей болезни. Эти сведения переносились в базу данных, для формирования которой был создан промежуточный документ - формализованная карта, включающей 47 пунктов, как ретроспективного, так и проспективного этапов исследования. Среди этих параметров имеются 3 вида переменных: 1) зависимая переменная «time» – время до достижения конца наблюдения или появления неудовлетворительной оценки качества жизни (КЖ); 2) переменная статуса цензурирования «status», отражающая статус на момент конца 5-ти летнего наблюдения (0 – неудовлетворительная оценка КЖ не отмечалась или пациент выбыл из исследования, 1 – неудовлетворительная оценка КЖ была зарегистрирована в период наблюдения); 3) объясняющая переменная (в шкалах R: факторная переменная), чье воздействие подлежит оценке: riskASA – сокращенная шкала ASA (2 уровня: «ниже среднего» и «выше среднего») или полная шкала ASA (4 уровня: ASA I «низкий», ASA II «ниже среднего», ASA III «выше среднего» и ASA IV – «высокий»). При оценке вероятности исчезновения симптома к определенному дню наблюдения использовался непараметрический метод анализа – метод Каплана–Мейера (Kaplan–Meier), для сравнения воздействия факторов на сохранение удовлетворительной оценки качества жизни (КЖ) применялся логранговый тест [13].

Исследования были одобрены этическим комитетом СЗГМУ им. И.И.Мечникова и проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации. У всех пациентов получено информационное согласие на проведение исследования.

Обновленная классификация физического статуса пациента Американского общества анестезиологов (ASA), 2020
 Updated ASA Physical Status Classification System, 2020

Класс	Определение	Взрослые пациенты
ASA I	Нормальный, здоровый пациент	Здоровый, некурящий, не употребляющий или минимально употребляющий алкоголь пациент
ASA II	Пациент с незначительным системным заболеванием	Незначительные заболевания без существенных функциональных отклонений. Пациент курит, алкоголь употребляет умеренно. Ожирение ($30 < \text{ИМТ} < 40 \text{ кг/м}^2$). Хорошо контролируемые сахарный диабет / артериальная гипертензия. Незначительное легочное заболевание
ASA III	Пациент с тяжелым системным заболеванием	Значительные функциональные ограничения; одно или несколько заболеваний от средней до тяжелой степени. Нелеченые сахарный диабет или артериальная гипертензия, хроническая обструктивная болезнь легких, морбидное ожирение ($\text{ИМТ} \geq 40 \text{ кг/м}^2$), активный гепатит, алкогольная зависимость или злоупотребление алкоголем, имплантированный кардиостимулятор, умеренное снижение фракции выброса, терминальная почечная недостаточность с регулярно проводимым плановым диализом, наличие в анамнезе (>3 мес) инфаркта миокарда, инсульта, транзиторной ишемической атаки или коронарного стентирования
ASA IV	Пациент с тяжелым системным заболеванием, представляющим реальную угрозу для жизни	Недавние (<3 мес) инфаркт миокарда, инсульт, транзиторная ишемическая атака или коронарное стентирование, сохраняющаяся кардиальная ишемия или тяжелая дисфункция клапанов сердца, значительное снижение фракции выброса, шок, сепсис, синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания, респираторный дистресс-синдром или терминальная почечная недостаточность с нерегулярным диализом
ASA V	Пациент, который, не выживет без операции	Разрыв брюшной/грудной аневризмы, политравма, интракраниальное кровоизлияние со смещением структур головного мозга, ишемия кишечника при сопутствующей выраженной кардиальной патологии или мультиорганной/системной дисфункции
ASA VI	Пациент с констатированной смертью мозга, чьи органы забираются для донорских целей	

Результаты.

Для решения задач, поставленных в исследовании, потребовалось изучение сведений о нескольких группах пациентов (табл. 2). Средний возраст больных составил в группе перенесших ЭТБС $59,0 \pm 6,2$ лет, в группе после ЭКС – $65,4 \pm 5,5$ лет.

Таблица 2

Распределение пациентов, перенесших первичное тотальное ЭТБС и ЭКС в связи с остеоартритом с учетом их возраста

Возрастные группы, лет	Число пациентов (%), перенесших			
	ЭТБС		ЭКС	
	абс.	%	абс.	%
18– 44	134	16,7	1	0,3
45 – 64	353	43,9	154	41,0
65 и более	316	39,4	221	58,7
Всего	803	100	376	100

Как следует из данных, приведенных в табл. 2, среди наблюдений, перенесших артропластику тазобедренного сустава преобладали пациенты среднего возраста – 353 человека (43,9%). Среди больных после ЭКС большинство составили представители старших возрастных групп – 221 (58,7%).

Интегральным показателем, характеризующим тяжесть сопутствующей патологии считали степень физического статуса пациентов, перенесших ЭТБС и ЭКС в соответствии с обновленной классификацией Американского общества анестезиологов (ASA, 2020). К группе наблюдений с выраженной коморбидностью относили случаи ASA III и ASA IV (табл. 3).

Среди больных, перенесших артропластику тазобедренного сустава, пациенты с коморбидностью составили большинство – 617 (76,6%). В другой группе (после ЭКС) случаев с выраженной сопутствующей патологией было меньше – 142 (37,8%).

При оценке качества жизни пациентов в течение 5 лет после перенесенной операции по замене тазобедренного или коленного сустава имплантом учитывали отличный или хороший результат. Определить оценку вероятности наступления такого исхода можно по кривым вероятности на любой год в

течение периода наблюдения. Результаты эндопротезирования тазобедренного сустава проанализированы в двух группах: первая – у пациентов с ASA I - II ст. (тяжесть сопутствующей патологии менее выражена) и вторая – среди клинических наблюдений с ASA III - IV ст. (наличие выраженной сопутствующей патологии) (Рис. 1).

Таблица 3

Физический статус пациентов, перенесших ЭТБС и ЭКС в соответствии с классификацией Американского общества анестезиологов (ASA), 2020

Физический статус, (ASA), 2020	Число пациентов (%), перенесших			
	ЭТБС		ЭКС	
	абс.	%	абс.	%
I	2	0,25	43	11,4
II	184	22,9	191	50,8
III	615	76,6	135	35,9
IV	2	0,25	7	1,9
Всего	803	100	376	100

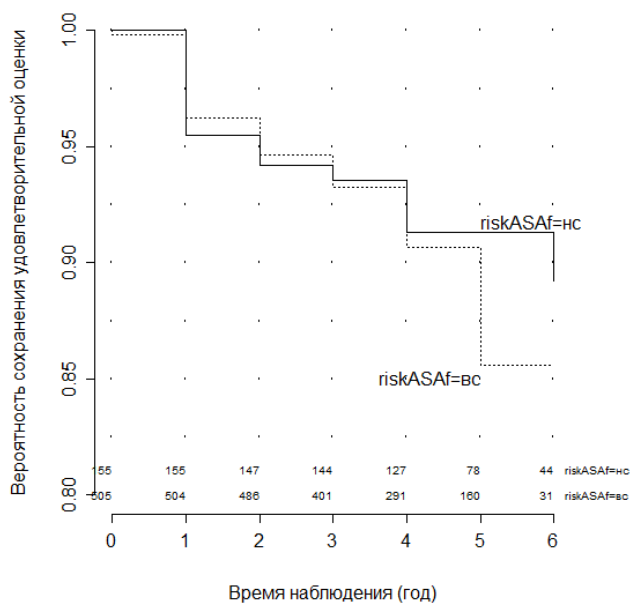


Рисунок 1. Кривая изменения оценки риска сохранения отличных и хороших результатов качества жизни в зависимости от риска анестезиологического пособия с 95%-ным доверительным интервалом (risk ASA f=nc – низкий уровень коморбидности; ASA I - II ст.; risk ASA f=bc – высокий уровень коморбидности ASA III - IV ст.).

Как следует из данных, представленных на рисунке 1, отдаленные результаты ЭТБС среди клинических наблюдений с ASA

I - II ст. (тяжесть сопутствующей патологии менее выражена) несколько лучше. Вероятность отличного и хорошего качества жизни к исходу 5-го года наблюдения 0,89 (0,81;0,94). У пациентов с ASA III - IV ст. этот показатель несколько ниже – 0,86 (0,81;0,89). Однако статистически значимые различия кривых выживаемости между группами пациентов с разными ASA отсутствуют, на что указывает логранговый тест ($Z = 0.94633$ и уровень значимости $p\text{-value} = 0.3435$). Эти результаты с точки зрения статистики нельзя признать значимыми. В данном случае речь идет о тенденции, что, несомненно, требует дальнейшего изучения результатов артропластики тазобедренного сустава в более долгосрочной перспективе – через 10 и 15 лет.

Таким образом, при анализе пятилетних результатов ЭТБС в целом отличное и хорошее качество жизни можно ожидать у 87% пациентов. Около 13% больных расценивают качество своей жизни как удовлетворительное или неудовлетворительное. 5-летние результаты артропластики тазобедренного сустава достоверно не отличаются в группах пациентов с выраженной сопутствующей патологией и без таковой ($p > 0,05$).

При анализе когорты больных, перенесших эндопротезирование коленного сустава изучали пятилетние результаты в зависимости от степени коморбидности (физического статуса) у 4 групп пациентов (4 уровня коморбидности: ASA I «низкий» ASA II «ниже среднего», ASA III «выше среднего» и ASA IV – «высокий»). (рис. 2).

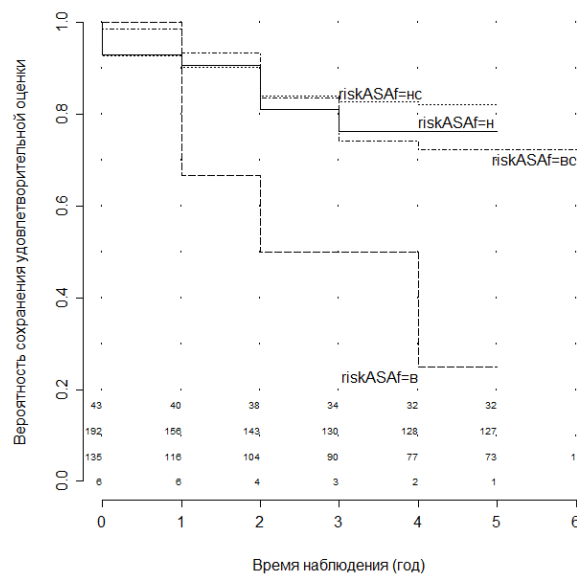


Рисунок 2. Кривая изменения оценки риска сохранения отличных и хороших результатов качества жизни в зависимости от риска анестезиологического пособия с 95%-ным доверительным интервалом (risk ASA f=n – низкий уровень коморбидности; ASA I ст.; risk ASA f=nc – уровень коморбидности ниже среднего; ASA II ст.; risk ASA f=bc – уровень коморбидности выше среднего ASA III ст.; risk ASA f=v – высокий уровень коморбидности ASA IV ст.).

Как следует из данных, представленных на рисунке 2, отдаленные результаты артропластики коленного сустава среди пациентов с ASA I – III существенно не отличались. Вероятность отличного и хорошего качества жизни на 5-м году наблюдения при ASA I составила 0,76 (0,65;0,87); при ASA II – составила 0,82 (0,75;0,87); при ASA III – 0,72 (0,63;0,80) Гораздо хуже показатели были у пациентов с ASA IV. Отличное и хорошее качество жизни на 5-м году наблюдения верифицировано у этих больных с вероятностью 0,25 (0,12; 0,65). Статистически значимые различия кривых выживаемости между группами присутствовали только у пациентов с ASA IV, на что указывает логранговый тест ($\chi^2 = 0.93551$, уровень значимости p-value = 0.0283). С позиции статистики эти результаты можно признать достоверными, однако численность контингента пациентов, перенесших ЭКС в связи с остеоартритом, невелика и составила всего 6 (1,6%) случаев среди 376.

Аналогичная ситуация наблюдается и в группе больных, перенесших ЭТБС. Среди 803 наблюдений было только 5 (0,6%) случаев с ASA IV. При этом статистически значимые различия кривых выживаемости между группами ASA I – III и ASA IV также были статистически значимыми – показатели логрангового теста $\chi^2 = 0.9883$, уровень значимости p-value = 0.0196).

Обсуждение. Большинство специалистов относят полиморбидность к факторам риска неудовлетворительных результатов при ЭТБС и КС [14, 15]. Однако ряд авторов не придерживается этой точки зрения. Так, например, S.N. Hofstede с соавт. (2016) представили результаты систематического обзора 35 исследований с включением 138 039 пациентов после тотальной артропластики ТБС на фоне остеоартрита. Авторы изучили факторы риска неблагоприятных исходов ЭТБС. Было выявлено, что наиболее значимые предикторы – это функциональное состояние суставов до операции и рентгенологическая стадия остеоартрита. Выраженное нарушение функции суставов и тяжелый остеоартрит коррелируют с неблагоприятными функциональными результатами ЭТБС. В отношении сопутствующих заболеваний результаты исследований оказались противоречивыми [16].

В исследовании A.Judge с соавт. (2012) изучены отдаленные результаты артропластики ТБС в связи с первичным остеоартритом у 282 пациентов. Значимыми факторами риска неудовлетворительных результатов были женский пол, пожилой возраст, травмы бедра в анамнезе и выраженность остеоартрита. Достоверного влияния сопутствующих заболеваний на функциональные результаты ЭТБС выявлено не было [17]. В литературе также представлены подобные исследования, касающиеся результатов артропластики коленного сустава [18, 19].

Заключение. Проведенное исследование показывает, что качество жизни пациентов, перенесших ЭТБС или ЭКС достоверно не отличается у пациентов с коморбидностью и без выраженной сопутствующей патологии. Отличные и хорошие результаты (при исходном анестезиологическом риске ASA I – III) констатируются через 5 лет после операции у 8 больных

из 10. Исключение составляют пациенты с ASA IV (тяжелое системное заболевание, представляющее реальную угрозу для жизни). Однако число этих наблюдений составляет около 1%. Отличное и хорошее качество жизни через 5 лет после артропластики верифицируется только у 25% таких пациентов.

Метод анализа выживаемости для исследования отдаленных результатов лечения представляет собой интерес прежде всего в связи с высокой вероятностью утраты связи с пациентом в отдаленные после операции сроки, т.к. позволяет использовать цензурированные наблюдения. Базируясь на представленном примере, и интерпретируя полученные результаты в терминах более понятных практикующим врачам, можно сделать следующие выводы:

Выводы 1. К исходу 5-го года наблюдения пациентов, перенесших эндопротезирование тазобедренного или коленного сустава в связи с остеоартритом отличное и хорошее качество жизни можно ожидать в среднем у 80% пациентов. Удовлетворительное и неудовлетворительное – у 20% больных.

2. Отличное и хорошее качество жизни через 5 лет после артропластики тазобедренного или коленного сустава у пациентов с коморбидностью достоверно не отличается от такового у больных без выраженной коморбидности ($p > 0,05$).

3. Достоверные отличия качества жизни после ЭТБС и КС имеются только при анализе результатов у пациентов с тяжелой сопутствующей патологией ASA IV ($p < 0,05$), однако общая численность контингента таких больных составляет около 1%.

4. Общее количество пациентов с коморбидностью растет во всем мире. Развитие анестезиологии и реаниматологии позволяет оперировать больных с исходно низкими функциональными резервами организма и выраженной сопутствующей патологией. Также отмечается и дальнейшая тенденция роста численности контингента пациентов, перенесших артропластику тазобедренного и коленного сустава. Все эти обстоятельства, а также отсутствие единой точки зрения среди специалистов по этому вопросу являются поводом для того, чтобы продолжить исследование и изучить долгосрочные отдаленные результаты (10 – 15 лет после артропластики) и особенности течения этого периода у пациентов с выраженной сопутствующей патологией.

Список литературы / References:

1. Логвинов, Н.Л. Анализ результатов тотального эндопротезирования коленного сустава по 18 - летним данным австралийского регистра AOANJRR / Н.Л. Логвинов, С.Н. Хорошков, Н.В. Ярыгин // Кафедра травматологии и ортопедии. 2020; 2: 44-59. [Logvinov N.L., Khoroshkov S.N., Yarygin N.V. Analysis of the results of total knee replacement according to 18-year-old data from the Australian register AOANJRR // Department of Traumatology and Orthopedics. 2020; 2 (40): 44-59].

2. Вороков А.А., Ткаченко А.Н., Хромов А.А., Хайдаров В.М. Эндопротезирование тазобедренного сустава: определение показаний к операции (научный обзор) / // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2020; 22 (6): 40-50. doi: 10.26787/ny-

dha-2686-6838-2020-22-6-40-50. [Vorokov A.A., Tkachenko A.N., Khromov A.A., Khaydarov V.M. Hip and knee joint replacement: indications for surgery // *Medico-pharmaceutical journal «Pulse»*. 2020; 22 (6): 40-50].

3. Dabare, C. Differences in presentation, progression and rates of arthroplasty between hip and knee osteoarthritis: Observations from an osteoarthritis cohort study—a clear role for conservative management / C. Dabare, K. Le Marshall, A. Leung, C.J. Page, P.F. Choong, K.K. Lim // *Int J Rheum Dis*. 2017;20(10):1350-1360. doi: 10.1111/1756-185X.13083.

4. Горячая Н.А., Ишекова Н.И., Попов В.В., Бондаренко Е.Г. Изменение качества жизни пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава на первом этапе реабилитации // *Экология человека*. 2017; 1: 41-44. [Goryanaya N.A., Ishekova N.I., Popov V.V., Bondarenko E.G. Changes in the quality of life of patients after hip arthroplasty at the first stage of rehabilitation // *Human Ecology*. 2017; 1: 41-44].

5. Aldinger, P.R. Uncemented grit-blasted straight tapered titanium stems in patients younger than fifty-five years of age: fifteen to twenty-year results / P.R. Aldinger, A.W. Jung, M. Pritsch, S. Breusch, M. Thomsen, V. Ewerbeck, D. Parsch // *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91:1432-1439. doi: 10.2106/JBJS.H.00297.

6. Kurtz, S. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 / S. Kurtz, K. Ong, E. Lau, F. Mowat, M. Halpern // *J. Bone Joint Surg. Am*. 2007;89(4): 780-785.

7. Świtoń, A. Activity and Quality of Life after Total Hip Arthroplasty / A. Świtoń, E. Wodka-Natkaniec, Ł. Niedźwiedzki, T. Gaździk, T. Niedźwiedzki // *Ortop Traumatol Rehabil*. 2017;19(5):441-450. doi: 10.5604/01.3001.0010.5823.

8. Flecher, X. Management of severe bone loss in acetabular revision using a trabecular metal shell / X. Flecher, S. Sporer, W. Paprosky // *J. Arthroplasty*. 2008;23(7):949-955. doi: 10.1016/j.arth.2007.08.019.

9. Корнеевков А. А., Фанта И. В., Вяземская Е. Э. Оценка динамики симптомов болезни методами анализа выживаемости. // *Российская оториноларингология*. 2019; 18(4): 8–14. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-4-8-14>. [Korneenkov A. A., Fanta I. V., Vyazemskaya E. E. Assessment of the dynamics of disease symptoms by methods of survival analysis. // *Russian otorhinolaryngology*. 2019; 18(4): 8–14. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-4-8-14>].

10. Ткаченко А.Н., Корнеевков А.А., Дорофеев Ю.Л., Мансуров Д.Ш., Хромов А.А., Хайдаров В.М., Вороков А.А., Алиев Б.Г. Оценка динамики качества жизни методами анализа выживаемости у пациентов, перенесших артропластику тазобедренного сустава. *Гений ортопедии*. 2021. Т. 27. № 5. С. 527-531. [Tkachenko A.N., Korneenkov A.A., Dorofeev Yu.L., Mansurov D.Sh., Khromov A.A., Khaidarov V.M., Vorokov A.A., Aliyev B.G. Assessment of the dynamics of quality of life by methods of survival analysis in patients undergoing hip arthroplasty. // *Genius of orthopedics*. 2021; 27 (5): 527-531].

11. Левин Я.И., Корячкин В.А. Новая классификация оценки физического статуса пациента Американского общества анестезиологов (80 лет эволюции). *Анестезиология и реаниматология*. 2021;(6):107109. <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology2021061107>. [Levin Ya.I., Koryachkin V.A. A new classification for assessing the physical status of a patient of the American Society of Anesthesiologists (80 years of evolution). // *Anesthesiology and resuscitation*. 2021;(6):107 109. <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology2021061107>].

12. Andersen P, Keiding N. Survival Analysis, Overview. In book: *Encyclopedia of Statistical Sciences*. 2014, pp. 4452-4461 <https://www.doi.org/10.1002/0471667196.ess7225>.

13. Bland J.M., Altman D. G.. The logrank test. *BMJ*. 2004 May 1;328(7447):1073. PubMed PMID: 15117797; PubMed Central PMCID: PMC403858. <https://doi.org/10.1136/bmj.328.7447.1073>.

14. Hawker, G. Perspectives of Canadian stakeholders on criteria for appropriateness for total joint arthroplasty in patients with hip and knee osteoarthritis / G. Hawker, E.R. Bohm, B. Conner-Spady et al. // *Arthritis Rheumatol*. 2015;67(7):1806-1815. doi:10.1002/art.39124

15. Lungu, E. A systematic review of preoperative determinants of patient-reported pain and physical function up to 2 years following primary unilateral total hip arthroplasty / E. Lungu, S. Maftoon, P.A. Vendittoli, F. Desmeules // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102(3):397-403. doi: 10.1016/j.otsr.2015.12.025.

16. Hofstede, S.N. Preoperative predictors for outcomes after total hip replacement in patients with osteoarthritis: a systematic review / S.N. Hofstede, M.G. Gademan, T.P. Vliet Vlieland, R.G. Nelissen, P.J. Marang-van de Mheen // *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2016;17(212): 159-164. doi: 10.1016/j.accpm.2014.09.006.

17. Judge, A. Clinical tool to identify patients who are most likely to achieve long-term improvement in physical function after total hip arthroplasty / A. Judge, M.K. Javaid, N.K. Arden, J. Cushnaghan, I. Reading, P. Croft, P.A. Dieppe, C. Cooper // *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2012;64(6): 881-889. doi: 10.1002/acr.21594

18. Maempel, J.F. Longer hospital stay, more complications, and increased mortality but substantially improved function after knee replacement in older patients / J.F. Maempel, F. Riddoch, N. Calleja, I.J. Brenkel // *Acta Orthop*. 2015;86(4):451-456. doi: 10.3109/17453674.2015.1040304.

19. Kuperman, E.F. The effects of advanced age on primary total knee arthroplasty: a meta-analysis and systematic review / E.F. Kuperman, M. Schweizer, P. Joy, X. Gu, M.M. Fang // *BMC Geriatr*. 2016;16:41. doi: 10.1186/s12877-016-0215-4.

Информация об авторах:

Бахтияр Гаджиевич Алиев – ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0003-0664-6198>; e-mail: dr.aliyev@mail.ru

Александр Анатольевич Спичко – врач ординатор отделения травматологии и ортопедии Республиканской больницы им. В.А.Баранова, Петрозаводск, Республика Карелия, <https://orcid.org/0000-0002-9355-1068>; e-mail dr.nl@mail.ru.

Алексей Александрович Корнеевков – д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова,

Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0001-5870-8042>; e-mail korneyenkov@gmail.com.

Джалолдин Шамсидинович Мансуров – к.м.н., Самаркандский государственный медицинский университет, Амир Темура ул., д. 18 Самарканд, 140100, Узбекистан; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>; Scopus Author ID: 57194974175; eLibrary SPIN: 1330-6583; e-mail: jalolmedic511@gmail.com.

Валерий Михайлович Хайдаров – к.м.н., ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И.Мечникова, Санкт-Петербург, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0754-4348>; eLibrary SPIN: 7083-3254; e-mail: drxaydarov@mail.ru;

Ирина Леонидовна Уразовская – к.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И.Мечникова, Санкт-Петербург, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4165-4599>; Scopus Author ID: 36544644000; eLibrary SPIN: 9263-4316; e-mail: langelova@yandex.ru.

Аббас Исмаел – ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И.Мечникова, Санкт-Петербург, e-mail ismael-abbas@mail.ru.

Александр Николаевич Ткаченко – д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И.Мечникова, Санкт-Петербург, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>; Scopus Author ID: 57194971668; ResearcherID: O-3606-2014; eLibrary SPIN: 2658-0405; e-mail altkachenko@mail.ru. Тел.: +7-911-215-19-72.

Автор, ответственный за переписку: Александр Николаевич Ткаченко, e-mail altkachenko@mail.ru

Information about authors:

Bakhtiyar G. Aliyev – orthopedic surgeon at the Department of Traumatology and Orthopedics of the Clinic named after Peter the Great, North-Western State Medical University named after I.I.Mechnikov; <https://orcid.org/0000-0003-0664-6198>; e-mail: dr.aliyev@mail.ru;

Aleksandr A. Spichko - State Medical Institution of the Republic of Karelia “V.A.Baranov Republican Hospital”, orthopedic traumatologist, Republic of Karelia, Petrozavodsk, <https://orcid.org/0000-0002-9355-1068>; e-mail dr.nl@mail.com.

Alexei A. Korneenkov – MD, Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov; <https://orcid.org/0000-0001-5870-8042> e-mail: korneyenkov@gmail.com.

Djalolidin S. Mansurov – PhD, Samarkand State Medical University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>; Scopus Author ID: 57194974175; eLibrary SPIN: 1330-6583; e-mail: jalolmedic511@gmail.com.

Valery M. Khaydarov, PhD, North-Western State Medical University named after I.I.Mechnikov; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0754-4348>; eLibrary SPIN: 7083-3254; e-mail: drxaydarov@mail.ru.

Irina L. Urazovskaya – PhD, North-Western State Medical University named after I.I.Mechnikov; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4165-4599>; Scopus Author ID: 36544644000; eLibrary SPIN: 9263-4316; e-mail: langelova@yandex.ru.

Abbas Ismael – clinical resident, North-Western State Medical University named after I.I.Mechnikov, e-mail: ismael-abbas@mail.ru

Alexandr N. Tkachenko, MD, Professor, North-Western State Medical University named after I.I.Mechnikov; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>; Scopus Author ID: 57194971668; ResearcherID: O-3606-2014; eLibrary SPIN: 2658-0405; e-mail: altkachenko@mail.ru; Tel: +7-911-215-19-72.

Corresponding author: Alexandr N. Tkachenko, e-mail: altkachenko@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-15-26>

УДК 617-089.844

© В.Н. Гольник, Д.А. Джухаев, И.Б. Красовский, В.В. Павлов, В.А. Пелеганчук, 2022

Оригинальная статья / Original article



ХИРУРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРЕХФЛАНЦЕВЫХ ИМПЛАНТАТОВ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ ТАЗОВОЙ КОСТИ В РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

В.Н. ГОЛЬНИК¹, Д.А. ДЖУХАЕВ¹, И.Б. КРАСОВСКИЙ², В.В. ПАВЛОВ³, В.А. ПЕЛЕГАНЧУК¹

¹ ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования Минздрава России, г. Барнаул, 656045, Россия;

² ООО «ЛОГИКС Медицинские системы», Новосибирск, 630090, Россия;

³ ФГБУ «Новосибирский НИИТО им Я.Л. Цивьяна» Минздрава РФ, Новосибирск, 630091, Россия

Резюме

Современной особенностью ревизионного эндопротезирования является снижение возраста пациентов, увеличение количества пациентов, перенесших повторные ревизионные операции. Массивные дефекты костной ткани, возникающие у данной группы больных, представляют самую сложную для лечения категорию.

Цель исследования: определить влияние различных факторов на точность достигнутого позиционирования трехфланцевых индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава.

Материалы и методы: Проведен ретроспективный анализ данных применения индивидуальных трехфланцевых конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава у 12 пациентов в период с марта 2020 г по февраль 2022. Среди них было 9 женщин и 3 мужчин в возрасте от 43 до 79 лет (средний возраст 64 года). Результаты: Среднее отклонение между запланированной инклинацией и окончательным послеоперационным положением составило $-0,96^\circ$ (МКД $-5,9 - 1,9^\circ$). Среднее отклонение антеверсии составило $2,7^\circ$ (МКД $0,4 - 5,4^\circ$). Среднее значение ротации имплантата составило $1,8^\circ$ (МКД $-1,2 - 3,6^\circ$). С учетом допустимых 10° отклонения в 100% случаев установленные трехфланцевые конструкции имели правильное положение. При оценке центра ротации превышение установленных границ более 5 мм наблюдались лишь в 3 (25%) случаях.

Заключение: Проведенный анализ результатов показал, что при используемом нами подходе в большинстве случаев (75%) были достигнуты запланированные параметры положения трехфланцевых конструкций. К основным факторам, определяющим точность позиционирования, можно отнести исходное качество полученных данных компьютерной томографии и выполненной 3D реконструкции, и наличие артефактов. С учетом индивидуальности и разнообразия дизайнов трехфланцевых конструкций принципиальным является точное воссоздание центра ротации, а комплементарность в абсолютном смысле мало достижима. Наиболее важным является достижение надежной опоры и стабильной фиксации в области фланцев.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава; трехфланцевый индивидуальный имплантат; позиционирование имплантатов

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Гольник В.Н., Джухаев Д.А., Красовский И.Б., Павлов В.В., Пелеганчук В.А., ХИРУРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРЕХФЛАНЦЕВЫХ ИМПЛАНТАТОВ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ ТАЗОВОЙ КОСТИ В РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. № 4(50). С. 15-26 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-15-26>

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

SURGICAL ASPECTS OF POSITIONING INDIVIDUAL THREE-FLANGED IMPLANTS IN REPLACEMENT OF BONE DEFECTS IN REVISION HIP ARTHROPLASTY

VADIM N. GOLNIK¹, DENIS A. DZHUKHAEV¹, IGOR B. KRASOVSKY², VITALIY V. PAVLOV³, VLADIMIR A. PELEGANCHUK¹

¹FGBU Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics of the Ministry of Health of the Russian Federation. Barnaul, 656045, Russia

²LLC "LOGEEKs Medical Systems", Novosibirsk, 630090, Russia

³Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, 630091, Russia

Abstract

A modern feature of revision arthroplasty is a decrease in the age of patients, as well as an increase in the number of patients who underwent repeated revision surgeries. Massive bone defects that occur in this group of patients represent the most difficult category for treatment.

The purpose of the study: to determine the influence of various factors on the positioning accuracy of individual three-flange implants in revision hip arthroplasty.

Materials and methods: A retrospective analysis of the data on the use of individual three-flange constructions in revision hip arthroplasty in 12 patients from March 2020 to February 2022 was carried out. Among them, there were 9 women and 3 men aged 43 to 79 years (mean age 64 years).

Results: The mean deviation between the planned inclination and the final postoperative position was -0.96° (MKD $-5.9 - 1.9^\circ$). The average deviation of anteversion was 2.7° (MKD $0.4 - 5.4^\circ$). The average value of implant reversal was 1.8° (MKD $-1.2 - 3.6^\circ$). Given the allowable 10° deviation, in 100% of cases, the installed three-flange structures had the correct position. When assessing the center of rotation, exceeding the established limits by more than 5 mm was observed only in 3 (25%) cases.

Conclusion: The analysis of the results showed that with the approach we used, in most cases (75%), the planned parameters were achieved when positioning the three-flange structure. The main factors determining the accuracy of positioning include the initial quality of the obtained CT data and the performed 3D reconstruction, and the presence of artifacts. Taking into account the individuality and variety of designs of three-flange structures, it is fundamental to accurately recreate the center of rotation, and complementarity in the absolute sense is hardly achievable. The most important thing is to achieve reliable support and stable fixation in the area of the flanges.

Keywords: revision hip arthroplasty; individual three-flange implant; implant positioning

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Golnik V.N., Dzhukhaev D.A., Krasovsky I.B., Pavlov V.V., Peleganchuk V.A., SURGICAL ASPECTS OF POSITIONING INDIVIDUAL THREE-FLANGED IMPLANTS IN REPLACEMENT OF BONE DEFECTS IN REVISION HIP ARTHROPLASTY. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№ 4. pp. 15–26 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-15-26>

Введение

Несмотря на постоянное совершенствование хирургической техники и дизайна эндопротезов крупных суставов из года в год растет группа пациентов, нуждающихся в ревизионных вмешательствах. Современной особенностью ревизионного эндопротезирования является снижение возраста пациентов, возросшие, в связи с этим требования к восстановлению функции сустава, а также увеличение количества пациентов, перенесших повторные ревизионные операции [1]. Что в целом приводит к накоплению пула пациентов с костным дефицитом в области оперативного вмешательства на суставе, которым требуются все более затратные ревизионные вмешательства [2]. Массивные дефекты костной ткани, возникающие при расшатывании компонентов эндопротеза и остеоллизисе с тяжелым повреждением края вертлужной впадины или опорных структур (дефекты группы 3А и 3В по W. Paprosky) представляют самую сложную для лечения категорию [3, 4, 5, 6]. В настоящее время данная проблема успешно решается применением индивидуально спроектированных конструкций с восстановлением функции сустава [7, 8, 9, 10, 11]. Цифровые технологии уже достаточно прочно вошли в арсенал возможностей современной травматологии и ортопедии во всем мире. Благодаря уникальным возможностям по визуализации, предопераци-

онному планированию, проектированию новых имплантатов аддитивные технологии выводят современную ортопедию, на совершенно иной уровень, вводят новые критерии оценки результатов, подчеркивая важность персонализированного подхода в первичном и ревизионном эндопротезировании [12, 13]. Тем не менее отсутствие единых критериев и уникальность практически каждой операции делают важным оценку точности позиционирования индивидуально изготовленных и имплантированных конструкций.

В Российской Федерации крупные ортопедические центры, стоявшие у истоков внедрения данной технологии в отечественном здравоохранении показывают обнадеживающие ранние и среднесрочные результаты применения индивидуальных конструкций при замещении ацетабулярных дефектов во время ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава [14, 15, 16]. При этом ревизионная артропластика остается исходно очень комплексной проблемой. Поскольку пациенты, нуждающиеся в ревизионной артропластике тазобедренного сустава с замещением костных дефектов, аккумулируют многочисленные факторы риска, которые часто реализуются в осложнения [17, 7]. Массивные дефекты костной ткани и изменённая анатомия с утраченными привычными анатомическими ориентирами несут в себе угрозу неправильного пространственного положения конструкции. Нередко интраоперационная

картина может отличаться от запланированной на цифровой модели. При сопоставлении клинических данных, полученных во время операции, контрольных послеоперационных рентгенограмм и контрольной компьютерной томографии (КТ) зачастую выявляется достаточно обширная поверхность с отсутствием контакта пористого покрытия конструкции и кости в области дефекта в виде рентген-прозрачных линий (рис. 1). Несмотря на то, что индивидуальная конструкция смоделирована с учетом геометрии этих дефектов и клинически полностью соответствует топографии костной поверхности не всегда удается достичь абсолютной комплементарности, определяемой рентгенологически.

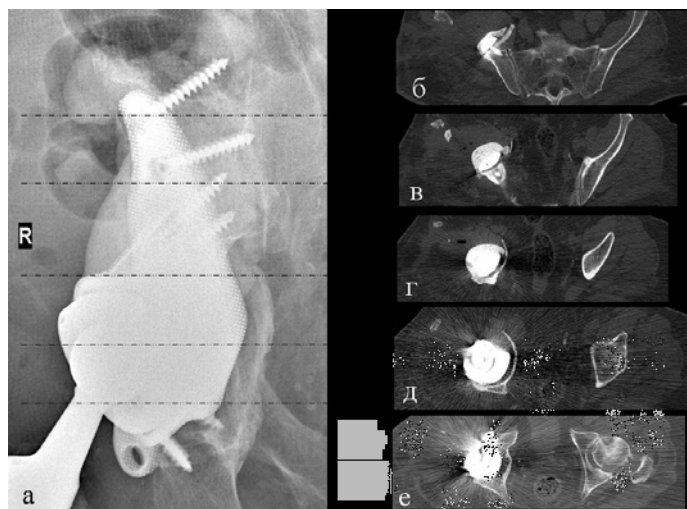


Рисунок 1. Сопоставление данных рентгенографии и компьютерной томографии на различных уровнях после ревизионного эндопротезирования правого тазобедренного сустава с использованием индивидуальной конструкции, линиями показаны соответствующие уровни сканов КТ: а) фрагмент рентгенограммы правого тазобедренного сустава; б) по данным КТ на уровне верхнего винта подвздошного фланца видно плотное прилегание конструкции к поверхности кости; в) на среднем уровне фланца на скане КТ видна рентген-прозрачная линия; г-д) на уровне верхнего полюса и середины полусферической части отмечается отсутствие контакта конструкции с подлежащей костью; е) на уровне нижнего полюса полусферической части по данным КТ имеется плотный контакт конструкции с подлежащей костью в области передней и задней колонны.

Целью данного исследования было: определить влияние различных факторов на точность достигнутого позиционирования трехфланцевых индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава в сравнении с запланированным положением.

Материалы и методы.

Проведен ретроспективный анализ клинических данных применения индивидуально спроектированных трехфлан-

цевых конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава в ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Барнаул). В период с марта 2020 г. по февраль 2022 г. были выполнены ревизионные вмешательства на тазобедренном суставе 12 пациентам с дефектами вертлужной впадины 3А, 3В и 2С по W. Paprosky с применением индивидуально спроектированных трехфланцевых конструкций. Среди них было 9 женщин и 3 мужчин в возрасте от 43 до 79 лет (средний возраст 64 года). Основными причинами ревизионных оперативных вмешательств были асептическое расшатывание компонентов эндопротеза (4 случая) и глубокая перипротезная инфекция, также ассоциированная с расшатыванием компонентов эндопротеза (7 случаев), разрушение и миграция компонентов с формированием массивных костных дефектов вертлужной впадины и развитием pelvic discontinuity в сочетании с перипротезной инфекцией в одном случае. Основные демографические данные пациентов и хирургические показания представлены в таблице 1.

Показанием для применения индивидуальной трехфланцевой конструкции было наличие массивного дефекта костной ткани 3А, 3В, 2С по W. Paprosky в области вертлужной впадины с невозможностью выполнить надежную реконструкцию тазобедренного сустава доступными серийными конструкциями. В предоперационном периоде пациентам выполнялась компьютерная томография (КТ) таза, на основе которой после подписания пациентом информированного согласия и заявления на изготовление индивидуальной конструкции инженерами ООО «ЛОГИКС Медицинские системы» (Новосибирск, Россия) выполнялось проектирование импланта. Проводилась обработка полученных данных, сегментация и 3D реконструкция костного дефекта. С учетом его характеристик проектировалась индивидуальная конструкция, представляющая собой моноблочный имплантат, состоящий из полусферической части и фланцев для опоры на подвздошную, седалищную и лонную кости. Основные этапы проектирования согласовывались с ортопедом в рамках междисциплинарного взаимодействия. Поверхность конструкции, непосредственно контактирующую с костью, делали с пористым покрытием, а обращенную в сторону мягких тканей, делали гладкой (рис. 2). При проектировании конструкции кроме геометрии костного дефекта и сохранившегося массива тазовой кости учитывался используемый хирургический доступ и состояние мягких тканей (выраженность подкожной клетчатки, глубина раны, рубцовая деформация). После окончательного утверждения дизайна конструкции производилась 3D печать индивидуального импланта по технологии селективного лазерного плавления из порошка титанового сплава (TiAl6V4). Также изготавливались вспомогательные пациент-специфичные направлятели, примерочный шаблон конструкции и модель тазовой кости с дефектом из полимерного материала методом 3D печати. В индивидуальной карте пациента при плани-

ровании имплантации на изображении костного дефекта инженером помечалась область кости, требующая дополнительной обработки перед установкой конструкции (костные оссификаты, напластования, выступающие шиповидные части). Изготовленные на производстве имплантаты, примерочные шаблоны и направлятели доставлялись в ФЦТОЭ г. Барнаул и проходили предоперационную обработку и стерилизацию непосредственно в центральном стерилизационном отделении ортопедического центра. Все пациенты были оперированы в положении «на боку» из заднего или переднебокового доступа в зависимости от ранее выполненной операции. 11 операций из 12 были выполнены одним хирургом. Во всех случаях ревизия тазового компонента сочеталась с заменой ножки эндопротеза в связи с ее расшатыванием или перипротезной инфекцией. Костное ложе предварительно готовили, ориентируясь на пластиковую модель таза и рекомендации инженера, указанные в индивидуальной карте пациента. С помощью тестового шаблона индивидуальной конструкции достигали устойчивой позиции с опорой на костные структуры всех трех фланцев согласно предоперационному планированию. Имплантацию индивидуальной конструкции в 7 случаях сочетали с костной пластикой оставшихся полостей. Во всех случаях использовали

материал из госпитального костного банка. Для фиксации конструкций использовали от 5 до 10 (в среднем 7) не блокируемых спонгиозных винтов, применяемых для фиксации впадины эндопротеза. Для позиционирования и проведения винтов использовали пациент специфичные направлятели для сверла, позволяющие установить винт в строго-заданном заранее спланированном наиболее оптимальном положении. На заключительном этапе внутрь индивидуальной конструкции на цементной основе устанавливали артикулирующий компонент. В 11 случаях из 12 была использована цементируемая впадина двойной мобильности Smith&Nephew Polarcup (рис. 3), в 1 случае цементируемая впадина Zimmer Revision под головку 32 мм. Активизацию пациентов в послеоперационном периоде выполняли на следующие сутки после операции, разрешали дозированную нагрузку на оперированную конечность в течение 6 недель с последующим переходом к полной нагрузке. Проводилась стандартная тромбпрофилактика современными пероральными антикоагулянтами (ПОАК) и антибиотикопрофилактика. В случаях заключительного этапа лечения перипротезной инфекции пациенты продолжали курс этиотропной антибактериальной терапии на госпитальном и амбулаторном этапе до 6 недель после операции.

Таблица 1

Демографические данные пациентов, перенесших ревизионное эндопротезирование с применением индивидуально изготовленных трехфланцевых конструкций

Номер	Пол	Возраст	ИМТ	Исходный диагноз	Причина ревизии	Предшествующие ревизии (кол-во)	Доступ	Дефект тазовой кости по Paprosky	Дефект бедренной кости по Paprosky	Костная пластика	Винты (шт.)	Осложнения
1	М	68	42	ОА	ППИ	3	п/б	3А	II		7	Гематома
2	Ж	66	24	ШБ	ППИ	1	п/б	3А	IIIВ	КП	7	Вывих
3	Ж	43	20	ОА	ППИ	0	Задний	3А	IIIA		5	
4	Ж	74	33	ОА	Ас. Расш.	1	п/б	3В	II	КП	8	Вывих
5	М	48	30	Перт.	ППИ	0	п/б	3В	IIIВ	КП	8	
6	Ж	79	43	ОА	Ас. Расш.	2	п/б	3А	II		6	Вывих
7	Ж	70	35	ОА	ППИ	2	п/б	2С	II		8	
8	Ж	68	35	ОА	Ас. Расш.	0	п/б	2С	II	КП	7	
9	Ж	54	30	ОА	ППИ	1	п/б	3А	II		7	
10	Ж	60	33	ОА	ППИ*	5	Задний	3В	IV	КП	8	
11	М	67	22	ОА	Ас. Расш.	1	п/б	3А	IIIA	КП	8	
12	Ж	68	40	ОА	ППИ	2	Задний	3В PD	II	КП	10	Вывих

Перт. – последствия перенесенной болезни Пертеса-Легга-Кальве, ОА-остеоартроз, ШБ – перелом шейки бедренной кости, ППИ – перипротезная инфекция, ППИ* – свищевая форма перипротезной инфекции в течение 5 лет, Ас. расш. – асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, п/б – передне-боковой доступ к тазобедренному суставу, PD – pelvic discontinuity, КП – костная пластика.

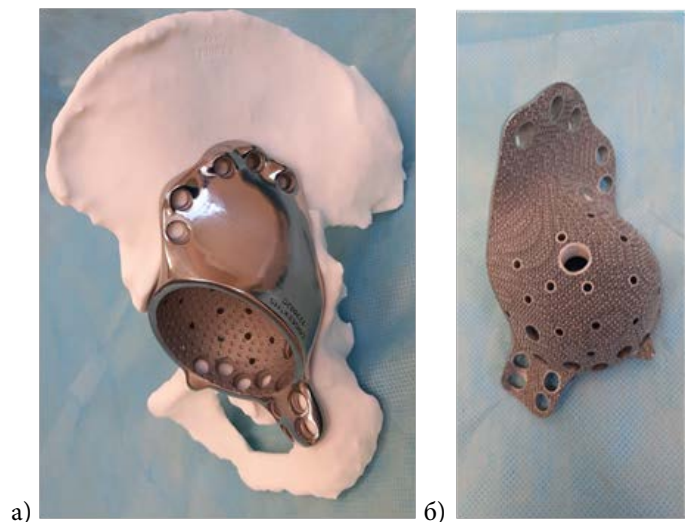


Рисунок 2. Индивидуально изготовленная трехфланцевая конструкция для дефекта 3В по W. Paprosky: а) внешняя гладкая полированная поверхность, обращенная в сторону мягких тканей, б) внутренняя поверхность, контактирующая с костью, имеет пористую поверхность, конгруэнтную топографии тазовой кости.

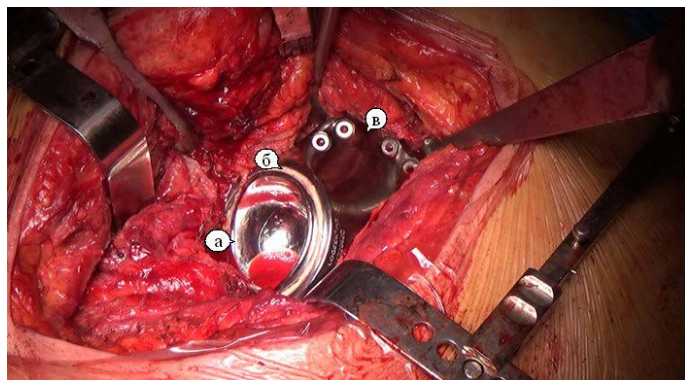


Рисунок 3. Вид в ране установленной индивидуально спроектированной конструкции: а) артикулирующая поверхность впадины двойной мобильности Smith&Nephew Polarcup, б) цементная мантия, в) подвздошный фланец индивидуальной конструкции.

По завершению оперативных вмешательств также была дана оценка сопутствующих факторов, которые обусловили специфичность процесса имплантации, позиционирования и фиксации индивидуальной конструкции в процессе оперативного вмешательства и могли повлиять на точность установки имплантата.

Всем пациентам в послеоперационном периоде была выполнена контрольная обзорная рентгенография таза (рис. 4) и компьютерная томография для оценки точности позиционирования трехфланцевых конструкций после операции. Сравнение запланированного и достигнутого после операции положения конструкций проводилось инжене-

рами «ЛОГИКС Медицинские системы» путем наложения трехмерных моделей, полученных на основе КТ с помощью открытого программного обеспечения (рис. 5). Проводилась оценка основных 6 параметров, описанных в литературе: инклинация и антеверсия полусферической части конструкции, ротация имплантата относительно горизонтальной оси. Ротация конструкции в направлении часовой стрелки имела положительное значение и, соответственно, против часовой стрелки отрицательное, для левой стороны данные значения были обратными. Также оценивалось пространственное смещение центра ротации в медиолатеральном (x), переднезаднем (y), и краниокаудальном (z) направлениях согласно триангулярной системе координат в соответствии со стандартом, установленным международным обществом биомеханики (ISB) [18], как это было ранее выполнено М. Ваауw с соавторами [19].



Рисунок 4. Контрольная рентгенография таза после ревизионной артропластики левого тазобедренного сустава с дефектом 3В по W. Paprosky и Pelvic Discontinuity с использованием индивидуально изготовленной трехфланцевой конструкции и костной пластикой дефекта вертлужной впадины.

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2010. Статистический анализ проводился с использованием программы MedCalc. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению, для этого использовался критерий Шапиро-Уилка. Совокупности количественных показателей описывались при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (межквартильный диапазон), потому что распределение результатов угла инклинации и значений по направлению Y отличалось от нормального. С целью изучения связи между явлениями, представленными количественными данными, рас-

пределение которых отличалось от нормального, использовался непараметрический метод – расчет коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

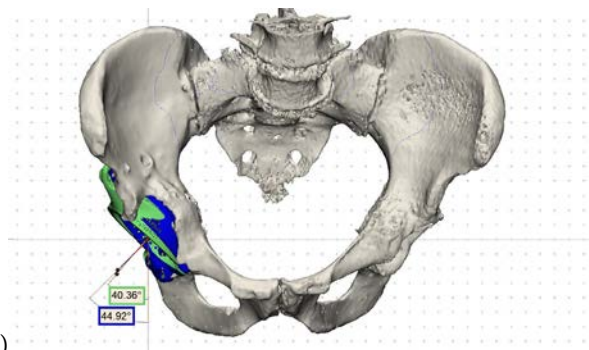


Рис. 5 а)

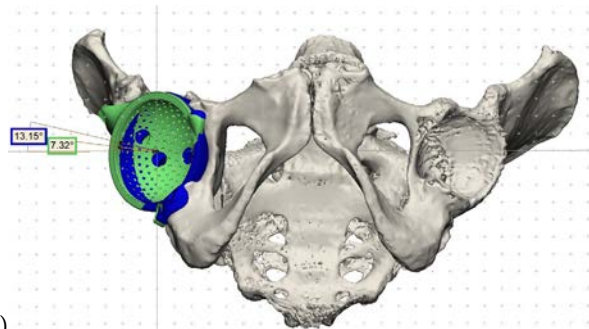


Рис. 5 б)

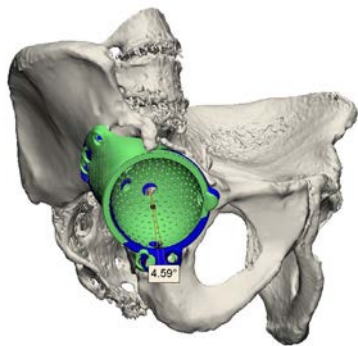


Рис. 5 в)

Рисунок 5. Пример сравнения запланированного и достигнутого после операции положения конструкций путем наложения трехмерных моделей, зелёным цветом показано планируемое положение, синим цветом - достигнутое положение: а) разница инклинации, б) разница антеверсии, в) ротация компонента.

Результаты

Среднее значение инклинации индивидуальной конструкции при планировании составило 45° (межквартильный диапазон (МКД) $42,5 - 45^\circ$), среднее значение инклинации после операции 43° (МКД $40,6 - 50^\circ$). Среднее значение запланированной антеверсии составило 13° (МКД $10,3 - 22,5^\circ$), после

установки 10° (МКД $8,3 - 19,2^\circ$). Среднее отклонение между запланированной инклинацией и окончательным послеоперационным положением составило $-0,96^\circ$ (МКД $-5,9 - 1,9^\circ$). Соответственно, среднее отклонение между запланированной и конечной послеоперационной антеверсией составило $2,7^\circ$ (МКД $0,4 - 5,4^\circ$). Среднее значение разворота импланта составило $1,8^\circ$ (МКД $-1,2 - 3,6^\circ$). С учетом условно допустимых границ отклонения в 10° от заданных значений инклинации и антеверсии при позиционировании 100% установленных трехфланцевых конструкций имели правильное положение. Однако при учёте безопасной зоны Lewinnek три имплантата (3/12) имели инклинацию выше 50° или антеверсию меньше 5° . При оценке центра ротации, мы обнаружили среднее отклонение установленного имплантата по отношению к предоперационному запланированному положению 2,5 мм ($1,5 - 3,1$ мм) в медиолатеральном (x) направлении, 0,5 мм ($0,2 - 1,6$ мм) в переднезаднем (y) направлении и 1,4 мм ($1 - 2,4$ мм) в краниокаудальном (z) направлении. Превышение установленных границ более 5 мм для центра ротации по сравнению с предоперационным планированием наблюдались у двоих пациентов в направлении X, в направлении Y в одном случае, и в направлении Z ни у одного пациента (таб. 2). Таким образом суммарно лишь в 3 (25%) случаях имелись отклонения от условно допустимых границ значений при позиционировании тазового компонента не более 2 мм. Корреляции полученных данных с возрастом пациентов, индексом массы тела, типом дефекта, двухэтапным лечением или pelvic discontinuity в данном исследовании выявлено не было.

Клинические результаты лечения отслежены в сроки от 6 до 25 мес. с момента операции. В послеоперационном периоде зарегистрированы осложнения у 5 (41,7%) пациентов. В 4 (33,3%) случаях вывихи бедренного компонента эндопротеза и в 1 (8,3%) случае гематома. Из них в 3 случаях потребовалось одно дополнительное оперативное вмешательство в виде санации гематомы и в 2 случаях открытое вправление вывиха эндопротеза с переустановкой бедренного компонента для коррекции его антеверсии. В 2 случаях возникших вывихов было произведено закрытое вправление. Во всех случаях вывихи произошли при использовании компонентов с двойной мобильностью.

Обсуждение

В данном исследовании было важным определить, насколько точно используемые нами методы обследования, сегментации, проектирования, дизайн индивидуальных конструкций позволяют выполнить реконструкцию тазобедренного сустава, и достичь запланированной позиции с учетом многочисленных факторов, прямым или косвенным путем влияющих на данный параметр. Точности воспроизведения центра ротации, а также антеверсии и наклону впадины отводится ведущее значение при реконструкции тазобедренного сустава, как

основным факторам, определяющим нормальную биомеханику тазобедренного сустава и выживаемость эндопротеза [20, 21]. Поэтому точное воспроизведение костного дефекта в модели позволяет с высокой степенью точности произвести реконструкцию тазобедренного сустава непосредственно в

ране. Имеющиеся к настоящему моменту исследования точности позиционирования индивидуально изготовленных конструкций выполнены на достаточно небольших и разнородных группах, поэтому каждое исследование определенно является ценным.

Таблица 2.

Результаты сравнения запланированных и полученных после операции показателей положения индивидуальной конструкции

Пациент	Смещение центра ротации (мм)			Угол инклинации (°)			Угол антеверсии (°)			Ротация имплантата
	x	y	z	план	результат	Δ	план	результат	Δ	Δ
1	6,95	1,37	1,06	44,83	52,25	-7,42	24,39	20,69	3,7	2,68
2	3,05	1,3	0,23	45	37,64	7,36	24,52	19,63	4,89	-1,64
3	0,08	0,17	0,42	44,91	42,54	2,37	8,65	10,08	-1,43	-0,81
4	1,07	0,06	1,43	45,01	43,6	1,41	3,5	6,44	-2,94	2,1
5	5,26	0,05	2,72	43,83	48,2	-4,37	11,14	9,92	1,22	0,98
6	2,68	6,67	4,33	45,07	53,69	-8,62	9,42	3,45	5,97	5,17
7	0,97	0,41	1,33	41,21	41,84	-0,63	11,14	9,33	1,81	1,37
8	1,94	0,21	3,74	43,88	53,42	-9,54	19,37	11,54	7,83	9,68
9	3,19	0,54	1,75	38,53	40,77	-2,24	25,23	21,69	3,54	0,31
10	2,15	0,14	0,93	44,92	40,36	4,56	13,15	7,32	5,83	4,59
11	3,08	1,83	2	44,94	45,86	-0,92	13,18	13,67	-0,49	-4,63
12	2,4	3,26	0,97	39,39	40,39	-1	20,64	18,83	1,81	-3,02

Жирным шрифтом выделены значения, выходящие за пределы допустимых границ.

Δ – разница между значениями.

Несмотря на уникальность практически каждого оперативного вмешательства с использованием индивидуальной трехфланцевой конструкции возникающие трудности и технические особенности в ходе данных оперативных вмешательств носили достаточно типичный характер. Некоторые из них также описываются другими авторами [16, 18, 10]. К наиболее специфичным техническим аспектам имплантации индивидуальной трехфланцевой конструкции можно отнести сложную геометрическую форму имплантата, которая требует одновременной концентрации внимания хирурга и манипуляций в точках опоры фланцев. В связи с чем возникала необходимость расширения хирургического доступа, дополнительного выделения костного массива за пределами привычных анатомических структур для обеспечения адекватного угла операционного действия в ране [20]. Поэтому к особенностям данной серии оперативных вмешательств, вероятно повлиявшей на результаты, можно отнести замену всех компонентов эндопротеза. Предварительное удаление бедренного компонента позволяло увеличить угол наклона операционного действия, что освобождало дополнительное пространство для

манипуляций в ране и существенно улучшало обзор раны и визуальный контроль установки конструкции.

В одном из первых исследований, посвященном точности позиционирования индивидуальных компонентов M. Vaauw с соавторами произвели оценку позиционирования индивидуальных конструкций у 16 пациентов [19]. В группу исследования вошли пациенты с дефектами 3A и 3B по W. Paprosky. Авторы показали, что средняя разница в достигнутой и запланированной инклинации составила 2° и для антеверсии 5°. Отклонение центра ротации было описано как смещение на 1,4 мм в переднезадней плоскости (y), 1,3 мм в медиолатеральной плоскости (x) и 2,4 мм в краниокаудальной плоскости (z). В 1 случае имела мальпозиция по инклинации, в 3 по антеверсии и в 6 случаях смещение центра ротации более 5 мм в одной из плоскостей. Всего 7 имплантатов находились в мальпозиции по сравнению с запланированным положением, и в 4 случаях зарегистрированы осложнения. Позднее M. Weber опубликовал схожие результаты в оценке положения индивидуальных конструкций при дефектах 3 типа по W. Paprosky [23]. В группе из 11 пациентов средняя разница составила 3,6° для наклона

и $-1,2^\circ$ для антеверсии. Аналогичным образом, в отношении восстановления центра ротации среднюю разницу между предоперационным планированием и полученным положением: $-0,3$ мм в медиолатеральном (x), $1,1$ мм в переднезаднем (y) и $0,4$ мм в краниокаудальном (z) направлениях. Полученные нами данные среднего отклонения инклинации $-1,6^\circ$, антеверсии $2,6^\circ$ и среднего смещения центра ротации $2,7$ мм в медиолатеральном (x) направлении, $1,3$ мм в переднезаднем (y) направлении и $1,7$ мм в краниокаудальном (z) направлении сопоставимы с аналогичными исследованиями.

М. Durand-Hill с соавторами в своем исследовании показали в 18 (95%) случаях из 20 отсутствие смещения или поворота конструкции за пределы допустимых границ [24]. Однако критерии допустимого смещения центра ротации в данной работе были расширены до 10 мм.

Среди ведущих факторов, определяющих точность имплантации, многие авторы выделяют точность соответствия полученной 3D модели и топографии костной раны [12, 25]. В своем исследовании А. Di Laura с соавторами исследовали влияние артефактов на дизайн конструкции выполняя КТ дважды до и после удаления проблемного эндопротеза, показав тем самым разницу в реконструированных костных дефектах одного и того же больного до и после удаления металлических имплантов [26]. Данные отличия были обусловлены как артефактами на исходной томограмме, так и удалением части кости вместе с эндопротезом на первом этапе, тем самым было показано, что при использовании двухэтапного подхода происходит более точная реконструкция костного дефекта и соответственно проектируется конструкция наиболее оптимального дизайна. В нашей работе у 8 пациентов с перипротезной инфекцией также был применен двухэтапный подход. Во время установки спейсера основная часть костного дефекта заполнялась костным цементом с антибиотиком. С учетом временной функции спейсера и предстоящего его удаления с целью профилактики дополнительной потери костной ткани пластическую массу костного цемента помещали в дефект на стадии полимеризации, чтобы исключить прессуризацию полимера в кость. В качестве артикулирующей части использовали полиэтиленовую впадину. Таким образом непосредственно в области прилегания к кости металлические компоненты отсутствовали. Это позволило уменьшить интенсивность артефактов, а отсутствие прессуризации существенно облегчало процесс сегментации и вероятно позволило с высокой точностью произвести реконструкцию костного дефекта.

А.Н. Коваленко с соавторами в своей работе показали, что вероятность отклонения положения от запланированного при ревизионном эндопротезировании достаточно велика [27]. Группа исследования была достаточно разнородная, в нее вошли случаи применения индивидуально изготовленных аугментов, сферических конструкций и трехфланцевых конструкций. Из 20 имплантированных индивидуальных конструкций (из них 9 трехфланцевых) только 5 (2 трехфланцевые) были установ-

лены в пределах условно допустимых границ, однако это не привело к негативным последствиям в исследуемый период. Статистически значимой связи между типом конструкции и соответствием положения имплантата планируемому выявлено не было.

Одним из преимуществ индивидуальных конструкций является заранее спланированное положение и длина винтов для конкретной клинической ситуации в направлении наиболее выраженного массива кости. С другой стороны, такая индивидуальность может сыграть злую шутку, поскольку реализовать план операции с точным направлением винтов возможно при абсолютно точном позиционировании конструкции, а смещение на несколько миллиметров или градусов может существенно изменить направление винтов от намеченной цели, что может повлиять на стабильность фиксации и безопасность проведения винтов. Поэтому соблюдение принципа безопасных зон при проведении винтов или использование технических приемов, уменьшающих вероятность повреждения, внутритазовых структур сохраняет свою актуальность [28, 29, 30].

Многочисленные ревизионные вмешательства на суставе впоследствии могут привести к фиброзу, ишемии мягких тканей и кости и жировой дистрофии мышц. У некоторых из пациентов в процессе повторных операций вообще были утрачены точки фиксации абдукторов и мышечный аппарат стал не эффективен в стабилизации тазобедренного сустава. Все вышеперечисленные факторы, как правило, максимально сконцентрированы у пациентов, которым имплантируется индивидуальная конструкция. По результатам разных авторов в случаях ревизионных операций при массивных костных дефектах с применением индивидуальных конструкций процент осложнений в послеоперационном периоде достигает до 67,7% [31]. Не случайно одной из частых комбинаций при ревизионном эндопротезировании для повышения стабильности прооперированного сустава является сочетание индивидуальных конструкций с компонентами системы двойной мобильности [32, 33, 19]. В нашем исследовании, несмотря на высокое соответствие достигнутого положения и применение двойной мобильности, в 4 случаях все же произошли вывихи бедренного компонента. Что, на наш взгляд, было связано с скомпрометированным мягкотканым стабилизирующим аппаратом и в 2 случаях с мальпозицией бедренного компонента эндопротеза, потребовавшей переустановки.

Имея в арсенале практически безграничные возможности создания конструкции любой геометрии, особенно на начальных этапах освоения технологии происходит избыточное увлечение оригинальностью с отклонением от классических подходов, реализованных в большинстве современных серийных конструкций. Необходимо понимать, что с одной стороны полученная цифровая модель не является абсолютной копией тазовой кости, а с другой стороны доработать конструкцию после изготовления не получится. От абсолютной комплементарности кости всей поверхности конструкции по мере приоб-

ретения опыта пришлось уйти, чтобы избежать критических трудностей с установкой имплантатов в должном положении, о которых сообщают авторы других работ, такие как невозможность имплантации в связи со сложной геометрической формой и невозможность достичь адаптации конструкции к поверхности костного дефекта [34]. По нашему мнению, мы пришли к оптимальному дизайну трехфланцевой конструкции, представляющей собой моноблочный имплантат в виде полусферической части, устанавливаемой непосредственно в область дефекта вертлужной впадины и опорные фланцы, геометрии которых уделяется особое внимание. Именно фланцы проектируются с максимальными контактом к поверхности костных структур, а оставшееся пространство между полусферической частью и костью в зоне дефекта при необходимости заполнялась костным трансплантатом. Адаптация фланцев до полного прилегания всегда выполнялась с ориентиром на пластиковую модель костного дефекта, поскольку в условиях измененной анатомии области вертлужной впадины и других традиционных костных ориентиров алгоритмы компьютер-ассистированных технологий не работают. Так как пластиковая модель тазовой кости с дефектом и шаблон конструкции позиционированы наиболее оптимальным образом относительно друг друга, наша задача при установке индивидуальной конструкции заключалась в максимально точном воспроизведении этих взаимоотношений непосредственно в ране. Поэтому визуальный ориентир существенно облегчает данную задачу при подготовке костного ложа для имплантации и окончательного позиционирования индивидуальной трехфланцевой конструкции [10, 30].

В совокупности, данные особенности позволяют отнести операции с использованием индивидуальных конструкций к достаточно комплексным оперативным вмешательствам. И как показывает опыт отечественных и зарубежных коллег технические трудности, возникающие во время операций с применением индивидуальных конструкций, являются составяющей частью данных операций. Тем не менее, несмотря на всю сложность ревизионного эндопротезирования, аддитивные технологии позволяют выполнять реконструкцию тазобедренного сустава достаточно точно.

Выводы

1. Проведенный анализ результатов точности ориентации индивидуально изготовленных трехфланцевых конструкций показал, что при используемом нами подходе в подавляющем большинстве случаев были достигнуты запланированные параметры при позиционировании конструкции. Полученные данные сопоставимы с результатами, полученными в подобных исследованиях. Однако сравнение параметров недостоверно, поскольку группы достаточно разнородны по количеству пациентов, геометрии дефектов и применяемым конструкциям.

2. К основным факторам, определяющим точность позиционирования, можно отнести исходное качество полученных

данных МСКТ и выполненной 3D реконструкции, которое существенно зависит от наличия металлических артефактов, достижение адекватного угла операционного действия, а также использование прототипа в виде пластиковой модели тазовой кости с дефектом для навигации во время оперативного вмешательства.

3. С учетом индивидуальности и разнообразия дизайнов используемых трехфланцевых конструкций в настоящий момент при оценке позиционирования принципиальным является точное воссоздание центра ротации, оптимальной антеверсии и инклинации полусферической части индивидуальной конструкции, а комплементарность по всей поверхности в абсолютном смысле мало достижима без предварительной подготовки кости, поэтому более важным является достижение надежной опоры и стабильной фиксации в области фланцев.

Список литературы / References:

1. Bayliss L.E, Culliford D, Monk AP, et al. 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; 389(10077): 1424-1430.
2. Weber M, Renkawitz T, Voellner F, et al. Revision surgery in total joint replacement is cost-intensive. *BioMed Res Int*. 2018; 2018: 8987104-8987108.
3. Какие особенности дефекта вертлужной впадины влияют на выбор ацетабулярного компонента при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава? /Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Коваленко А.Н., Денисов А.О., Демин А.С., Ваграмян А.Г., Шубняков И.И.// Травматология и ортопедия России. 2020;26(2):31-49. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-31-49. [What Characteristics of the Acetabular Defect Influence the Choice of the Acetabular Component During Revision Hip Arthroplasty? / Tikhilov R.M., Dzhabadov A.A., Kovalenko A.N., Denisov A.O., Demin A.S., Vahramyan A.G., Shubnyakov I.I.// Traumatology and Orthopedics of Russia. 2020;26(2):31-49. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-31-49]
4. Paprosky W.G., Perona P.G., Lawrence J.M. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty*. 1994; 9(1):33-44. [https://doi.org/10.1016/0883-5403\(94\)90135-x](https://doi.org/10.1016/0883-5403(94)90135-x)
5. Paprosky W.G., O'Rourke M., Sporer S.M. The treatment of acetabular bone defects with an associated pelvic discontinuity. *Clin Orthop Relat Res*. 2005; 441:216-220. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000194311.20901.f9>
6. DeBoer DK, Christie MJ, Brinson MF, Morrison JC. Revision total hip arthroplasty for pelvic discontinuity. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2007;89(4): 835-840. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00313>
7. Taunton M.J., Fehring T.K., Edwards P., Bernasek T., Holt G.E., Christie M.J. Pelvic discontinuity treated with custom triflange component: a reliable option. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(2):428-434. doi:10.1007/s11999-011-2126-1
8. Berasi C.C., Berend K.R., Adams J.B., Ruh E.L, Lombardi A.V. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of

catastrophic bone loss? *Clin Orthop Relat Res.* 2014;473(2):528-535. doi: 10.1007/s11999-014-3969-z

9. Barlow B.T., Oi K.K., Lee Y., Carli A.V., Choi D.S., Bostrom M.P. Outcomes of custom flange acetabular components in revision total hip arthroplasty and predictors of failure. *J Arthroplasty.* 2016;31(5):1057-1064. doi: 10.1016/j.arth.2015.11.016.

10. Myncke I., van Schaik David, Scheerlinck Thierry. Custom-made triflanged acetabular components in the treatment of major acetabular defects. Short-term results and clinical experience, *Acta Orthop. Belg.* 2017;83(3): 341-350

11. Yuvraj A., Bassam A.M. Triflange Acetabular Cup for Severe Acetabular Bone Defect. *Biomed J Sci & Tech Res.* 2017;1(6):1775-1777. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2017.01.000545>

12. Выбор хирургической тактики при первичном и ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава с использованием инструментов объемной визуализации / Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Голеньков О.И., Ефименко М.В., Пронских А.А., Харитонов К.Н., Панченко А.А., Павлов В.В. // *Травматология и ортопедия России.* 2020; 26(2):60-70. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2020-26-2-60-70>. [The choice of surgical tactics in primary and revision hip arthroplasty using volumetric imaging tools. / Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Golenkov O.I., Efimenko M.V., Pronskikh A.A., Kharitonov K.N., Panchenko A.A., Pavlov V.V. // *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2020;26(2):60-70. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2020-26-2-60-70>]

13. Rivière, C., Harman, C., Logishetty, K., Van Der Straeten, C. (2020). Hip Replacement: Its Development and Future. In: Rivière, C., Vendittoli, P.A. (eds) *Personalized Hip and Knee Joint Replacement.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24243-5_3

14. Среднесрочные результаты ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием ацетабулярных аугментов. / Корыткин А.А., Новикова Я.С., Ковалдов К.А., Королёв С.Б., Зыкин А.А., Герасимов С.А., Герасимов Е.А. // *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(1):9-18. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-9-18. [Mid-Term Outcomes of Revision Hip Arthroplasty with Acetabular Augments. / Korytkin A.A., Novikova Ya.S., Kovaldov K.A., Korolev S.B., Zykin A.A., Gerasimov S.A., Gerasimov E.A. // *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019;25(1):9-18. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-9-18]

15. Среднесрочные результаты использования индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. / Коваленко А.Н., Джавадов А.А., Шубняков И.И., Бильяк С.С., Денисов А.О., Черкасов М.А., Мидаев А.И., Тихилов Р.М. // *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(3):37-46. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46>. [Medium-term results of the use of individual constructions in revision hip arthroplasty. / Kovalenko A.N., Dzavadov A.A., Shubnyakov I.I., Bilyk S.S., Denisov A.O., Cherkasov M.A., Midaev A.I., Tikhilov R.M. // *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019;25(3):37-46. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46>]

16. Применение индивидуальных вертлужных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. / Кавалерский Г.М., Мурылев В.Ю., Рукин Я.А., Лычагин А.В., Елизаров

П.М. // *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(4):114-121. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-114-121. [Customized Acetabular Components in Revision hip Arthroplasty. / Kavalersky G.M., Murylev V.Yu., Rukin Y.A., Lychagin A.V., Elizarov P.M. // *Traumatology and orthopedics of russia.* 2016;22(4):114-121 (in Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-114-121]

17. Badarudeen S., Shu A.C., Ong K.L., Baykal D., Lau E., Malkani A.L. Complications after revision total hip arthroplasty in the Medicare Population. *J Arthroplasty.* 2017; 32(6): 1954-1958. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.01.037>

18. Standardization and Terminology Committee of the International Society of Biomechanics. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion – part I: ankle, hip, and spine: International Society of Biomechanics. Wu. G, Siegler S., Allard P, Kirtley C. et al. *J Biomech* 2002; 35:543 – 548. doi: 10.1016/s0021-9290(01)00222-6.

19. Baauw M., van Hellemond G. G., van Hooff M. L., Spruit M. The accuracy of positioning of a custommade implant within a large acetabular defect at revision arthroplasty of the hip. *Bone Joint J.* 2015; 97-B (6):780–5. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.97B6.35129>

20. Mayeda B.F, Haw J.G., Battenberg A.K., Schmalzried T.P. Femoral-acetabular mating: the effect of femoral and combined anteversion on cross-linked polyethylene wear. *J Arthroplast.* 2018;33(10):3320–4. DOI: 10.1016/j.arth.2018.06.003

21. Teeter M.G., Lanting B.A., Naudie D.D., McCalden R.W., Howard J.L., MacDonald S.J. Highly crosslinked polyethylene wear rates and acetabular component orientation: a minimum ten-year follow-up. *Bone Joint J.* 2018 Jul;100-B(7):891-897. doi: 10.1302/0301-620X.100B7.BJJ-2017-1457.R3.

22. Созон-Ярошевич А.Ю. Анатомо-клиническое обоснование хирургических доступов к внутренним органам / А.Ю. Созон-Ярошевич. М. - Л.: Медгиз, 1954. - 180 с. // [Sozon-Yaroshevich A.Yu. Anatomical and clinical substantiation of surgical approaches to internal organs / A.Yu. Sozon-Yaroshevich. M. - L.: Medgiz, 1954. - 180 p.]

23. Weber M., Witzmann L., Wieding J., Grifka J., Renkawitz T., Craiovan B. Customized implants for acetabular Paprosky III defects may be positioned with high accuracy in revision hip arthroplasty. *International Orthopaedics.* 2019;43(10):2235-2243. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4193-3>

24. Durand-Hill M., Henckel J., Di Laura A., Hart A.J. Can custom 3D printed implants successfully reconstruct massive acetabular defects? A 3D-CT assessment. *J. Orthop Res.* 2020;38:2640–2648. <https://doi.org/10.1002/jor.247522648>

25. Ревизии вертлужных компонентов индивидуальными конструкциями с минимальным сроком наблюдения 12 месяцев: функциональные результаты, качество жизни и удовлетворенность пациентов. / Коваленко А.Н., Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Бильяк С.С., Денисов А.О., Черкасов М.А., Ибрагимов К.И. // *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(1):21-31. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-21-31. [Minimum One-Year Outcomes after Revision Hip Arthroplasty with Custom-Made Implants: Function, Quality of Life and Patients Satisfaction. / Kovalenko A.N., Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Bilyk S.S.,

Denisov A.O., Cherkasov M.A., Ibragimov K.I. // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(1):21-31. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-21-31.]

26. Di Laura A., Henckel J., Wescott R., Hothi H., Hart A.J. The effect of metal artefact on the design of custom 3D printed acetabular implants, *3D Printing in Medicine* (2020) 6:23 <https://doi.org/10.1186/s41205-020-00074-5>

27. Позиционирование индивидуальных вертлужных компонентов при ревизиях тазобедренного сустава: действительно ли они подходят как «ключ к замку» / Коваленко А.Н., Тихилов Р.М., Билык С.С., Шубняков И.И., Черкасов М.А., Денисов А.О. // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2017; 4:31-37. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32586947>. [Positioning of individual acetabular components in hip revisions: do they really fit like a “key to a lock” / Kovalenko A.N., Tikhilov R.M., Bilyk S.S., Shubnyakov I.I., Cherkasov M.A., Denisov A.O. // *Bulletin of Traumatology and Orthopedics*. N.N. Priorov. 2017; 4:31-37. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32586947>]

28. Kawasaky Y, Egawa H, Hamada D, Takao S, Nakano S, Yasui N (2012) Location of intrapelvic vessels around the acetabulum assessed by three-dimensional computed tomographic angiography: prevention of vascular related complications in total hip arthroplasty. *J Orthop Sci* 17(4):397–406

29. Возможности современных технологий визуализации и моделирования в ортопедии и их роль в разработке индивидуальных конструкций в хирургии тазобедренного сустава. / Коваленко А. Н., Шубняков И. И., Билык С. С., Денисов А. О., Тихилов Р. М. // «Вестник хирургии» • 2016, том 175, №4, С. 46-52. УДК 616.728.2-07:617.3.001.57 [Vozmozhnosti sovremennykh tekhnologii vizualizatsii i modelirovaniya v ortopedii i ikh rol' v razrabotke individual'nykh konstrukttsii v khirurgii tazobedrennogo sustava. / Kovalenko A. N., Shubnyakov I. I., Bilyk S. S., Denisov A. O., Tikhilov R. M. // «Vestnik khirurgii» • 2016, tom 175, №4, S. 46-52. UDK 616.728.2-07:617.3.001.57]

30. Michael D. Ries, MD The triflange cup: Build it and they will wait. *SEMINARS IN A RTHROPLASTY*. 2017;28(4):264 – 266. <https://doi.org/10.1053/j.sart.2018.02.011>

31. Citak M., Kochsiek L., Gehrke T., Haasper C., Suero E.M., Mau H. Preliminary results of a 3D-printed acetabular component in the management of extensive defects. *Hip Int*. 2018;28(3):266-271. doi: 10.5301/hip-int.5000561

32. Индивидуальные трехфланцевые вертлужные компоненты при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава у пациентов со значительными дефектами вертлужной впадины: планирование, хирургическая техника, результаты. / Корыткин А.А., Новикова Я.С., Морозова Е.А., Герасимов С.А., Ковалдов К.А., Эль Мудни Ю.М. // *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(2):20-30. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-20-30. [Custom Triflange Acetabular Components for Revision Hip Arthroplasty in the Patients with Severe Acetabular Defects: Planning, Surgical Technique, Outcomes. / Korytkin A.A., Novikova Ya.S., Morozova E.A., Gerasimov S.A., Kovaldov K.A., El moudni Yo.M. // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(2):20-30. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-20-30.]

33. Neri T, Boyer B, Batailler C, Klasan A, Lustig S, Philippot R & Farizon F. Dual mobility cups for total hip arthroplasty: tips and tricks. *SI-COT-J*. 2020;6,17. <https://doi.org/10.1051/sicotj/2020018>

34. Применение индивидуальных вертлужных компонентов в эндопротезировании тазобедренного сустава при посттравматическом коксартрозе. / Николаев Н.С., Малюченко Л.И., Преображенская Е.В., Карпукхин А.С., Яковлев В.В., Максимов А.Л. // *Гений ортопедии*. 2019;25(2):207-213. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-2-207-213> [The use of individual acetabular components in hip arthroplasty in post-traumatic coxarthrosis. / Nikolaev N.S., Malyuchenko L.I., Preobrazhenskaya E.V., Karpukhin A.S., Yakovlev V.V., Maksimov A.L. // *Orthopedic Genius*. 2019;25(2):207-213. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-2-207-213>]

Информация об авторах:

Вадим Николаевич Гольник, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 2 ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул. Адрес: 656045, ул. Ляпидевского, д. 1/3. Тел.: +7 (983) 606-50-32. Электронная почта: vgolnik@mail.ru ORCID.org /0000-0002-5047-2060

Денис Анатольевич Джухаев, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 2 ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул. Адрес: 656045, г. Барнаул, ул. Ляпидевского, д. 1/3. Тел.: +7 (905) 981-51-60. Электронная почта: dzhukhaev@mail.ru ORCID.org /0000-0003-2920-2346

Игорь Борисович Красовский, директор ООО «ЛОГИКС Медицинские системы», г.Новосибирск, ул. Инженерная, 20, офис 59. Тел. +7 (913) 916-17-34. Электронная почта: ibkrasovsky@gmail.com

Виталий Викторович Павлов, д.м.н., главный научный сотрудник, начальник научно-исследовательского отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов ФГБУ «Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск. Адрес: 630091, г.Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17. Тел.: +7 (913) 941-23-10. Электронная почта: pavlovdoc@mail.ru ORCID.org / 0000-0002-8997-7330

Владимир Алексеевич Пелеганчук, д.м.н., главный врач ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул. Заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и вертебрологии Алтайского государственного медицинского университета. Главный травматолог-ортопед Сибирского федерального округа. Адрес: 656045, г. Барнаул, ул. Ляпидевского, д. 1/3. Тел.: +7 (3852) 297-500. Электронная почта: 297501@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Гольник Вадим Николаевич, Электронная почта: vgolnik@mail.ru

Information about authors:

Vadim N. Golnik, Department head of the Orthopedics and Trauma No. 2, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endpros-

thesis, Ministry of Healthcare of Russia, Barnaul. Address: 656045. 1/3, ul. Lyapidevsky, Barnaul, 656045, Russia. Phone number: +7 (983) 606-50-32. E-mail: vgolnik@mail.ru ORCID.org / 0000-0002-50472060

Denis A. Dzhukhaev, Traumatologist-Orthopedist of the Orthopedics and Trauma Department No. 2, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Ministry of Healthcare of Russia, Barnaul. Address: 656045. 1/3, ul. Lyapidevsky, Barnaul, 656045, Russia. Phone number: +7 (905) 981-51-60. E-mail: dzhukhaev@mail.ru ORCID.org /0000-0003-2920-2346

Igor B. Krasovsky, Director LLC “LOGEEKs Medical Systems”, Novosibirsk, st. Engineering, 20, office 59. Phone number: +7 (913) 916-17-34. E-mail: ibkrasovsky@gmail.com

Vitaliy V. Pavlov, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Head of Department of Endoprosthetics and Endoscopic Joint Surgery, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia. Address: 630091. 17, ul.Frunze, Novosibirsk, 630091, Russia. Phone number: +7(913)941-23-10. E-mail: pavlovdoc@mail.ru ORCID.org / 0000-0002-8997-7330

Vladimir A. Peleganchuk, Dr. Sci. (Med.), Chief Physician, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Ministry of Healthcare of Russia, Barnaul. Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Vertebrology Altai State Medical University. Leading traumatologist-orthopedist of the Siberian Federal District. Address: 656045. 1/3, ul. Lyapidevsky, Barnaul, 656045, Russia. Phone number: +7 (3852) 297-500. E-mail: 297501@mail.ru

Corresponding author: Vadim N. Golnik, E-mail: vgolnik@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-27-36>

УДК 617.3



©А.В.Лычагин, В.Г. Черепанов, Е.Б.Калинский, С.Г.Раденска-Лоповок, М.М.Липина, П.И. Петров, Е.Ю. Целищева, Л.А. Якимов, Ю.Р. Гончарук, Д.А. Погосян, И.А.Вязанкин, 2022

Оригинальная статья / Original article

ЛАЗЕРНАЯ ОСТЕОПЕРФОРАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ СПОНДИЛОАРТРОЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ПРОСПЕКТИВНОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

А.В. ЛЫЧАГИН, В.Г. ЧЕРЕПАНОВ, Е.Б. КАЛИНСКИЙ, С.Г. РАДЕНСКА-ЛОПОВОК, М.М. ЛИПИНА, П.И. ПЕТРОВ, Е.Ю. ЦЕЛИЩЕВА, Л.А. ЯКИМОВ, Ю.Р. ГОНЧАРУК, Д.А. ПОГОСЯН, И.А. ВЯЗАНКИН

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д.8, 119991, Москва, Россия

Резюме

Введение. Боль в поясничном отделе позвоночника занимает одно из лидирующих мест по распространенности по всему миру. Частой причиной возникновения вертеброгенного болевого синдрома является спондилоартроз. Консервативное лечение спондилоартроза не всегда приводит к выраженному эффекту. Открытое оперативное лечение спондилоартроза также имеет ряд недостатков из-за высокого риска послеоперационных осложнений и высокой травматичности.

Цель исследования: оценить результаты выполнения лазерной остеоперфорации дуготростчатых суставов.

Материалы и методы. Экспериментальная часть исследования выполнена в марте 2020 года. Она состояла из выполнения лазерной остеоперфорации дуготростчатых суставов у экспериментальных животных (карликовых свиней), с последующим гистологическим исследованием костного материала. В клиническую часть проспективного исследования вошли 26 пациентов, которым выполнялась лазерная остеоперфорация по разработанной нами методике в период с апреля по июнь 2020 года. Срок наблюдения составил 12 месяцев. Никто не выбыл из исследования. Клинические результаты оценивались при помощи Oswestry Disability Index (ODI) и Визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) для боли в спине до операции, через 3, 6, 12 месяцев после операции. Всем пациентам было выполнено предоперационное КТ- и МР-исследования, а также контрольное КТ исследование на следующие сутки после операции и через 12 месяцев. Обработка статистических данных проводилась с помощью программы Statistica 10,0 для Windows (StatSoft Inc., США). Было получено одобрение комитета по этике на проведение исследования.

Результаты. В ходе экспериментальной части исследования был отработан оптимальный режим работы лазерного излучения согласно данным гистологического исследования. В клинической части исследования также отмечается выраженный регресс вертеброгенной болевой симптоматики у всех 26 пациентов уже через 3 месяца после оперативного лечения с незначительной тенденцией к усилению болевого синдрома через 12 месяцев. Средний возраст пациентов составил 57,8 лет. У всех пациентов согласно результатам КТ-исследования через 12 месяцев был сформирован артродез дуготростчатых суставов на оперированном уровне.

Заключение. Выполнение лазерной остеоперфорации дуготростчатых суставов по нашей методике позволяет повысить эффективность хирургического вмешательства по сравнению с имеющимися методиками хирургического лечения спондилоартроза путем уменьшения травматичности и длительности операции, а также достичь регресса вертеброгенной болевой симптоматики.

Ключевые слова: дегенеративный спондилоартроз; лазерная остеоперфорация; вертеброгенный болевой синдром; дуготростчатые суставы

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Лычагин А.В., Черепанов В.Г., Калинский Е.Б., Раденска-Лоповок С.Г., Липина М.М., Петров П.И., Якимов Л.А., Целищева Е.Ю., Гончарук Ю.Р., Погосян Д.А., Вязанкин И.А., ЛАЗЕРНАЯ ОСТЕОПЕРФОРАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ СПОНДИЛОАРТРОЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ПРОСПЕКТИВНОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. № 4(50). С. 27-36 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-27-36>

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

Исследование одобрено этическим комитетом

THE APPLICATION OF LASER OSTEOPERFORATION IN THE TREATMENT OF SPONDYLOARTHRISIS OF THE LUMBAR SPINE: A PRECLINICAL AND A PROSPECTIVE CLINICAL STUDY

ALEXEY V. LYCHAGIN, VADIM G. CHEREPANOV, EUGENE B. KALINSKY, STEFKA G. RADENSKA-LOVOPOK, MARINA M. LIPINA, PAVEL I. PETROV, EUGENIYA YU. TSELISHEVA, LEONID A. YAKIMOV, YULIYA R. GONCHARUK, IVAN A. VYAZANKIN

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russia (Sechenov University) 8 bld. 2 Trubetskayast., 119991 Moscow, Russia

Abstract

Introduction: a backache in the lumbar region takes one of the leading positions of all types of pain all over the world. Spondyloarthrosis is considered as a common cause of the vertebrogenic pain syndrome. A conservative/nonoperative management can be applied, yet its efficiency doesn't always meet expectations. However an operative treatment also has significant limitations and imperfections, such as postoperative complications and high invasiveness.

Purpose of the study: investigation and analysis of the results of zygapophyseal joints' laser osteoperforation.

Materials and methods: the pre-clinical phase of this study was executed in March 2020. In the preclinical phase animal models (Miniature Pigs) were used for laser osteoperforation of zygapophyseal joints, and after harvesting of bone material histological examination were performed. In the clinical phase 26 patients were included in the study for laser osteoperforation of zygapophyseal joints performed according to our developed method. The clinical phase lasted from April to June 2020, the follow-up period lasted 12 months. No patient was dropped out during the follow-up period. The clinical results were estimated according to Oswestry Disability Index (ODI) and Visual Analogue Scale (VAS) right before the operation and 3, 6, and 12 months after the surgery. All the patients underwent certain investigations: CT- and MR-scanning preoperatively; CT-scanning on the first day after the surgery and 12 months after the surgery. Statistical data were processed using the Statistica 10.0 software for Windows (StatSoft Inc., USA).

Results: according to the histological results of the preclinical phase we optimised characteristics of laser radiation for further clinical procedures. During the clinical phase of the study a pronounced regression of vertebrogenic pain symptoms was registered in all 26 patients, it was already registered in 3 months after the surgery with slight tendency towards increasing of pain symptoms 12 months after the surgery. The mean age of the patients was 57.8 years. According to CT-scans, arthrodesis of operated zygapophyseal joints was formed 12 months after the surgery in all patients.

Conclusion: The presented laser osteoperforation of zygapophyseal joints based on our method shows a pronounced improvement of treatment outcomes by lower degree of invasion, lesser surgery duration and decreased vertebrogenic pain syndrome compared to existing surgical approaches.

Key words: degenerative spondylarthrosis; laser osteoperforation; vertebrogenic pain syndrome; zygapophyseal joints

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Lychagin A.V., Cherepanov V.G., Kalinsky E.B., Radenska-Lovopok S.G., Lipina M.M., Petrov P.I., Yakimov L.A., Tselisheva E.Y., Goncharuk Y.R., Pogosyan D.A., Vyazankin I.A., the application of laser osteoperforation in the treatment of spondyloarthrosis of the lumbar spine: a preclinical and a prospective clinical study. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. № 4. pp. 27-36 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-27-36>

Введение

Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника занимают первое место среди причин первичной инвалидности среди заболеваний опорно-двигательной системы [1]. Одним из распространённых проявлений дегенеративных поражений позвоночника является спондилоартроз. Спондилоартроз может характеризоваться возникновением вертеброгенного болевого синдрома, корешковой симптоматики, а также нейрогенной перемежающейся хромотой. Дугоотростчатый сустав подвергается вторичным дегенеративным изменениям, которые являются следствием постоянно возникающего перенапряжения паравертебральных мышц и ежедневным нагрузкам на ПДС, что в свою очередь приводит к появлению синовиальных кист, появлению спондилоартроза, а также к возникновению нестабильности позвоночно-двигательного сегмента [2; 3].

Боль в пояснично-крестцовом отделе позвоночника является второй по распространенности причиной нетрудоспособности пациентов после острых респираторных инфекций [4].

Дегенеративный артроз фасеточных суставов является самой частой причиной боли в области дугоотростчатых суставов, которая может быть связана с дегенеративно-дистрофическими изменениями межпозвоночных дисков. Как и в других синовиальных суставах, остеоартроз проявляется уменьшением суставной щели, дегенеративным изменением хряща, а также ростом остеофитов. Считается, что именно воспаление дегенеративно измененных фасеточных суставов и окружающих их измененных тканей вызывает локальную боль в пояснице [5;6]. Eubanks et al. опубликовали исследование о распространенности артроза дугоотростчатых суставов среди населения земли, основанное на исследовании 647 кадаверных материалов позвоночника. Они пришли к

выводу, что артроз дугоотростчатых суставов является очень распространенной патологией, которая может диагностироваться у пациентов всех возрастных групп, однако имеет большую распространенность и выраженность у мужчин, нежели у женщин [7].

Наиболее часто артроз возникает на уровне L4-L5 согласно вышеупомянутому исследованию.

Показаниями к хирургическому лечению артроза дугоотростчатых суставов являются невосприимчивость к консервативному лечению и выраженные дегенеративные изменения сустава, регистрируемые с помощью вспомогательных методов исследования (КТ- и МР-исследования). В основном, используют применение фасетэктомии с последующим формированием спондилодеза позвоночно-двигательного сегмента [8;9;10].

Данные методики достаточно травматичны за счет хирургических доступов и могут быть причиной длительной нетрудоспособности. Все это является причиной дальнейших исследований и разработок менее инвазивных методик лечения.

Одной из таких методик является применение лазерного излучения при операциях на позвоночнике. Лазерная реконструктивная хирургия при дегенеративно-дистрофических поражениях позвоночника с успехом была применена с лазером 1560 мкм [11] и с лазером 970 мкм [12].

Преимуществами лазерного излучения является строгая направленность и дозированность, что исключает повреждение окружающих структур тканей во всех направлениях.

Воздействия лазерного излучения определяется количеством энергии, поглощённой веществом или в данном случае биотканями. Поглощение биоткани зависит от её состава и параметры поглощения различных компонентов отличаются друг от друга.

По нашей гипотезе применение лазерного излучения при выполнении лазерной остеоперфорации дугоотростчатых суставов позволяет получить положительный результат при лечении спондилоартроза поясничного отдела позвоночника.

Для подтверждения этой гипотезы и отработки необходимых режимов лазерного излучения была выполнена серия экспериментальных исследований на животных для дальнейшего внедрения методики в клиническую практику.

Материалы и методы

Исследование было разделено на две части экспериментальную и клиническую.

Экспериментальная часть работы была выполнена в марте 2020 года и включала в себя выполнение лазерной остеоперфорации дугоотростчатых суставов с гистологическим исследованием костной ткани. Для этого были выбраны экспериментальные животные – карликовые домаш-

ние свиньи в количестве 2 особей, в возрасте от 1 до 2 лет, весом от 30,0 до 40,0 кг, породы Лондрас. Выбор свиней в качестве экспериментальных животных для хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника обусловлен соответствием условий эксперимента и условий возможного возникновения дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника, наиболее приближенным к человеку анатомическим соотношением (вес – размер позвонков) по сравнению с другими животными, размер фасеточного сустава позволяет проводить отработку различных оперативных методик, размер исследуемых образцов достаточен для проведения гистологического и рентгенологического исследования. Целью эксперимента была оценка изменений, происходящих при воздействии лазерного излучения на костные структуры позвоночно-двигательного сегмента экспериментальных животных при применении различных режимов использования медицинского лазера. Была поставлена следующая задача – выполнить лазерную остеоперфорацию внутренней фасетки дугоотростчатого сустава и оценить воздействие лазерного излучения с помощью выполнения гистологического исследования.

Свинья была уложена на живот и фиксирована за четыре конечности. После выполнения стрижки и бритья в области оперативного доступа, в проекции остистых отростков поясничных позвонков операционное поле было обработано 3% раствором иода, дугоотростчатый сустав был обнажен тупо и остро из выполненного дорзального доступа. Затем была выполнена остеоперфорация двух внутренних фасеток, на смежных уровнях поясничного отдела позвоночника, с применением лазерной установки.

Остеоперфорация была прекращена, когда проводник дошел до суставной поверхности наружной фасетки на соответствующем уровне. Выполнение остеоперфорации было проведено на разных уровнях, используя различные режимы лазерного оборудования. Выбраны оптимальные режимы работы лазерного оборудования, при которых лазерный световод беспрепятственно проводил остеоперфорацию и не происходило карбонизации окружающих тканей. Остеоперфорация выполняется в импульсно-периодическом режиме работы лазера в двух режимах под контролем электронно-оптического преобразователя (1 режим: 2,0 Вт, 0,97 мкм и 5,0 Вт; 1,56 мкм при длительности импульса 100,0 мс и длительности паузы 50,0 мс; 2 режим: 1,5 Вт, 0,97 мкм и 3,0 Вт; 1,56 мкм при длительности импульса 100,0 мс и длительности паузы 50,0 мс) (Рисунок 1). После этого операционную рану промывали 0,9% р-ром NaCl с наложением послойных швов с восстановлением поврежденных анатомических образований, рану обрабатываем спреем с алюминием. В день эксперимента животные были выведены из эксперимента. Был взят костный материал для проведения гистологического исследования

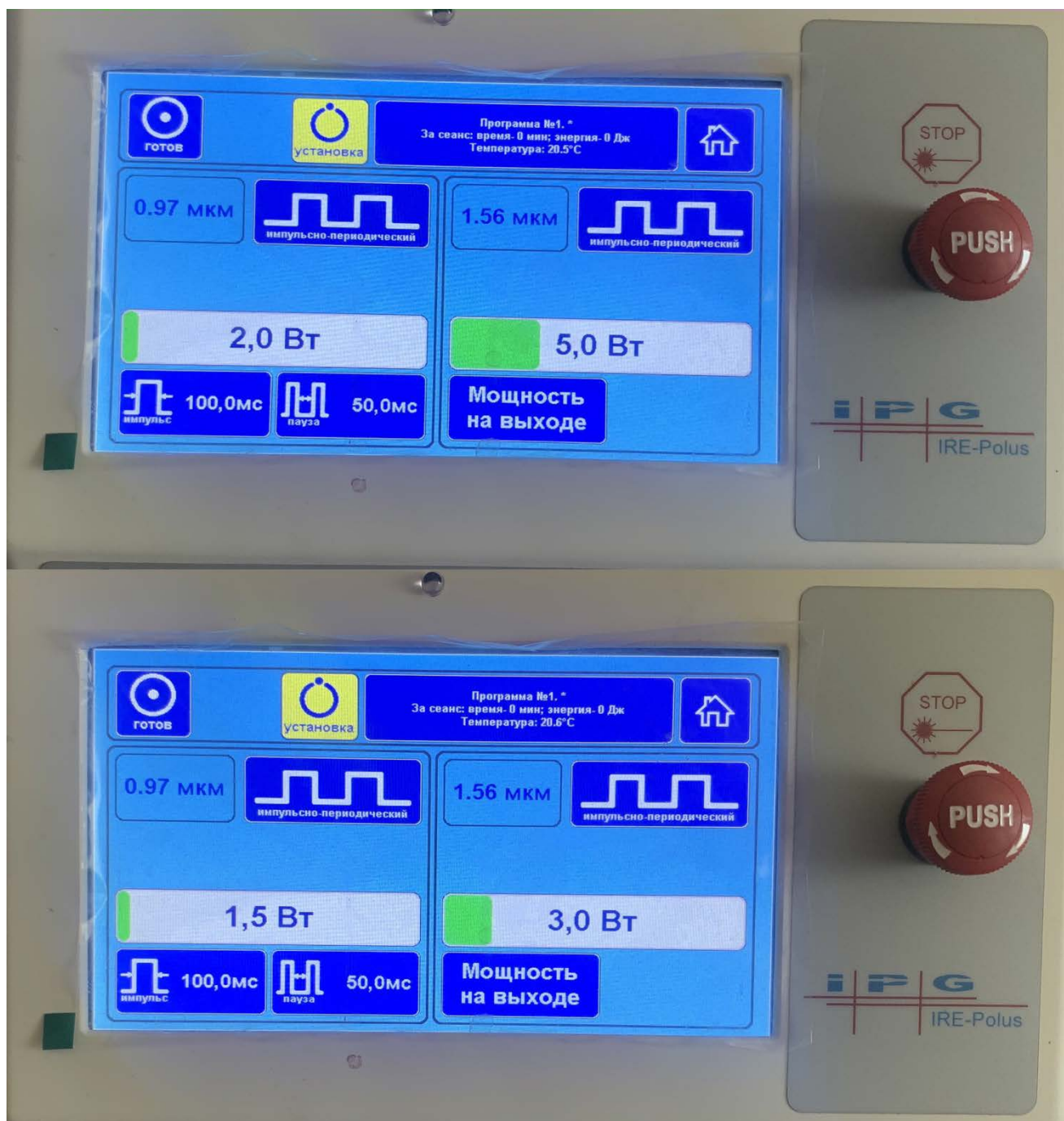


Рисунок 1. Режимы работы лазера

Гистологическое исследование было проведено стандартным способом. Фрагменты костной ткани получены в области фасеточного сустава позвоночника. Материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, декальцинировали и заливали в парафин по рутинным методикам. Гистологические срезы толщиной 5 мкм окрашивали гематоксилин-эозином.

В **клиническую часть** проспективного исследования вошли 26 пациентов в возрасте от 43 до 72 лет, которым было выполнено оперативное лечение в период с апреля по июнь 2020 года. Всем пациентам была выполнена лазерная остеоперфорация медиальных суставных отростков фасеточных суставов в режимах работы лазерного оборудования, полученных в ходе эксперимента. У всех пациентов, включенных в исследование,

был диагностирован спондилоартроз поясничного отдела позвоночника на различных уровнях. Критериями включения в исследование были:

- возраст пациента от 18 до 85 лет
- возможность наблюдения во время всего срока лечения (12 месяцев)
- диагностированный спондилоартроз поясничного отдела позвоночника.

Критериями невключения пациентов в исследования были:

- наличие дегенеративных изменений межпозвоночного диска, центрального канала позвоночно-двигательного сегмента
- отказ пациента от оперативного лечения
- наличие противопоказаний к оперативному лечению
- неготовность пациента к послеоперационному длительному наблюдению.

Нами была разработана методика выполнения лазерной остеоперфорации дугоотростчатых суставов. В условиях

операционной при положении пациента лежа на животе после трехкратной обработки операционного поля растворами антисептиков под контролем электронно-оптического преобразователя (С-дуга) проводят инъекционные иглы через кожу и подкожно-жировую клетчатку до соответствующих медиальных суставных отростков дугоотростчатых суставов билатерально (Рисунок 2). Для выполнения лазерной остеоперфорации необходимо использование инъекционных игл 14G диаметром 2,1 мм. и длиной 80 мм., что обусловлено диаметром световода. Инъекционные иглы могут быть проведены на всех необходимых уровнях и их введение можно выполнять в любом порядке. Иглы необходимо проводить под прямым углом к суставной щели дугоотростчатого сустава, которая визуализируется с помощью электронно-оптического преобразователя. Инъекционные иглы служат направляющими для последующего введения через них световода.



Рисунок 2. Билатеральное введение направляющих инъекционных игл

Затем выполняется местная анестезия через предварительно проведенные иглы, раствором Бупивакаина 0,25% в объеме 5 мл на позвоночно-двигательный сегмент. Далее в любом порядке в установленные направляющие инъекционные иглы последовательно вводят лазерный световод диаметром 400 мкм, подключенный к двухволновому лазерному аппарату до соприкосновения с медиальным суставным отростком

(Рисунок 3). Дополнительно с помощью электронно-оптического преобразователя проводят рентген-контроль в прямой и боковой проекциях положения направляющих игл, чтобы убедиться в удовлетворительном положении инъекционных игл. После выполнения лазерной остеоперфорации медиального суставного отростка последовательно с двух сторон в направлении латерального суставного от-

ростка, при которой происходит лазерная абляция суставной капсулы с денервацией. При этом остеоперфорацию выполняют в импульсно-периодический режим работы лазера двумя длинами волн в одном луче с параметрами: 2,0 Вт, 0,97 мкм и 5,0 Вт; 1,56 мкм при длительности импульса 100,0 мс и длительности паузы 50,0 мс. Длительность остеоперфорации составляет в среднем 5-10 секунд на каждый дугоотростчатый сустав. Остеоперфорацию прекращают, дойдя до суставной поверхности латерального суставного отростка. После выполнения остеоперфорации на необходимых уровнях световод и инъекционные иглы удаляют и накладывают асептическую повязку. Через сутки после операции выполняется перевязка растворами антисептиков.



Рисунок 3. Введение световода для выполнения лазерной остеоперфорации

Клинико-функциональные результаты оценивались при помощи ODI (Oswestry Disability Index) и ВАШ (визуальная аналоговая шкала боли в спине): перед операцией, через 3, 6, 12 месяцев после оперативного лечения. Также, всем пациентам выполнялись МРТ, КТ и рентгенография до оперативного лечения, а также контрольное КТ исследование на следующие сутки и через 12 месяцев после оперативного лечения. Согласно данным КТ исследования диагностировался артродез фасеточных суставов исходя из наличия костного блока.

Результаты лечения всех пациентов были проанализированы, никто не выбыл из исследования. Для статистического

анализа результатов использовалась программа Statistica 10,0 для Windows (StatSoft Inc., США). Количественные переменные были описаны с использованием стандартных методов вариационной статистики, для которых среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (δ). Средние значения представлены как $M \pm \delta$. Качественные переменные были описаны как абсолютные и относительные отношения частоты. Различия считались достоверными при $p < 0,05$. Для оценки результатов использовались методы статистического анализа: t -критерий Стьюдента. Было получено одобрение комитета по этике на проведение как экспериментальной, так и клинической части исследования № 04-20 от 11.03.2020. Исследование было выполнено в соответствии с этическими нормами. Все пациенты, принявшие участие в исследовании дали свое информированное согласие до их включения в исследование.

Результаты

Результаты экспериментальной части исследования оценивались с помощью гистологического исследования. Режим воздействия лазера 1: имеется дефект хрящевого покрытия костной ткани. В костной ткани определяется дефект округлой формы с формированием полости. По периферии имеется костный детрит (черная стрелка). В прилегающих трабекулярных пространствах костный мозг имеет выраженные дистрофические изменения и фокусы некроза (белая стрелка) (Рисунок 4).

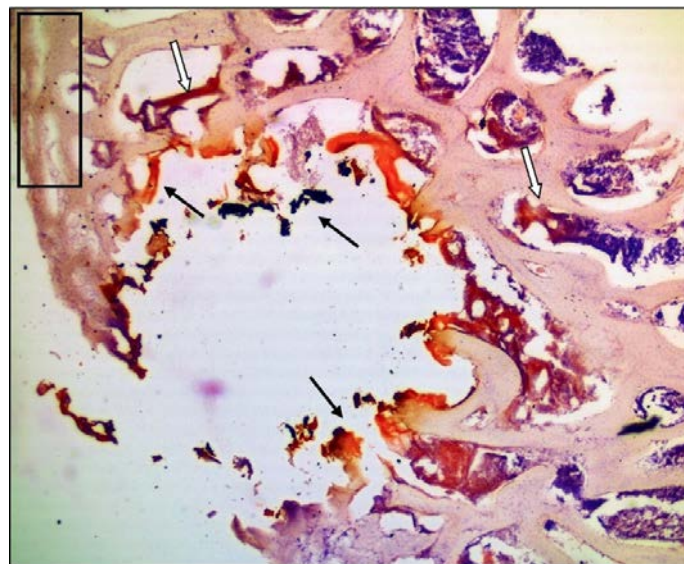


Рисунок 4. Режим 1. Полость костной ткани с некрозом по периферии и в межбалочном пространстве. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 150$.

Режим воздействия лазера 2: хрящ с сохранной структурой и большим количеством хондроцитов в виде столбиков и в лакунах (прямоугольник в верхнем правом углу) (Рисунок 5).

В костной ткани видна полость, выстланная ярко розовыми массами (белые стрелки), указывающими на отек костных балок. Выявляется костный детрит (черные стрелки). Костный мозг в межбалочных пространствах частично некротизирован (черный ромбик).

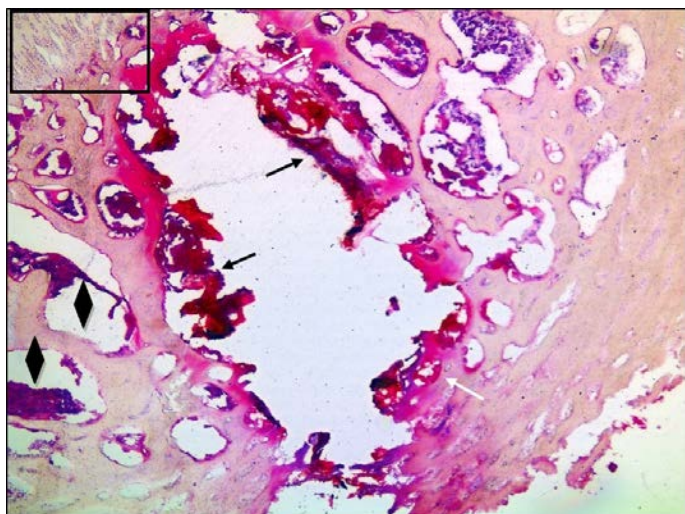


Рисунок 5. Режим 2. Отек и некроз костной ткани с формированием полости. Окр. гематоксилином и эозином. x150.

Воздействия лазера в режиме 1 характеризуется разрушением хряща и формированием большого дефекта костной ткани. Однако, учитывая цель проведения лазерной остеоперфорации для лечения болевого синдрома при спондилоартрозе, можно сделать вывод, что именно этот режим приведет к ремиссии. Она может быть достигнута в результате последующего замещения разрушенного хряща фиброзной тканью и улучшения кровоснабжения оперированного сегмента.

Результаты клинической части исследования. Были проанализированы результаты оперативного лечения у 26 пациентов, включенных в исследование. Средний период наблюдения за пациентами составил $13,1 \pm 0,8$ месяца, а средний возраст – $57,8 \pm 14,5$ лет. Из 26 пациентов 14 (53,8%) были женщины, 12 пациентов (46,2%) мужчины. Всем пациентам была выполнена лазерная остеоперфорация медиального отростка фасеточного сустава на двух уровнях, согласно данным предоперационного обследования. У 8 (30,8%) из них был диагностирован спондилоартроз на уровнях L2-L3, L3-L4; у 9 (34,6%) пациентов

был диагностирован спондилоартроз на уровнях L3-L4, L4-L5; еще у 9 (34,6%) – L2-L3, L4-L5. Через год после проведения оперативного лечения у 26 (100%) пациентов был диагностирован сформированный артродез дугоотростчатых суставов на уровнях оперативного вмешательства согласно данным КТ исследования. (Рисунок 6).



Рисунок 6. КТ-исследование через год после оперативного лечения

Клинические результаты показали улучшение качества жизни пациентов, а также регресс вертеброгенной болевой симптоматики. Показатели ВАШ для боли в спине составили $62,9 \pm 8,5$ мм до операции и значительно улучшились через 3 месяца после оперативного лечения ($22,3 \pm 6,2$ мм). Через 6 месяцев после оперативного лечения показатель ВАШ остался примерно на этом же уровне и составил $20,1 \pm 5,8$ мм. Через год показатель визуально-аналоговой шкалы для боли в спине поднялся до $36,7 \pm 6,7$ мм. Что касается оценки качества жизни пациентов по ODI, то он достоверно улучшился через 3 месяца после оперативного лечения и составил $24,1 \pm 6,1$ по сравнению с результатом $61,5 \pm 5,9$ до оперативного лечения. Через 6 и 12 месяцев после выполнения оперативного лечения показатели ODI составили $22,7 \pm 7,2$ и $32,4 \pm 6,8$ соответственно. Подробнее с полученными результатами выполненной лазерной остеоперфорации можно ознакомиться в таблице 1.

Таблица 1.

Клинико-функциональные результаты исследования

Количество пациентов	Средний возраст	ВАШ для боли в спине (в мм)				Oswestry Disability Index			
		до операции	3 месяца	6 месяцев	12 месяцев	до операции	3 месяца	6 месяцев	12 месяцев
26	$57,8 \pm 14,5$	62,9	22,3	20,1	36,7	61,5	24,1	22,7	32,4

Обсуждение

Лечение фасеточного синдрома позвоночника должно включать междисциплинарный подход. Основными тенденциями в лечении являются консервативные, хирургические и минимально инвазивные методы лечения. Неоперативным лечением является прием НПВС во время острой фазы заболевания, а также использование корсета при выраженных нагрузках на пояснично-крестцовый отдел позвоночника [13; 14]. Еще одним вариантом лечения фасет-синдрома может быть введение собственной плазмы пациента, обогащенной тромбоцитами [15]. Также эффективными методиками можно считать снижение веса пациента и применение физиотерапевтического лечения. К минимально инвазивным методикам, применяемым в клинической практике, можно отнести лечебные блокады и инъекции в дугоотростчатые суставы и выполнение радиочастотной денервации [16; 17; 18]. Однако, вышеперечисленные методы не выполняют остеоперфорацию и не формируют артродеза фасеточных суставов, ограничиваясь временным снижением болевого синдрома.

Показаниями к хирургическому лечению артроза дугоотростчатых суставов являются невосприимчивость к консервативному лечению и выраженные дегенеративные изменения сустава, регистрируемые с помощью вспомогательных методов исследования (КТ- и МР-исследования). В основном, используют применение фасетэктомии с последующим формированием спондилодеза позвоночно-двигательного сегмента [8; 9; 10; 19].

Также известен способ хирургического лечения спондилоартроза с использованием системы фасеточной стабилизации FACETWEDGE которая предназначена для фиксации позвоночника в качестве вспомогательной меры стабилизации при корпородезе через иммобилизацию фасеточных суставов (с использованием и без использования костного трансплантата) на одном или двух уровнях от L1 до S1 [20]. Ее можно устанавливать минимально-инвазивным способом и следует использовать только как дополнение к другим методикам стабилизации ПДС. При этом выполняется заднелатеральный доступ к фасеточному суставу, суставные поверхности подготавливаются для замещения, имплант вводится внутрисуставно в сочетании с аутокостью или различными заменителями кости. Имплант фиксируется к суставным отросткам винтами. Однако, данная методика имеет ряд недостатков [21]: предполагает использование ортопедических имплантов, необходимость выполнения дополнительной стабилизации ПДС с контрлатеральной стороны, повышенный риск развития послеоперационных осложнений, связанных как с возможными инфекционными осложнениями, так и с несостоятельностью металлоконструкции, высокая травматичность, связанная с оперативным доступом

В целом, методика выполнения лазерной остеоперфорации фасеточных суставов показала хорошие клинические результаты, однако целесообразно продолжить работу в данном направлении для получения отдаленных результатов оперативного лечения.

Заключение

Выполнение лазерной остеоперфорации дугоотростчатых суставов по нашей методике позволяет повысить эффективность хирургического вмешательства по сравнению с имеющимися методиками хирургического лечения спондилоартроза путем уменьшения травматичности и длительности операции, а также достичь регресса вертеброгенной болевой симптоматики.

Список литературы / References:

1. Buchbinder R, vanTulder M, Öberg B, Costa LM, Woolf A, Schoene M, Croft P; Lancet Low Back Pain Series Working Group. Low back pain: a call for action. *Lancet*. 2018 Jun 9;391(10137):2384-2388. doi: 10.1016/S0140-6736(18)30488-4. Epub 2018 Mar 21. PMID: 29573871
2. Gellhorn A.C., Katz J.N., Suri P. Osteoarthritis of the spine: the facet joints // *Nat. Rev. Rheumatol*. 2013. Vol. 9. № 4. P. 216-224.
3. Lingutla K.K., Pollock R., Ahuja S. Sacroiliac joint fusion for low back pain: a systematic review and meta-analysis // *Eur. Spine J*. 2016. Vol. 25. № 6. P. 1924-1931.
4. Goode A.P., Carey T.S., Jordan J.M. Low back pain and lumbar spine osteoarthritis: how are they related? // *Curr. Rheumatol. Rep*. 2013. Vol. 15. № 2. ID 305.
5. Campos WK, Linhares MN, Sarda J, et al. Predictors of Pain Recurrence After Lumbar Facet Joint Injections. *Front Neuro sci*. 2019;13:958. Published 2019 Sep 20. doi:10.3389/fnins.2019.00958
6. Wu J, Du Z, Lv Y, Zhang J, Xiong W, Wang R, et al. A new technique for the treatment of lumbar facet joint syndrome using intra-articular injection with autologous platelet rich plasma. *Pain Physician*. 19:617–25.
7. Eubanks J. D., Le eM. J., Cassinelli E., Ahn N. U. (2007). Prevalence of lumbar facet arthrosis and its relationship to age, sex, and race: an anatomic study of cadaveric specimens. *Spine* 32 2058–2062. 10.1097/brs.0b013e318145a3a9
8. Mann SJ, Viswanath O, Singh P. Lumbar Facet Arthropathy [Updated 2020 Jan 20]. In: *Stat Pearls* [Internet]. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing; 2020
9. Jan Zeng ZL, Zhu R, Wu YC, et al. Effect of Graded Facetectomy on Lumbar Biomechanics. *J Healthc Eng*. 2017;2017:7981513. doi:10.1155/2017/7981513
10. Snyder, L. A., Lehrman, J. N., Menon, R., Godzik, J., Newcomb, A. S., & Kelly, B. P. (2019). Biomechanical implications of unilateral facetectomy, unilateral facetectomy plus partial contralateral facetectomy, and complete bilateral facetectomy in minimally invasive transforaminal interbody fusion, *Journal of Neurosurgery: Spine* SPI, 31(3), 447-452.
11. Басков А.В., Шехтер А.Б., Соболев Э.Н., Воробьева Н.Н. и др. // *Лазерная медицина*. 2002. 6(2):18-23.
12. Сандлер Б.И., Суляндзига Л.Н., Чудновский В.М., Юсупов В.И. и др. Перспективы лечения дискогенных компрессионных форм пояснично-крестцовых радикулитов с помощью пункционных неэндоскопических лазерных операций. - Владивосток: Дальнаука, 2004.
13. Nelson AM, Nagpal G. Interventional Approaches to Low Back Pain. *ClinSpine Surg*. 2018 Jun;31(5):188-196

14. Kulis A, Misiorek A, Marchewka J, Głodzik J, Teległów A, Dąbrowski Z, Marchewka A. Effect of whole-body cryotherapy on the rheological parameters of blood in older women with spondyloarthritis. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2017;66(3):187-195. doi: 10.3233/CH-160230. PMID: 28482621

15. Wu J, Du Z, Lv Y, Zhang J, Xiong W, Wang R, Liu R, Zhang G, Liu Q. A New Technique for the Treatment of Lumbar Facet Joint Syndrome Using Intra-articular Injection with Autologous Platelet Rich Plasma. *Pain Physician.* 2016 Nov-Dec;19(8):617-625. PMID: 27906940.

16. Manchikanti L, Hirsch JA, Falco FJ, Boswell MV. Management of lumbar zygapophysial (facet) joint pain. *World J Orthop.* 2016 May 18;7(5):315-37.

17. Cohen SP, Huang JH, Brummett C. Facet joint pain--advances in patient selection and treatment. *NatRevRheumatol.* 2013 Feb;9(2):101-16

18. Kwak DG, Kwak SG, Lee AY, Chang MC. Outcome of intra-articular lumbar facet joint corticosteroid injection according to the severity of facet joint arthritis. *Exp Ther Med.* 2019 Nov;18(5):4132-4136. doi: 10.3892/etm.2019.8031. Epub 2019 Sep 20. PMID: 31616521; PMCID: PMC6781832.

19. Ahuja S, Moideen AN, Dudhniwala AG, Karatsis E, Papadakis L, Varitis E. Lumbar stability following graded unilateral and bilateral facetectomy: A finite element model study. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2020 May;75:105011. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2020.105011. Epub 2020 Apr 19. PMID: 32335473.

20. Hartensuer R, Riesenbeck O, Schulze M, Gehweiler D, Raschke MJ, Pavlov PW, Vordemvenne T. Biomechanical evaluation of the Facet Wedge: a refined technique for facet fixation. *Eur Spine J.* 2014 Nov;23(11):2321-9. doi: 10.1007/s00586-014-3533-2. Epub 2014 Aug 26. PMID: 25155837.

21. Mehren C, Sauer D, Würtinger C, Korge A. Facet Wedge: eine minimalinvasive Technik zur dorsalen segmentalen intraartikulären Fusion [The Facet Wedge: a minimally invasive technique for posterior segmental intra-articular fusion]. *OperOrthopTraumatol.* 2020 Jun;32(3):209-218. German. doi: 10.1007/s00064-020-00659-7. Epub 2020 Mar 16. PMID: 32179944.

Информация об авторах:

Алексей Владимирович Лычагин – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Концепция исследования, научное руководство, редакция публикации. e-mail: lychagin_a_v@staff.sechenov.ru.

Вадим Геннадьевич Черепанов – доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Концепция исследования, научное руководство, редакция публикации. e-mail: cvg_cherepanov@mail.ru.

Евгений Борисович Калинин – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава Рос-

сии (Сеченовский Университет). Сбор и анализ материала. e-mail: eugene_kalinsky@mail.ru.

Стефка Господиновна Раденска-Лоповок – доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической анатомии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Анализ материала, редакция публикации. e-mail: radenska-lopovok_s_g@staff.sechenov.ru.

Марина Михайловна Липина – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Сбор и анализ материала, статистическая обработка, редакция публикации. e-mail: lipina_m_m@staff.sechenov.ru.

Павел Игоревич Петров – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Сбор материала. e-mail: drpavelpetrov@gmail.com.

Леонид Алексеевич Якимов – доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Сбор материала. e-mail: dr.yakimov@gmail.com

Евгения Юрьевна Целищева – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Анализ материала, статистическая обработка. e-mail: ts.jane@bk.ru.

Юлия Романовна Гончарук – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Сбор и анализ материала. e-mail: goncharuk_yu_r@staff.sechenov.ru.

Давид Артурович Погосян – ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). e-mail: David.pogos.41@gmail.com.

Иван Антонович Вязанкин – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Адрес для переписки – 119991, Москва, улица Трубецкая, д.8, стр. 2, контактный телефон – +7-916-377-04-57. Сбор и анализ материала, литературный поиск. e-mail: vzvzvzvan@mail.ru.

Автор, ответственный за переписку: Иван Антонович Вязанкин, e-mail: vzvzvzvan@mail.ru

Information about authors:

Alexey V. Lychagin – MD, professor, Head of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: lychagin_a_v@staff.sechenov.ru.

Vadim G. Cherepanov – MD, professor of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First

Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: cvg_cherepanov@mail.ru.

Eugene B. Kalinsky – PhD, Associate professor of the Department traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia.: E-mail: eugene_kalinsky@mail.ru.

Stefka G. Radenska-Lovopok – MD, professor of the Department of Pathological Anatomy, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: radenska-lopovok_s_g@staff.sechenov.ru.

Marina M. Lipina – PhD, Associate Professor of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: lipina_m_m@staff.sechenov.ru.

Pavel I. Petrov – PhD, Assistant Professor of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: drpavelpetrov@gmail.com.

Leonid A. Yakimov - MD, professor of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: dr.yakimov@gmail.com

Eugeniya Yu. Tselisheva - PhD, Associya prof. of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: ts.jane@bk.ru.

Yuliya R. Goncharuk - Assistant Professor of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: goncharuk_yu_r@staff.sechenov.ru.

David A. Pogosyan - Assistant Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991, Moscow, Russia. E-mail: David.pogos.41@gmail.com.

Ivan A. Vyazankin - Assistant Professor of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: vzvzvvan@mail.ru.

Corresponding author: Vyazankin Ivan Antonovich, E-mail: vzvzvvan@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-37-44>

УДК 617.3

© А.В.Лычагин, А.А.Грицюк, А.З.Арсомаков, 2022

Оригинальная статья / Original article



ЛЕЧЕНИЕ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАНЕНИЙ ГОЛЕНИ: РЕЗУЛЬТАТЫ ОДНОЭТАПНОГО ЗАКРЫТИЯ РАНЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

А.В. ЛЫЧАГИН¹, А.А. ГРИЦЮК¹, А.З. АРСОМАКОВ²

¹ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ингушский государственный университет", 386001, г. Магас, Республика Ингушетия, Россия

Резюме

Работа посвящена изучению средне отдалённых результатов лечения огнестрельных переломов костей голени в сочетании с обширной раной мягких тканей путем отсроченного одноэтапного закрытия раны и последовательного интрамедуллярного остеосинтеза.

Материалы и методы исследования. Проведено ретроспективное и проспективное исследования, две группы по 8 пациентов, у которых имело место огнестрельное ранение с обширной раной и перелом обеих костей голени (IIA и IIIB Gustilo-Anderson, 1984). Все пациенты были мужского пола, работоспособного возраста от 27 до 47 лет (средний возраст 36,1±6,6), средний ИМТ 26,0±1,4 кг/м², средний срок наблюдения после окончания лечения составил 3,3±1,0 лет. При ретроспективном исследовании анализировали результаты двухэтапной тактики закрытия раны и последующего интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости, в проспективном исследовании - результаты одноэтапной тактики. Оценивали количество осложнений, сроки сращения перелома и функциональный результат.

Результаты. При лечении пациентов обеих групп осложнений не выявлено. Средний срок сращения переломов I группы составил 9,4±1,5 месяца, во II группе 8,5±1,2 месяца, что на 9,6% меньше (p=0,219). Функциональные результаты были выше у пациентов второй группы (4,1±0,8 балла), чем в первой (3,6±1,2 балла) на 12,2% (p=0,348).

Вывод. Одноэтапное замещение огнестрельных дефектов мягких тканей голени и интрамедуллярный остеосинтез большеберцовой кости создают благоприятные условия для сращения перелома, уменьшения сроков лечения, восстановления опороспособности и возвращения раненого к трудовой деятельности.

Ключевые слова: огнестрельные ранения голени, закрытие раны мягких тканей голени, последовательный остеосинтез огнестрельных переломов

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Для цитирования: Лычагин А.В., Грицюк А.А., Арсомаков А.З., ЛЕЧЕНИЕ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАНЕНИЙ ГОЛЕНИ: РЕЗУЛЬТАТЫ ОДНОЭТАПНОГО ЗАКРЫТИЯ РАНЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. № 4(50). С. 37-44 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-37-44>

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

TREATMENT OF GUNSHOT FRACTURES OF THE TIBIA: RESULTS OF ONE-STAGE WOUND CLOSURE AND SEQUENTIAL OSTEOSYNTHESIS

ALEXEY V. LYCHAGIN¹, ANDREY A. GRITSYUK¹, ADAM Z. ARSOMAKOV²

¹ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russia (Sechenov University) 8 bld. 2 Trubetskayast., 119991 Moscow, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ingush State University", 386001 Magas, Republic of Ingushetia Russian Federation

Abstract

The work is devoted to the study of medium-term results of treatment of gunshot fractures of the tibia in combination with an extensive soft tissue wound by delayed one-stage wound closure and sequential intramedullary osteosynthesis.

Materials and methods. A retrospective and prospective study was conducted, two groups of 8 patients each, who had a gunshot wound with an extensive wound and a fracture of both bones of the lower leg (IIIA and IIIB Gustilo-Anderson, 1984). All patients were male, of working age from 27 to 47 years

(mean age 36.1±6.6), mean BMI 26.0±1.4 kg/m², mean follow-up after treatment was 3.3±1.0 years. In a retrospective study, the results of a two-stage approach to wound closure and subsequent intramedullary osteosynthesis of the tibia were analyzed; in a prospective study, the results of a one-stage approach were analyzed. The number of complications, the timing of fracture healing, and the functional outcome were assessed.

Results There were no complications in the treatment of patients of both groups. The average period of fracture union in group I was 9.4±1.5 months, in group II 8.5±1.2 months, which is 9.6% less (p=0.219). Functional results were higher in patients of the second group (4.1±0.8 points) than in the first (3.6±1.2 points) by 12.2% (p=0.348).

Conclusion. One-stage replacement of gunshot defects of the soft tissues of the lower leg and intramedullary osteosynthesis of the tibia create favorable conditions for the healing of the fracture, reducing the duration of treatment, restoring weight-bearing capacity and returning the wounded to work.

Key words: gunshot fractures of the tibia, closure of the soft tissue wound of the lower leg, sequential osteosynthesis of gunshot fractures

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Lychagin A.V., Gritsyuk A.A., Arsamakov A.Z., TREATMENT OF GUNSHOT FRACTURES OF THE TIBIA: RESULTS OF ONE-STAGE WOUND CLOSURE AND SEQUENTIAL OSTEOSYNTHESIS. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. № 4. pp. 37-44 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-37-44>

Введение

Огнестрельные ранения представляют проблему оказания первичной медицинской и хирургической помощи, которая на первом этапе связана с проблемой спасения жизни и доставки пациента в травматологические центры соответствующего уровня. Наряду с различными по характеру переломами хирург имеет дело с наличием обширной раны или дефектом мягких тканей, которые препятствуют восстановлению функции конечности. Третьей проблемой является снижение общих и местных регенераторных способностей организма и поврежденных тканей. Эти проблемы в целом отличают огнестрельные переломы от тяжелых скелетных повреждений сегментов конечностей и некоторые из них являются компетенцией регенеративной медицины [1-3].

Однако уже давно известно, что сращение перелома зависит не только от энергии ранящего снаряда, но от баллистики и материала ранящего снаряда [4]. Огнестрельные ранения голени являются проблемой травматологии не только по частоте ранений, анатомическое строение с неравномерным мышечным слоем создает трудности реконструкции поврежденных структур и полноценности функционального восстановления сегмента [5-7].

Основой современной системы лечения огнестрельных переломов конечностей являются сберегающая первичная хирургическая обработка (дебридмент), ранняя внеочаговая фиксация перелома и вакуумное дренирование раны [8, 9, 10]. Данная система последние десять лет показывает неизменно хорошие результаты, все более тяжелые раны конечностей эффективно восстанавливаются. Значительную роль в этом играет тактика последовательного остеосинтеза, то есть переход от внеочагового к погружному остеосинтезу [11-14].

Реконструктивные возможности различных методов закрытия раны и восстановления покровных тканей на сегодняшний день хорошо известны [15]. Однако сочетание методов пластики покровных тканей и восстановления костных структур

не всегда приводят к эффективному сращению костей, или инфекционным осложнениям в области раны [16, 17].

Золотым стандартом в удлинении костей и замещении циркулярных дефектов костей конечностей является метод дистракционного остеогенеза Г. А. Илизарова. Однако при наличии мягкотканого дефекта данной области применение его затрудняется [18-19], что ставит вопрос о целесообразности реконструкции сегмента конечности [20-22].

Таким образом на сегодняшний день тактика лечения огнестрельного перелома костей голени в сочетании с дефектом мягких тканей (или обширной раной) заключается в последовательном решении вопроса о закрытии раны в условиях внеочаговой фиксации, затем в переходе от внеочагового к погружному остеосинтезу. Мы предположили, что перед закрытием раны любым методом реконструкции, мы имеем эрадикацию инфекции в ране и выполнение одномоментного интрамедуллярного остеосинтеза не будет препятствовать ее заживлению, а сращение перелома будет проходить в оптимальные сроки, проверке данной гипотезы посвящена данная работа.

Материалы и методы

Проведено ретроспективное исследование, одобренное этическим комитетом, отобрано 8 пациентов, которые закончили лечение по поводу огнестрельных ранений голени и у которых имело место сочетание обширной раны кожи и мягких тканей и переломы обеих костей голени. На момент реконструкции пациенты мужского пола были по возрасту от 27 до 47 лет (средний возраст 36,1±6,6), средний ИМТ 26,0±1,4 кг/м², средний срок наблюдения после окончания лечения составил 3,3±1,0 лет. Огнестрельные ранения голени были получены во время боевых действий, имели множественный взрывной осколочный характер и у 3-х раненных сочетанные повреждения.

Ранения мягких тканей и переломы костей голени имели градацию III A и III B (R.B. Gustilo and J. Anderson (G-A),

1984 [5]), кожно-мышечные раны (дефекты мягких тканей) процирировались в области перелома кости и по площади в среднем составили $126,9 \pm 32,4 \text{ см}^2$ (от 80 см^2 до 168 см^2). Необходимо отметить, что всем пациентам в первые 48 часов после ранения была выполнена ПХО раны с обильным промыванием и внеочаговая фиксация перелома АВФ. Раны лечились консервативно и в среднем через $17,8 \pm 4,9$ суток выполнена повторная хирургическая обработка раны и ее закрытие.

В дальнейшем у всех пациентов раны зажили и в среднем на $41,5 \pm 9,4$ суток выполнен последовательный остеосинтез – закрытый интрамедуллярный блокируемый остеосинтез штифтом.

Результаты лечения оценивали по наличию осложнений (нагноение, замедленная консолидация или ложный сустав, остаточное укорочение голени более 2 см – «один или 1 балл»), срокам окончания лечения и функциональным нарушениям (контрактуры): «отлично или 5 баллов» - полный объем движений, «хорошо или 4 балла» - незначительные ограничения, «удовлетворительно или 3 балла» - умеренные ограничения, и «неудовлетворительно или 2 балла» - значительные ограничения движений в обоих или одном из смежных суставов голени.

Для проверки статистической значимости полученных данных использовали двусторонний t-критерий Стьюдента, на основании которого находили р-значение в программе IBM SPSS Statistics 22. При $p > 0,05$ различия считали статистически незначимыми.

Клинический пример иллюстрирует методику ретроспективного исследования: Пациент В, 45 лет, получил множественное огнестрельное осколочное ранение нижних конечностей, огнестрельный оскольчатый перелом обеих костей левой голени (G-A IIIA) (Рисунок 1).



Рисунок 1 - Раненый В, 45 лет, осколочное ранение левой голени: а - входное отверстие раны, б и в - рентгенограммы левой голени, огнестрельный оскольчатый перелом обеих костей в нижней трети.

Раненому была выполнена ПХО раны с обильным промыванием и внеочаговая фиксация перелома костей голени стержневым аппаратом. В дальнейшем рана лечилась консервативно, перевязки в водорастворимыми мазями через день.

На 30-е сутки после ранения (Рисунок 2) принято решение рану закрыть ротационным лоскутом (Рисунок 3) и выполнить остеосинтез аппаратом Илизарова (с последующим удлинением костей голени, так как имело место укорочение левой нижней конечности на 5 см).



Рисунок 2 - Раненый В, 45 лет: а - вид раны голени через месяц после ранения, б - рентгенограммы левой голени, огнестрельный оскольчатый перелом обеих костей после ПХО с удалением костных отломков.



Рисунок 3 - Раненый В, 45 лет, этапы повторной ХО и закрытие раны перемещенным дольчатым лоскутом: а - дебридмент раны, б - формирование лоскута, в - перемещение дольчатого лоскута левой голени.

Рана зажила первичным натяжением, после чего удалось выполнить аппаратную репозицию перелома большеберцовой кости, сопоставить отломки, за счет чего удалось выровнять длину конечности (Рисунок 4).

Учитывая заживление раны и хорошее стояние отломков большеберцовой кости, отсутствие необходимости удлинения голени, на 45-е сутки выполнен последовательный остеосинтез большеберцовой кости блокируемым интрамедуллярным штифтом с рассверливанием канала (Рисунок 5). Операция сопровождалась ожидаемыми техническими трудностями (75 суток с момента ранения) при прохождении линии перелома и введении штифта произошёл краевой перелом дистального отломка (Рисунок 5), что в дальнейшем не повлияло на сращение перелома и восстановление функции конечности.

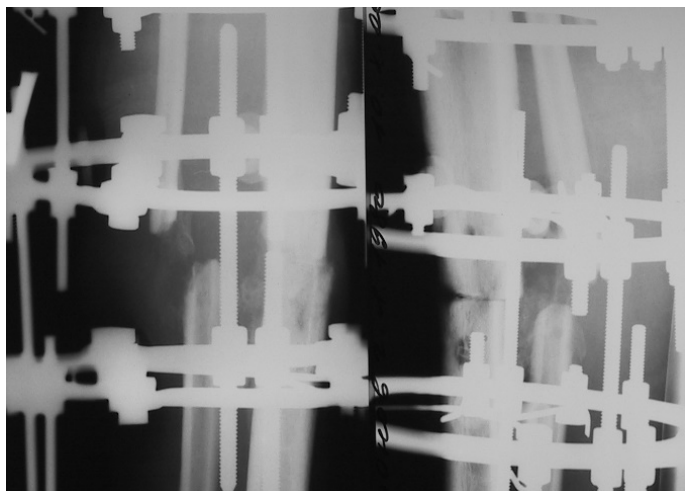


Рисунок 4 - Раненый В, 45 лет, рентгенограммы левой голени после фиксации аппаратом внешней фиксации.



Рисунок 5 - Раненый В, 45 лет, последовательный остеосинтез, рентгенограммы левой голени после фиксации интрамедуллярным штифтом.

Перелом костей голени сросся через 11 месяцев после ранения, через год после этого удалена металлоконструкция и проведен курс реабилитационного лечения, опороспособность и длина конечности восстановлены, сохраняется контрактура голеностопного сустава с незначительным нарушением функции конечности (Рисунок 6) оценка функционального результата лечения 4 балла.

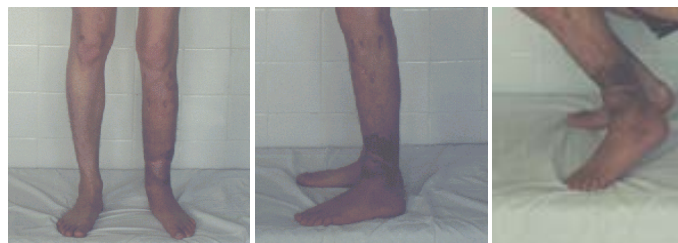


Рисунок 6 - Раненый В, 45 лет, функциональный результат лечения (23 месяца после ранения).

Перелом сросся без образования выраженной периостальной костной мозоли, отмечаются остеопороз и признаки остеоартроза голеностопного сустава (Рисунок 7).



Рисунок 7 - Раненый В, 45 лет, рентгенограммы после удаления металлоконструкций.

Результаты

Опираясь на результаты ретроспективного исследования, мы провели проспективное исследование у 8 раненых в голень II группа. Ранения получены осколками высокоэнергетических снарядов, переломы соответствовали тяжести повреждения ШВ классификации G-A (1984), гендерные показатели, площадь раны мягких тканей и сроки от момента ранения до реконструктивной операции приведены в Таблице 1.

Различия между группами по тактике лечения были в том, что у пациентов II группы одновременно выполняли закрытие раны и остеосинтез блокированными интрамедуллярными стержнями.

Приводим клинический пример: Раненый Б, 36 лет, получил множественное осколочное ранение правой нижней конечности, огнестрельный оскольчатый перелом обеих костей голени, обширные раны (ШВ G-A, 1984), Рисунок 8.

Таблица 1

Сравнение гендерных показателей между группами

Показатель	Групповые статистики				
	Группа	N	Среднее	Стд. отклонение	p*
Возраст (лет)	I	8	36,1	6,6	0,626
	II	8	38,0	8,3	
ИМТ (кг/м ²)	I	8	26,0	1,4	0,342
	II	8	27,1	2,6	
Площадь (см ²)	I	8	126,9	32,4	0,143
	II	8	152,6	33,9	
Срок от ранения до операции (сутки)	I	8	17,8	4,9	0,215
	II	8	15,0	3,5	

* - t-критерий равенства средних; p<0,05



а

б

Рисунок 8 - Раненый Б, 36 лет, множественное осколочное ранение правой нижней конечности: а - вид раненого, б - рентгенограммы правой голени.

При поступлении выполнены ПХО раны с экономным иссечением некротических тканей, обильное промывание и стабилизация перелома стержневым аппаратом (Рисунок 9).



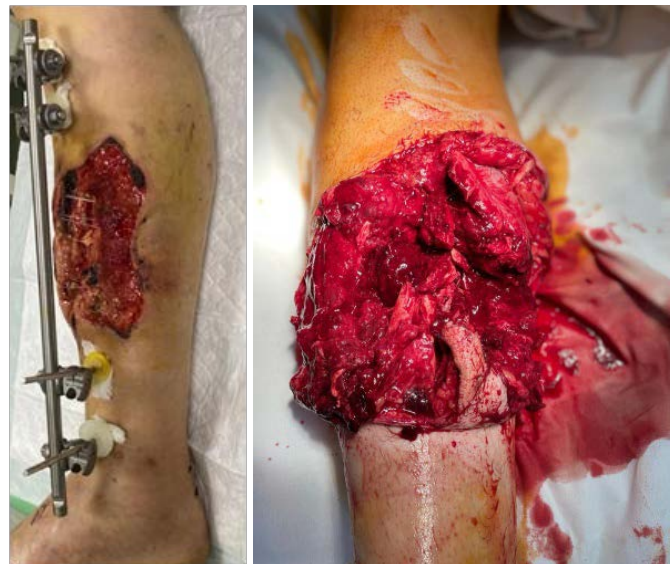
а

б

в

Рисунок 9 - Раненый Б, 36 лет, вид ран правой голени после ПХО: а - входное отверстие, б - выходное отверстие, в - стабилизация стержневым аппаратом.

В дальнейшем проводились перевязки и этапные повторные хирургические обработки, частичные некрэктомии, до очищения раны. (Рисунок 10).

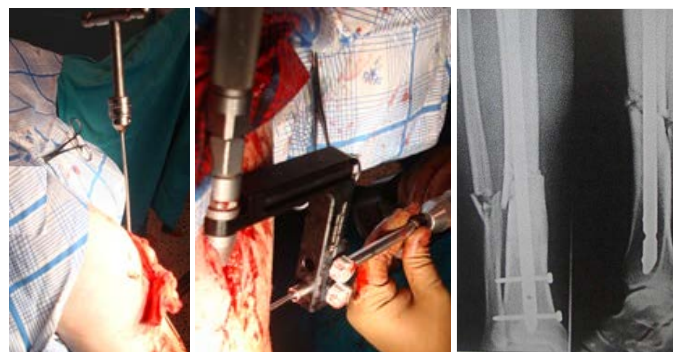


а

б

Рисунок 10 - Раненый Б, 36 лет, а - рана перед снятием аппарата внешней фиксации, б - этапная повторная хирургическая обработка с объединением входного и выходного отверстий- дебридмент раны

На 15-е сутки после ранения выполнен остеосинтез большеберцовой кости блокируемым интрамедулярным штифтом, этапы операции представлены на Рисунке 11.



а

б

в

Рисунок 11 - Раненый Б, 36 лет, этапы интрамедулярного остеосинтеза: а - введение штифта, б - блокирование интрамедулярного штифта; в - послеоперационные рентгенограммы правой голени.

После стабилизации перелома костей голени выполнено пластическое замещение раны и дефекта мягких тканей правой голени перемещенным лоскутом на ножке внутренней икроножной мышцы (Рисунок 11).



Рисунок 12 – Раненый Б, 36 лет, этапы повторной ХО и закрытие раны перемещенным дольчатым лоскутом: а – дебридмент раны, б – выделение ножки лоскута, в – перемещение дольчатого лоскута правой голени.

Раны зажили, перелом сросся через 8 месяцев после операции, проведен курс реабилитационной терапии, функциональный результат оценен на оценку «отлично», вид голени через 12 месяцев после операции на Рисунке 13.



Рисунок 13 - Раненый Б, 36 лет, функциональный результат лечения через 12 месяцев после интрамедулярного остеосинтеза и пластики раневого дефекта правой голени.

При лечении пациентов обеих групп случаев нагноения ран, глубокой периимплантной инфекции, замедленной консолидации или ложных суставов большеберцовой кости, а также остаточного укорочения голени более 2 см или деформаций голени выявлено не было.

При сравнении средних сроков сращения переломов в группах определяется, что в I группе срок составил $9,4 \pm 1,5$ месяца, во II группе $8,5 \pm 1,2$ месяца, что на 9,6% меньше, то есть переломы срастались быстрее при тактике совмещающей погружной остеосинтез и пластическое замещение раневого дефекта мягких тканей, учитывая небольшую разницу и ограниченный объем выборки статистически данную закономерность подтвердить не удалось ($p=0,219$), что представлено на Рисунке 14.

По 2 случая в каждой группе пациенты имели выраженные контрактуры (как правило голеностопного) суставов и функциональные результаты были оценены как неудовлетворительные «два балла». В остальных случаях средние оценки функции смежных суставов были выше у пациентов второй группы ($4,1 \pm 0,8$) чем в первой ($3,6 \pm 1,2$) на 12,2%, однако статистической значимости не выявлено ($p=0,348$), что представлено на Рисунке 15.

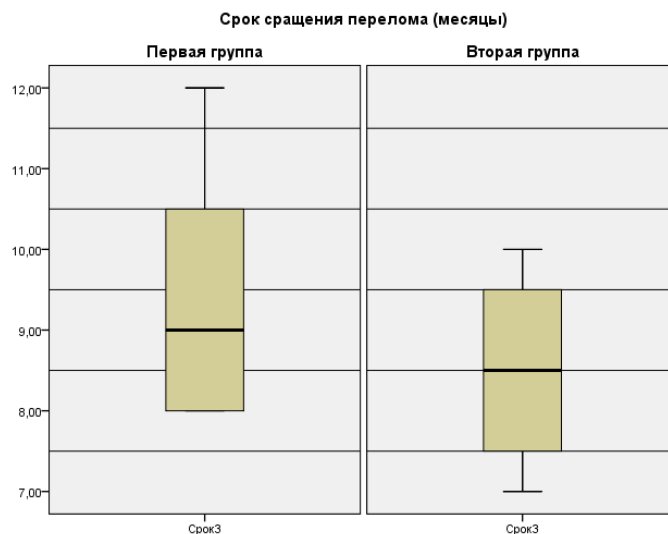


Рисунок 14 - Сравнение средних сроков сращения перелома костей голени в группах.

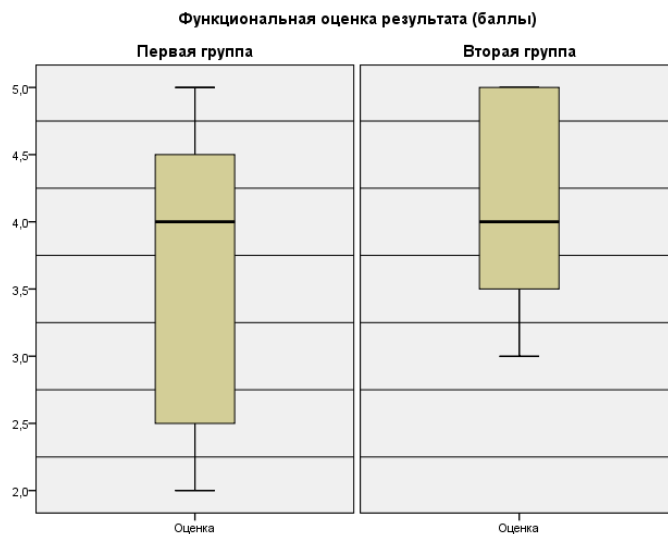


Рисунок 15 - Сравнение средних баллов функциональных результатов лечения между группами.

При анализе средне-отдалённых результатов (более 3 лет) 5 пострадавших второй группы работали по прежней профессии, 3 раненых имели инвалидность (1 – первой группы, 2 – второй группы), в первой группе 3 пациента вернулись к прежней работе и 4 получили инвалидность (1 группа инвалидности 2 пациента и 2 группа - 2 пациента), один пациент проходит обучение новой профессии.

Обсуждение

Опыт лечения огнестрельных ранений голени показал высокую эффективность применения внеочагового остеосинтеза,

который позволяет стабилизировать переломы и эффективно проводить санацию обширных кожно-мышечных ран [7, 8, 10, 13].

Применение системы повязок с отрицательным давлением также показала свои преимущества и перспективы [9]. Новые методы представляются специалистами и технологиями регенеративной медицины [1, 2, 3]. Однако метод дистракционного остеогенеза по Г.А. Илизарову не утратил своего значения, но применения данного способа требует сохранность кожного покрова и васкуляризации околокостных мягких тканей [18, 19, 21, 22].

Наш опыт показал, что встречаются клинические случаи, когда необходимо применение двухэтапной тактики. На первом этапе восстанавливали кожный покров голени и после этого занимались остеосинтезом перелома большеберцовой кости, что занимало значительно больше времени и сил, а нередко пациенты отказывались продолжать многоэтапное лечение. В данной системе значительную роль играет тактика последовательного остеосинтеза, то есть перехода от внеочагового к погружному остеосинтезу [11, 12, 14].

Мы считаем, что возможно одноэтапное сочетание реконструкции мягких тканей и последовательного остеосинтеза, так как условия необходимые для каждого этапа в отдельности являются примерно схожими. Риск выполнения данных манипуляций при двухэтапной тактике видится несколько ниже, но в нашем исследовании это утверждение было отвергнуто, мы не получили тяжелых осложнений.

Проведенное наше исследование, в ходе которого была разработана и внедрена в клиническую практику тактика одномоментного замещения обширных огнестрельных ран и остеосинтеза переломов голени методом последовательного применения внеочаговой и интрамедуллярной фиксации показали эффективность и снижение сроков консолидации перелома и пребывания раненого в больнице.

В доступной литературе мы не нашли упоминаний о таком варианте тактического подхода лечения огнестрельных ранений голени и ли конечностей вообще, но сравнивая результаты с двухэтапной тактикой лечения огнестрельных ранений, результаты обнадеживают [6, 9]. Авторы понимают, что в работе пока малое количество наблюдений, что не дает возможности получить статистически значимые результаты, но работа будет продолжена и опыт будет накоплен и обобщен.

Вывод

Одноэтапное замещение огнестрельных дефектов мягких тканей голени и интрамедуллярный остеосинтез большеберцовой кости создают благоприятные условия для сращения перелома, уменьшения сроков лечения, восстановления опороспособности и возвращения раненого к трудовой деятельности.

Список литературы / References:

1. Baum GR, Baum JT, Hayward D, MacKay BJ. Gunshot Wounds: Ballistics, Pathology, and Treatment Recommendations, with a Focus on Retained Bullets. *Orthop Res Rev.* 2022 Sep 5;14:293-317. doi: 10.2147/ORR.S378278.
2. Moriscot A, Miyabara EH, Langeani B, Belli A, Egginton S, Bowen TS. Firearms-related skeletal muscle trauma: pathophysiology and novel approaches for regeneration. *NPJ Regen Med.* 2021 Mar 26;6(1):17. doi: 10.1038/s41536-021-00127-1.
3. Spear AM, Lawton G, Staruch RMT, Rickard RF. Regenerative medicine and war: a front-line focus for UK defence. *NPJ Regen Med.* 2018; Aug 21;3:13. doi: 10.1038/s41536-018-0053-4.
4. Riehl JT, Connolly K, Haidukewych G, Koval K. Fractures Due to Gunshot Wounds: Do Retained Bullet Fragments Affect Union? *Iowa Orthop J.* 2015;35:55-61.
5. Gustilo R.B., Mendoza R.M., Williams D.N. Problems in management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma.* 1984; 24: 742-746. doi:10.1097/00005373-198408000-00009.
6. Belmont P.J. Jr., McCrisky B.J., Hsiao M.S. [et al.] The nature and incidence of musculoskeletal combat wounds in Iraq and Afghanistan (2005-2009). *J Orthop Trauma.* 2013; 27 (5): e107-13. doi:10.1097/BOT.0b013e3182703188.
7. Owens B.D., Kragh J.F. Jr., Wenke J.C. [et al.] Combat wounds in operation Iraqi Freedom and operation Enduring Freedom. *J Trauma.* 2008; 64: 295-299. doi: 10.1097/TA.0b013e318163b875
8. Jeffery S.L. The Management of Combat Wounds: The British Military Experience. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2016 Oct 1;5(10):464-473. doi: 10.1089/wound.2015.0653.
9. Maurya S, Bhandari PS. Negative Pressure Wound Therapy in the Management of Combat Wounds: A Critical Review. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2016 Sep 1;5(9):379-389. doi: 10.1089/wound.2014.0624.
10. Yeganeh A, Amiri S, Otoukesh B, Moghtadaei M, Sarreshtedari S, Daneshmand S, Mohseni P. Characteristic Features and Outcomes of Open Gunshot Fractures of Long-bones with Gustilo Grade 3: A Retrospective Study. *Arch Bone Jt Surg.* 2022 May;10(5):453-458. doi: 10.22038/ABJS.2021.52886.2624.
11. Шаповалов В.М., Хоминец В.В. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА У РАНЕНЫХ С ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ // Травматология и ортопедия России. 2010;16(1): 7-13. [Shapovalov V.M., Khominets V.V. OSOBNOSTI PRIMENENIYA VNESHNEGO I POSLEDOVATEL'NOGO OSTEOSINTEZA U RANENYKh S OGNESTREL'NYMI PERELOMAMI DLINNYKh KOSTEI KONECHNOSTEI // Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2010;16(1):7-13]
12. Брижань Л.К., Давыдов Д. В., Хоминец В.В., Керимов А. А., Арбузов Ю. В., Чирва Ю.В. Применение комплекта стержневого военно-полевого (КСВП) в двухэтапном последовательном остеосинтезе у раненых с огнестрельными переломами костей конечностей // Гений ортопедии. 2015;3:26-30. [Brizhan' L.K., Davydov D. V., Khominets V.V.,

Kerimov A. A., Arbuzov Yu. V., Chirva Yu.V. Primenenie kompleksa sterzhnovego voenno-polevogo (KSVP) v dvukhetapnom posledovatel'nom osteosinteze u ranenyykh s ognestrel'nymi perelomami kostei konechnosti // Genii ortopedii. 2015;3:26–30]

13. Брижань Л.К., Давыдов Д. В., Хоминец В.В., Керимов А. А., Арбузов Ю. В., Чирва Ю.В., Пыхтин И.В. СОВРЕМЕННОЕ КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ РАНЕНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ С БОЕВЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ КОНЕЧНОСТЕЙ Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова 2016;11(1):74-80 [Brizhan' L.K., Davydov D. V., Khominets V.V., Kerimov A. A., Arbuzov Yu. V., Chirva Yu.V., Pykhtin I.V. SOVREMENNOE KOMPLEKSNOE LECHENIE RANENYKh I POSTRADAVSHIKh S BOEVYMI POVREZHdENIYAМИ KONEChNOSTEI Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova 2016;11(1):74-80]

14. Хоминец В.В., Щукин А. В., Михайлов С. А., Фоос И. ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ РАНЕНЫХ С ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВНУТРЕННЕГО ОСТЕОСИНТЕЗА. ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA, 2017;12(3):12–22. [Khominets V.V., Shchukin A. V., Mikhailov S. A., Foos I. OSOБENNOSTI LEChENIYA RANENYKh S OGNESTREL'NYMI PERELOMAMI DLINNYKh KOSTEI KONEChNOSTEI METODOM POSLEDOVATEL'NOGO VNUTRENNEGO OSTEOSINTEZA. POLITRAVMA / POLYTRAUMA, 2017;12(3):12–22]

15. Mathews J.A., Ward J., Chapman T.W., Khan U.M., Kelly M.B. Single-stage orthoplastic reconstruction of Gustilo–Anderson Grade III open tibial fractures greatly reduces infection rates. JINJ-6354; No.of Pages 4. 2015 Nov;46(11):2263-6. doi: 10.1016/j.injury.2015.08.027.

16. Singh J., Dhillon M.S., Dhath S. Single-stage “Fix and Flap” gives Good Outcomes in Grade 3B/C Open Tibial Fractures: A Prospective Study. Malaysian Orthopaedic Journal 2020;14(1) doi: <https://doi.org/10.5704/МОJ.2003.010>.

17. Grubor P, Milicevic S, Grubor M, Meccariello L. Treatment of Bone Defects in War Wounds: Retrospective Study. Med Arch. 2015 Aug;69(4):260-4. doi: 10.5455/medarh.2015.69.260-264.

18. Илизаров Г.А. Некоторые вопросы теории и практики компрессионного и дистракционного остеосинтеза //Чрескостный компрессионный и дистракционный остеосинтез: сб. науч. раб. Вып. I. Курган, 1972. С. 5-33. [Ilizarov G.A. Nekotorye voprosy teorii i praktiki kompressionnogo i distraktsionnogo osteosinteza //Chreskostnyi kompressionnyi i distraktsionnyi osteosintez: sb. nauch. rab. Vyp. I. Kurgan, 1972. S. 5-33]

19. Шевцов В. И., Швед С.И., Сысенко Ю.М. Чрескостный остеосинтез при лечении оскольчатых переломов. Курган, 2002. 331 с. [Shevtsov V. I., Shved S. I., Sysenko Yu. M. Chreskostnyi osteosintez pri lechenii oskol'chatykh perelomov. Kurgan, 2002. 331 s]

20. Ryudi TP, Bakli RE, Moran KG. AO-principles of fracture management. Vol. 2. Translated into Russian by Sitnik AA. Edition 2 revised and supplemented. Berlin, 2013; 256-285. Russian (Рюди Т.П., Бакли Р.Э., Моран К.Г. АО – Принципы лечения переломов. Т. 2.: перевод на рус. язык А.А. Ситника. 2-е доп. и перераб. изд. Berlin, 2013. С. 256-285.)

21. Бондаренко А. В., Плотников И. А., Гусейнов Р. Г. Лечение посттравматических дефектов диафиза большеберцовой кости методом комбинированного последовательного билочального и блокирующего остеосинтеза //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2019;4:23-30. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10004 [Bondarenko A. V., Plotnikov I. A., Guseinov R. G. Lechenie posttravmaticheskikh defektov diafiza bol'sheb'ertsovoi kosti metodom kombinirovannogo posledovatel'nogo bilokal'nogo i blokiryushchego osteosinteza //POLITRAVMA / POLYTRAUMA. 2019;4:23-30. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10004]

22. Ханин М. Ю., Дубров В.Э., Кобрицов Г.П. Особенности восстановления опорной функции конечности в зависимости от вида хирургического лечения при открытых переломах костей голени с обширным повреждением мягких тканей // МОСКОВСКИЙ ХИРУРГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. 2012;1(23):37–43. [Khanin M. Yu., Dubrov V.E., Kobritsov G.P. Osobennosti vosstanovleniya opornoj funktsii konechnosti v zavisimosti ot vida khirurgicheskogo lecheniya pri otkrytykh perelomakh kostei goleni s obshirnym povrezhdeniem myagkikh tkanei // MOSKOVSKII KhIRURGICHESKII ZhURNAL. 2012;1(23):37–43]

Информация об авторах:

Алексей Владимирович Лычагин – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Андрей Анатольевич Грицюк - доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф лечебного факультета ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), телефон 8-916-614-76-66, e-mail: drgaamma@gmail.com

Адам Зеудитович Арсомаков– кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой госпитальной хирургии ФГБОУ ВО ИнГГУ, e-mail: arsamakov-a@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Грицюк Андрей Анатольевич, e-mail: drgaamma@gmail.com

Information about authors:

Alexey V. Lychagin is Doctor of Medical Sciences, professor, Head of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Andrey A. Gritsyuk is Doctor of Medical Sciences, professor at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery

Adam Z. Arsomakov – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Hospital Surgery, IngGU, e-mail: arsamakov-a@mail.ru

Corresponding author: Andrey Anatolyevich Gritsyuk, phone: +7 916 614 76 66, e-mail: drgaamma@gmail.com

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-45-51>

УДК 617.3

©Д.Ю. Пупынин, А.В.Лычагин, А.А.Грицюк, 2022

Оригинальная статья / Original article



РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВНУТРИСВЯЗОЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРИ РАЗРЫВЕ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

Д.Ю. ПУПЫНИН¹, А.В. ЛЫЧАГИН², А.А. ГРИЦЮК²

¹ ГАУЗ «Городская клиническая больница № 4» города Оренбурга, 460000, г. Оренбург, Россия

² ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Резюме. Работа посвящена лечению свежих разрывов передней крестообразной связки, с сохранением иннервации способствует восстановлению нормальной биомеханики сустава, снижению риска развития посттравматического остеоартроза и сокращению периода реабилитации.

Целью исследования явилось улучшение результатов лечения полных разрывов ПКС сроком до 3 недель с применением методики динамической интралигаментарной (внутрисвязочной) стабилизации (ДИС) коленного сустава.

Материал и метод.

Всего включено в исследование 39 пациентов, 25 мужчин и 14 женщин, в возрасте от 18 до 51 года, средний возраст 31,3±3,4 года. Давность травмы составила от 8 до 21 суток, средняя – 16,9±6,3 суток. По механизму травмы были: бытовые (падение) 18 пациентов (46,2%), спортивные – 21 пациент (53,8%, все спортсмены любители). Показания к операции ставили на основании МРТ исследования.

В исследовании применяли 10-балльную визуально-аналоговую шкалу боли (ВАШ) и нумерологическую шкалу удовлетворенности пациентов (НШУ), шкалы Тегнера и Лисгольма, тест переднего выдвигающего ящика, до и после операции (через 6 месяцев, один и три года).

Результаты. Средние сроки наблюдения составили 38,6±2,3 месяца (мин. 36, макс. 40 месяцев). При повторных обращениях в 3 случаях (7,7%) в сроки 16, 21 и 30 месяцев, обнаружили рецидивы переднемедиальной нестабильности, причинами которых явились повторные травмы. Болевой синдром после операции к сроку в 6 месяцев регрессировал, далее в сроки 12 месяцев и более находился на одинаковом уровне. Удовлетворенность пациентов операцией с 8 баллов в 6 месяцев в дальнейшем достигала величин более 9 баллов, тест уровня активности Тегнер снижался 6 месяцам после операции на один балл, но к 12 месяцам возвращался к уровню до травмы (до травмы 6,1±1,3 баллов, 6 месяцев после операции 5,1±0,8 баллов и 12 месяцев 6,0±1,0 при p<0,001). Результаты по шкале Лисгольм с максимального уровня до травмы снижались до 91±6 баллов в 6 месяцев после операции и потом возвращались до значений 95±3 в 12 месяцев и более (p=0,045).

Заключение. Динамическая интралигаментарная стабилизация может привести к стабильному клиническому заживлению разорванной передней крестообразной связки у 92,3% случаев свежих разрывов в проксимальной половине связки, обеспечить нормальную функцию коленного сустава, удовлетворенность пациента и возврат к прежнему уровню двигательной активности в течение 3-летнего периода наблюдения.

Ключевые слова: разрывы передней крестообразной связки, динамическая внутрисвязочная стабилизация

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Пупынин Д.Ю., Лычагин А.В., Грицюк А.А., Результаты применения динамической внутрисвязочной стабилизации при разрыве передней крестообразной связки. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2022. № 4(50). С. 45-51 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-45-51>

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

THE RESULTS OF THE APPLICATION OF DYNAMIC INTRALIGAMENTOUS STABILIZATION IN CASE OF RUPTURE OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT

DMITRY YU. PUPYNIN¹, ALEXEY V. LYCHAGIN², ANDREY A. GRITSYUK²

¹ State autonomous health care institution "City Clinical Hospital No. 4" of the city of Orenburg, 460000, Orenburg, Russia

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russia (Sechenov University), 119991 Moscow, Russia

Abstract

Summary. The work is devoted to the treatment of fresh ruptures of the anterior cruciate ligament, while maintaining innervation, it helps to restore normal biomechanics of the joint, reduce the risk of developing post-traumatic osteoarthritis and reduce the rehabilitation period. The aim of the study was to improve the results of treatment of complete ruptures of the ACL for up to 3 weeks using the technique of dynamic intraligamentary stabilization (DIS) of the knee joint. **Material and method.** A total of 39 patients were included in the study, 25 men and 14 women, aged 18 to 51 years, mean age 31.3 ± 3.4 years. The duration of the injury ranged from 8 to 21 days, the average was 16.9 ± 6.3 days. According to the mechanism of injury, there were: domestic (fall) 18 patients (46.2%), sports - 21 patients (53.8%, all amateur athletes). Indications for surgery were based on the MRI study. The study used a 10-point visual analogue pain scale (VAS) and a numerological patient satisfaction scale (NSS), Tegner scales and Lysholm, anterior drawer test, before and after surgery (after 6 months, one and three years). Results. The mean follow-up period was 38.6 ± 2.3 months (min. 36, max. 40 months). Upon repeated visits in 3 cases (7.7%) at 16, 21 and 30 months, relapses of anteromedial instability were found, the causes of which were repeated injuries. The pain syndrome after the operation regressed by the period of 6 months, then at the period of 12 months or more it was at the same level. Satisfaction of patients with the operation from 8 points at 6 months later reached values of more than 9 points, the Tegner activity level test decreased by 1 point 6 months after the operation, but returned to the pre-injury level by 12 months (before injury 6.1 ± 1.3 points, 6 months after surgery 5.1 ± 0.8 points and 12 months 6.0 ± 1.0 at $p < 0.001$). The results on the Lysholm scale from the maximum level before the injury decreased to 91 ± 6 points at 6 months after surgery and then returned to values of 95 ± 3 at 12 months or more ($p = 0.045$). **Conclusion.** Dynamic intraligamentary stabilization can lead to stable clinical healing of a torn anterior cruciate ligament in 92.3% of cases of fresh tears in the proximal half of the ligament, normal knee function, patient satisfaction, and return to the previous level of motor activity within a 3-year follow-up period.

Key words: anterior cruciate ligament ruptures, dynamic intraligamentous stabilization

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Pupynin D.Y., Lychagin A.V., Gritsyuk A.A., The results of the application of dynamic intraligamentous stabilization in case of rupture of the anterior cruciate ligament. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. № 4. pp. 45-51 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-45-51>

Введение

Артроскопическая реконструкция ПКС с 1980-х годов и до сегодняшнего дня является золотым стандартом хирургического лечения разрыва ПКС. Хорошо известны результаты данной операции: только 50%–65% спортсменов-любителей возвращаются к своему уровню физической активности до травмы, а общий процент клинических неудач составляет до 10% [1, 2]. Изучены проблемы реконструкции ПКС: боль в передней части (20%) и другие боли в коленном суставе (15%), слабость мышц задней поверхности бедра после забора сухожильных трансплантатов (10%), ротационная нестабильность (24%), повторные разрывы от 6% до 28% (в группах высокого риска) [3–5].

Еще одним недостатком традиционной реконструкции ПКС является длительный реабилитационный период. В среднем пациенты возвращаются к работе через 12 недель, а к занятиям спортом через 9–12 месяцев, что имеет огромное социально-экономическое значение, так как большинство травм ПКС происходит у людей трудоспособного возраста [6, 7]. У пациентов после реконструкции ПКС риск развития остеоартроза тяжелой степени в 2,41 раза больше по сравнению с контрольной группой [8].

Незыблемость суждения о невозможности добиться сращения передней крестообразной связки и восстановить стабильность коленного сустава были опровергнуты M. Costa-Paz et al. и J.R. Steadman et al., которые в 2012 году показали реальность заживления передней крестообразной связки [9, 10].

Теоретические преимущества восстановления ПКС понятны - это меньшая инвазивность по диаметру костных туннелей

и отсутствие этапа забора трансплантата. Особенно перспективно сохранение нативной ПКС с ее проприорецепцией, что способствует восстановлению динамической стабильности коленного сустава и может сократить период реабилитации [11]. Восстановление передней крестообразной связки с сохранением естественных мест прикрепления дает возможность восстановить нормальную биомеханику сустава и снизить риск развития посттравматического остеоартроза [12]. Также в случае неудачи операции, остается возможность выполнения стандартной реконструкции ПКС.

Динамическая интралигаментарная (внутрисвязочная) стабилизация (ДИС) была предложена Sandro Kohl и соавт., которые в 2012 г. апробировали новую методику восстановления ПКС в опытах на животных [13]. Суть методики в раннем вмешательстве, прошивании культей ПКС с помощью полидиоксаноновых швов (ПДС), которые фиксируются в бедренной кости пуговицей и в большеберцовой кости с помощью специальной пружинно-винтовой системы (DIS, Ligamys, Mathys Ltd., Беттлах, Швейцария) [14]. В 2014 г. авторы продемонстрировали двухлетние результаты лечения первых 10 пациентов с ДИС, показав клиническое и рентгенологическое сращение разорванной передней крестообразной связки у всех пациентов, с достижением нормальных показателей коленного сустава и возвратом к своему прежнему уровню спортивной активности [15].

В дальнейшем шло накопление опыта (серия случаев из 278 пациентов), результаты были очень обнадеживающие, а частота повторных разрывов не более 2,9% [16]. В 2016 г. S. Kohl et al. сообщили о частоте вторичных вмешательств в

группе из 50 пациентов с двухлетним периодом наблюдения: у 10% развилась нестабильность, у 10% потребовался артролиз, а у 60% потребовалось удаление большеберцового винта [17].

Разноречивость данных и перспективность методики восстановления свежих разрывов ПКС легли в основу нашего исследования. **Целью исследования** явилось улучшение результатов лечения полных разрывов ПКС сроком до 3 недель с применением методики динамической интралигаментарной (внутрисвязочной) стабилизации (ДИС) коленного сустава.

Материалы и методы

Авторы начали применять методику ДИС на базе ГАУЗ «ГКБ№4» г. Оренбурга в 2018 году. **Критерии включения:** пациенты вне зависимости от пола и возраста со свежими (травма не позднее 21 дня) первичными полными разрывами ПКС. **Критерии не включения:** острые или хронические инфекции, локальные или общие; заболевания мышц, повреждения коллатеральных связок и нервов, либо сосудистые заболевания, которые могут подвергнуть риску конечность; гиперчувствительность к используемым материалам (кобальту, хрому, никелю и др.); остеоартроз коленного сустава любой стадии; плохое качество костной ткани, которые могут негативно отразиться на стабильной фиксации имплантата; любые обстоятельства, которые могут помешать пациенту выполнять рекомендации врача во время процесса заживления.

Пациентам, получившим закрытую травму коленного сустава, в сроки до 10 дней выполняли МРТ исследование, при выявлении полного повреждения ПКС при отсутствии противопоказаний, объясняли суть метода, плюсы и минусы, и предлагали участвовать в исследовании с применением ДИС. При включении в исследование все пациенты подписывали информированное согласие до лечения, исследование было утверждено локальной экспертной комиссией (протокол ЛЭК №6, от 20.01.2018 г.).

В дальнейшем при выполнении артроскопии и выявлении разрывов ПКС, при которых невозможно было применить методику ДИС, выполняли пластику связки, но пациента из исследования исключали. Также исключали пациентов, которым во время артроскопической операции выполняли шов мениска или обоих менисков, при парциальной резекции мениска (или обоих) пациенты включались в исследование. Всего исключено 8 (17%) пациентов.

Всего отобрано и включено в исследование 39 пациентов, 25 мужчин и 14 женщин, в возрасте от 18 до 51 года, средний возраст $31,3 \pm 3,4$ года, левый коленный сустав был поврежден у 22 пациентов, правый у 17 (соотношение правый/левый 1:1,3). Давность травмы составила от 8 до 21 суток, средняя – $16,9 \pm 6,3$ суток. По механизму травмы были: бытовые (падение) 18 пациентов (46,2%), спортивные – 21 пациент (53,8%, все спортсмены любители): горные лыжи – 12 (30,8%), футбол – 9 (23,1%), хоккей – 8 (20,5%), баскетбол – 6 (15,4%), другие виды спорта – 4 (10,2%)

пациента (исключая контактные единоборства). Средний рост $178,7 \pm 9,4$ см, средний вес $76,5 \pm 7,8$ кг, средний индекс массы тела (ИМТ) $27,3 \pm 2,3$ кг/м², уровень активности по шкале Тегнера до травмы не ниже 5 (1-10).

Методика операции

Выполняли типичную артроскопию коленного сустава, осматривали культы ПКС, при их пригодности к ДИС, выполняли все необходимые внутрисуставные манипуляции с менисками, хрящом и др. После чего выполняли ДИС Рисунок 1.

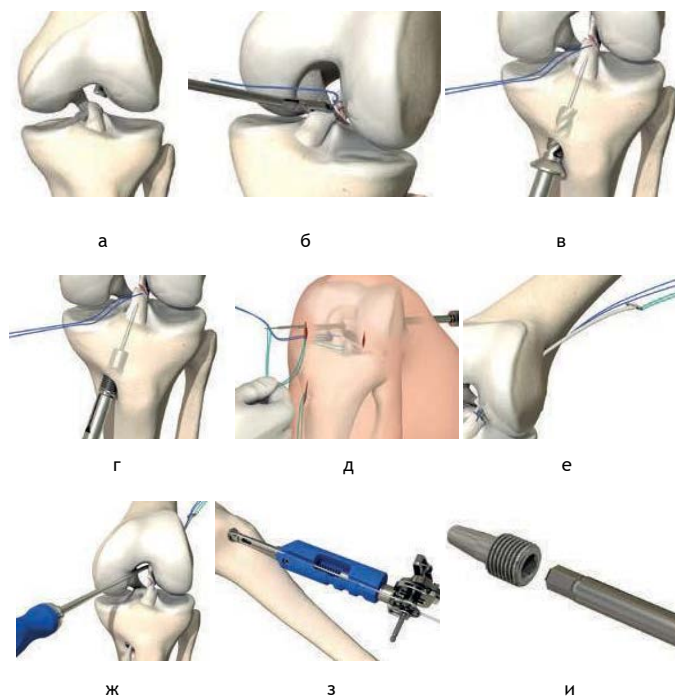


Рисунок 1 - Этапы ДИС с фиксатором Ligamys® (Mathys Ltd. Bettlach Switzerland): а - артроскопическая диагностика разрыва ПКС, б - прошивание тибальной части культи ПКС, в - проведение спицы по направлятелю через большеберцовую кость и культю ПКС, рассверливание кортикальной пластинки для фиксатора, г - установка фиксатора по спице, д - проведение спицы через бедренную культю ПКС на наружную поверхность бедра и протягивание челночной нити, е - протягивание фиксирующей нити через каналы и культю ПКС большеберцовой и бедренной костей, ж - обратной тягой укладка пуговицы на кортикальную пластинку бедренной кости, з - натяжение фиксирующей нити специальным тензиометром, и - фиксация нити в динамическом устройстве[15].

Сначала через переднемедиальный порт прошивали тибальную часть культи ПКС, через отдельный разрез длиной 2 см проводили канюлированный тибальный направлятель, проводили спицу через большеберцовую кость и культю ПКС, рассверливали наружную кортикальную пластинку для установки динамического фиксатора. Не удаляя спицу по ней устанавливали динамический фиксатор без стопора. Из переднемедиального

порта проводили спицу с ушком через бедренную культю ПКС и бедренную кость на наружную поверхность бедра и протягивали удаляемую челночную нить. При помощи челночных нитей протягивали фиксирующую прочную ленту через каналы и культю ПКС большеберцовой и бедренной костей, на бедре продевали через пуговицу, обратной тягой за ленту укладывали пуговицу на наружную кортикальную пластинку бедренной кости, и натягивали фиксирующую ленту специальным тензиометром, после чего специальным стопорным винтом фиксировали ее в динамическом устройстве.

В исследовании применяли визуально-аналоговую шкалу боли (ВАШ), нумерологическую 10-балльную шкалу удовлетворенности пациентов (НШУ пациента: 1 полная неудовлетворенность и 10 полная удовлетворенность), шкалы Тегнера (Tegner) и Лисгольма (Lysholm) до и после операции (через 3 месяца, один и три года). Тест переднего выдвигающего ящика (ПВЯ) оценивали с помощью артрометра КТ-1000 (MEDmetric, Сан. Диего, Калифорния, США) при сгибании коленного сустава на 30 градусов. Результат считали отрицательным (рецидив передней нестабильности) при переднем смещении более 5 мм в сравнении с неповрежденным коленом. Измерения выполняли трехкратно, среднее значение высчитывали и результат заносили в базу данных.

Для проверки статистической значимости полученных данных использовали двусторонний t-критерий Стьюдента, на основании которого находили р-значение в программе IBM SPSS Statistics 22. При $p > 0,05$ различия считали статистически незначимыми.

Результаты

При артроскопической операции выявили полное повреждение ПКС в проксимальной части 24 (61,5%), в средней части 15 (38,5%), синовиальное влагалище ПКС было не повреждено у 9 пациентов (23,1%). Внутренний мениск был разорван у 13 (33,3%) пациентов, наружный 8 (20,5%), оба у 6 (15,4%), оторванные части менисков не подлежали восстановлению – резецировали, у 12 (30,8%) мениски были интактные.

Средние сроки наблюдения составили $38,6 \pm 2,3$ месяца (мин. 36, макс. 40 месяцев). Результаты операции оценивали при осмотре через 3 и 6 месяцев, при отрицательном тесте ПВЯ менее 5 мм, результат операции считали положительным. В дальнейшем наблюдали пациентов, осматривали и тестировали ежегодно. В сроки 3 и 6 месяцев у всех пациентов отмечалась стабильность коленного сустава при тестировании. При повторных травмах или жалобах на боли и нестабильность в оперированном коленном суставе консультировали вне плановых сроков и оценивали клиническую картину. При повторных обращениях в 3 случаях (7,7%) в сроки 16, 21 и 30 месяцев, обнаружили рецидивы переднемедиальной нестабильности, причинами которых явились повторные травмы (все при занятиях спортом: два пациента горные лыжи и один пациент

при игре в футбол). Всем пациентам было одновременно выполнено удаление динамического фиксатора и пластика ПКС сухожилиями подколенных мышц.

В 6 случаях выполнили удаление динамического фиксатора по просьбе пациентов (15,4%) в сроки от 18 месяцев, рецидива нестабильности не выявлено ни в одном случае.

Клинический пример разрыва ПКС и первичной ДИС у пациента И., 36 лет представлено на Рисунке 2, травма получена при игре в футбол, при первичном осмотре обратили внимание на выраженный гемартроз, на 4 сутки выполнили МРТ исследование, диагностировали повреждение ПКС, обследовали и подготовили к операции. Артроскопическая картина представлена на 8 сутки после травмы (Рисунок 2 а), полное проксимальное повреждение ПКС и кровоизлияние в жировое тело.

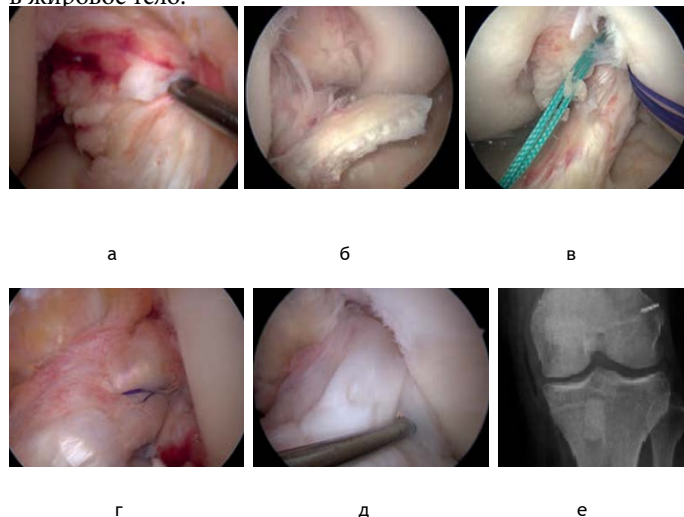


Рисунок 2 - Пациент И., 36 лет, артроскопическая картина ДИС:

а - артроскопическая диагностика разрыва ПКС, б - мобилизация тибальной части культя ПКС, в - прошита тибальная культя и проведение челночной лигатуры, г - вид ПКС после ДИС, д - артроскопическая картинка ПКС после ДИС через год, е - рентгенография коленного сустава после удаления динамического фиксатора.

Далее по стандартной методике выполнили ДИС, послеоперационный период протекал гладко, реабилитация прошла успешно, в сроки 3 и 6 месяцев тест ПВЯ отрицательный, приступил к привычным спортивным занятиям, через два года после операции принял решение об удалении фиксатора, клинических показаний, для которых не было. При удалении фиксатора выполнили артроскопию и осмотр ПКС, (Рисунок 2 д), фиксация стабильная, рентгенологическая картина после удаления представлена на Рисунке 2 е. После удаления динамического фиксатора стабильность коленного сустава не нарушена.

Болевой синдром после операции к сроку в 6 месяцев регрессировал и далее в сроки 12 месяцев и более находился на одинаковом уровне. Удовлетворенность пациентов операцией

со средних величин в 8 баллов в 6 месяцев в дальнейшем достигала практически максимальных величин более 9 баллов, тест уровня активности Тегнер статистически значимо снижался 6 месяцам на один балл по сравнению с предоперационным, но к 12 месяцев после операции снова возвращался к уровню до травмы (до травмы $6,1 \pm 1,3$ баллов, 6 месяцев после операции $5,1 \pm 0,8$ баллов и 12 месяцев после операции $6,0 \pm 1,0$ при $p < 0,001$). Результаты по шкале Лисгольм с максимального уровня до травмы снижались до 91 ± 6 баллов в 6 месяцев после операции и потом возвращались до значений 95 ± 3 в 12 месяцев и более при статистической значимости $p = 0,045$ (см. Таблицу 1).

Таблица 1

Результаты ДИС (средние показатели и стандартное отклонение)

Показатели	До травмы	Сроки наблюдения после операции (в мес.)				p
		6	12	24	36	
ВАШ	-	$2,3 \pm 1,5$	$1,3 \pm 0,5$	$1,3 \pm 1,0$	$1,5 \pm 1,2$	-
НШУ	-	$8,2 \pm 1,8$	$9,2 \pm 1,3$	$9,4 \pm 0,8$	$9,2 \pm 0,6$	-
Тегнер	$6,1 \pm 1,3$	$5,1 \pm 0,8$	$6,0 \pm 1,0$	$6,2 \pm 1,3$	$6,2 \pm 1,5$,001
Лисгольм	100	91 ± 6	95 ± 3	97 ± 2	96 ± 3	,045
ПВЯ (мм)	-	$1,2 \pm 1,0$	$1,8 \pm 1,2$	$2,1 \pm 1,1$	$2,2 \pm 1,4$	-

Тест переднего выдвижного ящика составлял не более 2–3 мм на всех сроках динамического наблюдения.

Обсуждение

Наиболее важный вывод настоящего исследования заключается в том, что динамическая интралигаментарная стабилизация коленного сустава у пациентов со свежими разрывами передней крестообразной связки может привести к восстановлению нормальной биомеханики и стабильности коленного сустава с хорошими функциональными показателями и высокой удовлетворенности пациентов.

Проблема пластики ПКС, прежде всего, связана с потерей проприорецепции [18, 19, 20], а также с недостаточным восстановлением трехмерной стабильности колена [21, 22, 23]. Поэтому, гипотеза о том, что сохранение нативной ткани передней крестообразной связки необходимо для сохранения проприорецепции и восстановления индивидуальной трехмерной анатомии связки, имеет основания.

Ранее существовавшая гипотеза о том, что разорванная ПКС имеет недостаточную способность к заживлению и поэтому должна быть замещена сухожильным трансплантатом, остается преобладающей [24, 25]. Ряд публикаций последнего времени указывает, что при определенных обстоятельствах

поврежденная передняя крестообразная связка может образовывать устойчивый рубец [26].

Имеющаяся на сегодняшний день данные указывают на то, что для полноценной рубцовой регенерации связки необходима стабильность между разорванными концами ПКС, но так же известно, повреждение связки в короткие сроки вызывает нестабильность в бедренно-большеберцовом сочленении и увеличение переднезаднего смещения [27], что не дает ей срастись. Есть методы, основанные на постоянной фиксации колена в определенном положении в течение 3 месяцев, но это вызывает у пациента дискомфорт и тугоподвижность в суставе после снятия иммобилизации [28, 29]. Разработанный новый метод, называемый ДИС, который позволяет восстановить стабильность коленного сустава с минимальным дискомфортом для пациента. Внутренний винтовой пружинный механизм, который действует как динамический внутренний фиксатор, который удерживает колено в максимально правильном положении при любой степени сгибания. Эта техника продемонстрировала достаточную механическую стабильность для сращения ПКС в эксперименте и в клинической практике [4, 15, 16, 17].

В работах авторов указывается на небольшие объемы выборок и отсутствии групп сравнения, но эти данные являются делом времени, изменение основ философии хирургии повреждений ПКС претерпевает принципиальные изменения, поэтому дальнейшие исследования должны показать или опровергнуть гипотезы авторов.

Заключение

Динамическая интралигаментарная стабилизация может привести к стабильному клиническому заживлению разорванной передней крестообразной связки у 92,3% случаев свежих разрывов в проксимальной половине связки, обеспечить нормальную функцию коленного сустава, удовлетворенность пациента и возврат к прежнему уровню двигательной активности в течение 3-летнего периода наблюдения.

Список литературы / References:

1. Гончаров Е. Н., Коваль О. А., Дубров В.Э., Безуглов Э. Н., Алехин А. А., Гончаров Н. Г. Среднесрочные результаты одномоментного восстановления передней крестообразной и антеролатеральной связок коленного сустава у спортсменов// Травматология и ортопедия России. 2020;26(1):62–71. DOI 10.21823/2311–2905–2020-26-1-62-71. [Goncharov E. N., Koval' O. A., Dubrov V.E., Bezuglov E. N., Alekhin A. A., Goncharov N. G. Srednesrochnye rezultaty odnomomentnogo vosstanovleniya perednei krestoobraznoi i anterolateral'noi svyazok kolennogo sustava u sportsmenov// Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2020;26(1):62–71. DOI 10.21823/2311–2905–2020-26-1-62-71.]
2. Лычагин А. В., Алиев Р. И., Богатов В. Б., Чурбанов С.Н., Тимашев П. С., Музыченков А. В., Гаркави А.В., Петров П. И., Липина М. М. Применение сухожилия длинной малоберцовой мышцы

при пластике передней крестообразной связки: биомеханические свойства трансплантата, корреляционные взаимосвязи// Российский журнал биомеханики. 2020;24(4):505–512. – DOI 10.15593/RZh-Biomeh/2020.4.08. [Lychagin A. V., Aliev R. I., Bogatov V. B., Churbanov S.N., Timashev P. S., Muzychenkov A. V., Garkavi A.V., Petrov P. I., Lipina M. M. Primenenie sukhzhiliya dlinnoi malobertsovoi myshtsy pri plastike perednei krestooobraznoi svyazki: biomekhanicheskie svoivstva transplantata, korrelyatsionnye vzaimosvyazi// Rossiiskii zhurnal biomekhaniki. 2020;24(4):505–512. – DOI 10.15593/RZhBiomeh/2020.4.08]

3. Rousseau R.; Labryere C.; Kajetanek C.; Deschamps O.; Makridis K.G.; Djian P. Complications After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Their Relation to the Type of Graft: A Prospective Study of 958 Cases. *Am. J. Sports Med.* 2019;47:2543–2549. doi: 10.1177/0363546519867913

4. Heusdens C.H.W. ACL Repair: A Game Changer or Will History Repeat Itself? A Critical Appraisal. *J Clin Med.* 2021;10(5):912. Published 2021 Feb 26. doi:10.3390/jcm10050912.

5. Kon E., Di Matteo B., Altomare D., et al. Biologic agents to optimize outcomes following ACL repair and reconstruction: A systematic review of clinical evidence. *J Orthop Res.* 2022;40(1):10–28. doi:10.1002/jor.25011.

6. Groot J.A., Jonkers F.J., Kiev A.J., Kuijer P.P., Hoozemans M.J. Beneficial and limiting factors for return to work following anterior cruciate ligament reconstruction: A retrospective cohort study. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2017;137:155–166. doi: 10.1007/s00402-016-2594-6

7. Musahl V., Karlsson J. Anterior Cruciate Ligament Tear. *N. Engl. J. Med.* 2019;380:2341–2348. doi: 10.1056/NEJMcp1805931

8. Anderson M.J.; Browning W.M., 3rd; Urband, C.E.; Kluczynski, M.A.; Bisson, L.J. A Systematic Summary of Systematic Reviews on the Topic of the Anterior Cruciate Ligament. *Orthop. J. Sports Med.* 2016;4. doi: 10.1177/2325967116634074

9. Costa-Paz M.; Ayerza M.A.; Tanoira, I.; Astoul, J.; Muscolo, D.L. Spontaneous healing in complete ACL ruptures: A clinical and MRI study. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2012;470:979–985. doi: 10.1007/s11999-011-1933-8

10. Steadman J.R.; Matheny, L.M.; Briggs, K.K.; Rodkey, W.G.; Carreira, D.S. Outcomes following healing response in older, active patients: A primary anterior cruciate ligament repair technique. *J. Knee. Surg.* 2012;25:255–260. doi: 10.1055/s-0032-1313742

11. Denti M.; Monteleone, M.; Berardi, A.; Panni, A.S. Anterior cruciate ligament mechanoreceptors. Histologic studies on lesions and reconstruction. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1994;308:29–32.

12. Kiapour A.M.; Murray, M.M. Basic science of anterior cruciate ligament injury and repair. *Bone Jt. Res.* 2014;3:20–31. doi: 10.1302/2046-3758.32.2000241

13. Kohl S.; Evangelopoulos, D.S.; Kohlhof, H.; Hartel, M.; Bonel, H.; Henle, P.; von Rechenberg, B.; Egli, S. Anterior cruciate ligament rupture: Self-healing through dynamic intraligamentary stabilization technique. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2013;21:599–605. doi: 10.1007/s00167-012-1958-x

14. Kohl S.; Evangelopoulos, D.S.; Ahmad, S.S.; Kohlhof, H.; Herrmann, G.; Bonel, H.; Egli, S. A novel technique, dynamic intraligamentary stabilization creates optimal conditions for primary ACL healing: A preliminary biomechanical study. *Knee* 2014;21:477–480. doi: 10.1016/j.knee.2013.11.003

15. Egli S.; Kohlhof, H.; Zumstein, M.; Henle, P.; Hartel, M.; Evangelopoulos, D.S.; Bonel, H.; Kohl, S. Dynamic intraligamentary stabilization: Novel technique for preserving the ruptured ACL. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2015;23:1215–1221. doi: 10.1007/s00167-014-2949-x

16. Henle P.; Roder, C.; Perler, G.; Heitkemper, S.; Egli, S. Dynamic Intraligamentary Stabilization (DIS) for treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures: Case series experience of the first three years. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2015;16:27. doi: 10.1186/s12891-015-0484-7

17. Kohl S.; Evangelopoulos, D.S.; Schar, M.O.; Bieri, K.; Muller, T.; Ahmad, S.S. Dynamic intraligamentary stabilisation: Initial experience with treatment of acute ACL ruptures. *Bone Jt. J.* 2016;98-B:793–798. doi: 10.1302/0301-620X.98B6.35040

18. Beard D.J., Kyberd P.J., Fergusson C.M., Dodd C.A. Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery? *J Bone Jt Surg Br* 1993;75(2):311–315 doi: 10.1302/0301-620X.75B2.8444956

19. Muaidi QI, Nicholson LL, Refshauge KM, Adams RD, Roe JP Effect of anterior cruciate ligament injury and reconstruction on proprioceptive acuity of knee rotation in the transverse plane. *Am J Sports Med* 2009;37(8):1618–1626. doi: 10.1177/0363546509332429

20. Serrano-Fernandez J.M., Espejo-Baena A, Martin-Castilla B, De La Torre-Solis F, Mariscal-Lara J Augmentation technique for partial ACL ruptures using semitendinosus tendon in the over-the-top position. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18(9):1214–1218 doi: 10.1007/s00167-010-1068-6

21. Bedi A, Maak T, Musahl V, Citak M, O'Loughlin PF, Choi D, Pearl AD Effect of tibial tunnel position on stability of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction: is the tibial tunnel position most important? *Am J Sports Med* 2011;39(2):366–373. doi: 10.1177/0363546510388157

22. Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moonman CT III The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthroscopy* 2004;20(3):294–299 doi: 10.1016/j.arthro.2004.01.001

23. Sonnery-Cottet B, Lavoie F, Ogassawara R, Scussiato RG, Kidder JF, Chambat P Selective anteromedial bundle reconstruction in partial ACL tears: a series of 36 patients with mean 24 months follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;18(1):47–51 doi: 10.1007/s00167-009-0855-4

24. Feagin JA Jr, Curl WW Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5-year followup study. *Clin Orthop Relat Res* 1996;325:4–9

25. Grontvedt T, Engebretsen L, Benum P, Fasting O, Molster A, Strand T A prospective, randomized study of three operations for acute rupture of the anterior cruciate ligament. Five year follow-up of one hundred and thirty-one patients. *J Bone Jt Surg Am* 1996;78(2):159–168

26. Trager D, Pohle K, Tschirner W Anterior cruciate ligament suture in comparison with plasty. A 5-year follow-up study. *Arch Orthop Trauma Surg* 1995;114(5):278–280

27. Dejour H, Bonnin M Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. *J Bone Jt Surg Br* 1994;76(5):745–749

28. Fujimoto E, Sumen Y, Ochi M, Ikuta Y Spontaneous healing of acute anterior cruciate ligament (ACL) injuries— conservative treatment

using an extension block soft brace without anterior stabilization. Arch Orthop Trauma Surg 2002;122(4):212–216 doi: 10.1007/s00402-001-0387-y

29. Jacobi M, Reischl N, Wahl P, Gautier E, Jakob RP Acute isolated injury of the posterior cruciate ligament treated by a dynamic anterior drawer brace: a preliminary report. J Bone Jt Surg Br 2010;92(10):1381–1384. doi: 10.1302/0301-620X.92B10.24807.

Информация об авторах:

Дмитрий Юрьевич Пупынин – главный врач ГАУЗ «ГКБ№4» г. Оренбурга; e-mail: d16873@yandex.ru

Алексей Владимирович Лычагин – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Андрей Анатольевич Грицюк – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф лечебного факультета ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), телефон 8-916-614-76-66, e-mail: drgaamma@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Грицюк Андрей Анатольевич, e-mail: drgaamma@gmail.com

Information about authors:

Dmitry Y. Pupyin - chief physician of GAUZ “GKB No. 4”, Orenburg; e-mail: d16873@yandex.ru

Alexey V. Lychagin is Doctor of Medical Sciences, professor, Head of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Andrey A. Gritsyuk is Doctor of Medical Sciences, professor at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, e-mail: drgaamma@gmail.com

Corresponding author: Andrey Anatolyevich Gritsyuk, phone: +7 916 614 76 66, e-mail: drgaamma@gmail.com

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-52-56>

УДК 617.58

©П.В. Федотов, Д.В. Ковалев, А.С. Михайлов, 2022

Оригинальная статья / Original article



ГЕМИЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ПЛЮСНЕФАЛАНГОВЫХ СУСТАВОВ ПРИ ОСТЕОХОНДРОПАТИИ ГОЛОВКИ ПЛЮСНЕВОЙ КОСТИ (БОЛЕЗНЬ ФРАЙБЕРГА-КЕЛЛЕРА II)

П.В. ФЕДОТОВ, Д.В. КОВАЛЕВ, А.С. МИХАЙЛОВ

ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары), Чебоксары, 428020, Россия

Резюме

Среди остеохондропатий прогностически неблагоприятными ввиду внутрисуставной локализации асептического некроза можно считать внутрисуставные остеохондропатии, в том числе остеохондропатию головок плюсневых костей или болезнь Фрайберга (Келлера II). Одним из перспективных методов лечения данной патологии является эндопротезирование, однако в литературе данных о результатах его применения недостаточно. **Цель исследования** - оценить результаты эндопротезирования плюснефаланговых суставов керамическими гемииэндопротезами. **Материалы и методы.** Оценены результаты эндопротезирования 8 пациентов (все – женщины, средний возраст 36 лет) имплантами Moje с применением технологии Pressfit: уровень физической активности по шкале ODA23+, показатели шкалы AOFAS, рентгенограммы, удовлетворенность пациента проведенным лечением на сроках от 3 мес. до 2 лет. **Результаты.** Уровень физической активности расценен как высокий у 62,5%, низкий - у 37,5% пациентов. Среднее значение по шкале AOFAS до операции - 55,3 балла; через 3 мес. – 91,4; через 6 мес. – 95,1; через 1 год и на втором году наблюдения – 96,1 балла. Ни в одном случае за 2 года после операции не выявлено рентгенологических признаков нестабильности эндопротеза. Удовлетворенность проведенным лечением отметили 100% оперированных пациентов. **Выводы.** Гемииэндопротезирование второго, третьего и четвертого плюснефаланговых суставов керамическими имплантатами – быстрый и эффективный способ восстановления функции и устранения анатомических дефектов головок малых лучей на стопе. Хорошие ближне- и среднесрочные результаты позволяют расширить показания к применению метода эндопротезирования при оперативном лечении данной патологии.

Ключевые слова: болезнь Фрайберга; болезнь Келлера; плюснефаланговые суставы; остеохондропатия; гемииэндопротезирование

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Федотов П.В., Ковалев Д.В., Михайлов А.С., Гемииэндопротезирование плюснефаланговых суставов при остеохондропатии головки плюсневой кости (болезнь Фрайберга-Келлера II). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2022. № 4(50). С. 52-56 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-52-56>

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

HEMIENDOPROSTHETICS OF THE METATARSOPHALANGEAL JOINTS IN OSTEochondropathy OF THE METATARSAL HEAD (FREIBERG-KELLER II DISEASE)

PAVEL V. FEDOTOV, DMITRY V. KOVALEV, ANATOLY S. MIKHAILOV

Federal State Budgetary Institution «Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Cheboksary), Cheboksary, 428020, Russia

Abstract

Among osteochondropathy, intra-articular osteochondropathy, including osteochondropathy of the metatarsal heads or Freiberg's (Keller's II) disease, can be considered unfavorable prognostically due to the intra-articular localization of aseptic necrosis. One of the promising methods of treating this pathology is endoprosthesis replacement, however, there are not enough data in the literature on the results of its use. **The purpose of the study** was to evaluate the results of metatarsophalangeal joint arthroplasty with ceramic hemiendotheses. **Materials and methods.** The results of arthroplasty in 8 patients (all women, mean age 36 years) with Moje implants using Pressfit technology were evaluated: the level of physical activity according to the ODA23+ scale, AOFAS scores, radiographs, patient satisfaction with the treatment for periods of 3 months up to 2 years. **Results.** The level of

physical activity was regarded as high in 62.5%, low - in 37.5% of patients. The mean value on the AOFAS scale before surgery was 55.3 points; after 3 months - 91.4; after 6 months - 95.1; after 1 year and in the second year of observation - 96.1 points. In none of the cases, 2 years after the operation, radiographic signs of endoprosthesis instability were detected. Satisfaction with the treatment was noted by 100% of operated patients. **Conclusions.** Hemiarthroplasty of the second, third and fourth metatarsophalangeal joints with ceramic implants is a fast and effective way to restore function and eliminate anatomical defects of the small ray heads on the foot. Good short- and medium-term results allow expanding the indications for the use of the arthroplasty method in the surgical treatment of this pathology.

Keywords: Freiberg's disease; Keller's disease; metatarsophalangeal joints; osteochondropathy; hemiendoprosthetics

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Fedotov P.V., Kovalev D.V., Mikhailov A.S., Hemiendoprosthetics of the metatarsophalangeal joints in osteochondropathy of the metatarsal head (Freiberg-Keller II disease). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. № 4. pp. 52-56 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-52-56>

Введение

Остеохондропатии — группа заболеваний скелета, общим для которых является асептический некроз кости на участках, подвергающихся наибольшей нагрузке. Причины остеохондропатий окончательно не ясны. Наиболее распространенной теорией их возникновения на сегодняшний день является теория о локальном нарушении кровообращения, в результате которого происходит асептический некроз кости, снижающий ее прочность [1].

В группе остеохондропатий выделяется подгруппа внутрисуставных остеохондропатий. Особенностью данной подгруппы является локализация патологического процесса внутри сустава, что ухудшает прогноз заболевания. К этой подгруппе относится и остеохондропатия головок плюсневых костей, известная в России под названием болезни Келлера II. В зарубежной литературе данная локализация носит название болезни Фрайберга [1]. Первое сообщение о лечении этой болезни было описано доктором Альбертом Фрайбергом в 1914 году [2]. В настоящее время ни одна из теорий этиологии данного заболевания не была окончательно подтверждена, ввиду чего заболевание считается полиэтиологичным. Повторяющаяся нагрузка на стопу во время ежедневной бытовой и трудовой активности приводит к быстрому и необратимому разрушению пораженного плюснефалангового сустава с исходом в деформирующий остеоартроз. Тяжесть патологии объясняется неизбежным наступлением «провала» омертвевшей части головки плюсневой кости и вывихом пальца стопы.

Начало заболевания обычно приходится на возраст от 11 до 17 лет. Болезнь преимущественно поражает женщин, с зарегистрированным соотношением женщин и мужчин 5:1. Чаще всего поражается вторая плюсневая кость (68%), за которой следует третья плюсневая кость (27%) и четвертая (3%) [3,4].

Лечение патологии длительное и обычно проводится в амбулаторных условиях, включает в себя специальный охранительный режим, иммобилизацию, ЛФК и физиотерапию. Медикаментозное лечение назначается при наличии показаний.

Хирургическое вмешательство показано лишь в тех случаях, когда консервативное лечение не дало результатов [5]. В этой связи особо актуальным является раннее обращение пациента к специалисту. Лучшие результаты лечения достигаются при операциях, проведенных до «провала» (коллапса) головки плюсневой кости. Это особенно важно иметь в виду, так как в ином случае приходится применять радикальные методы лечения в виде эндопротезирования или элевации головки плюсневой кости.

Эндопротезирование является одним из перспективных методов лечения данной патологии в запущенных случаях, позволяющим не только быстро устранить болевой синдром и восстановить соотношение плюсневых костей согласно критериям Лельевра. Однако в научной литературе данных о результатах эндопротезирования при болезни Фрайберга недостаточно. Большинство опубликованных серий относится к 1970-м и 1980-м годам [6].

Цель исследования - оценить результаты эндопротезирования плюснефаланговых суставов керамическими гемизендопротезами на различных сроках наблюдения.

Материал и методы

В работе представлен накопленный опыт эндопротезирования плюснефаланговых суставов в ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары).

В исследование включены все последовательные пациенты, прооперированные в 2019 году (n=8), 100% - женщины. Средний возраст пациентов – 36 лет (CI=95%; MD=15,1; 19-58).

Уровень физической активности пациентов оценивался на основании опросника двигательной активности ОДА23+: более 109 баллов - очень высокая, 85-108 баллов – высокая, 62-84 балла – умеренная, 39-61 балл – низкая, ≤38 баллов – очень низкая [7].

Эндопротезирование второго плюснефалангового сустава проведено у 7 пациентов, у одного выполнено эндопротезирование третьего плюснефалангового сустава. В данном слу-

чае показанием к выполнению эндопротезирования явилась запущенная стадия заболевания с «провалом» (коллапсом) головки плюсневой кости (что встречается не так часто), чем и объясняется малое число наших наблюдений. Эндопротезирование позволяет восстановить длину плюсневой кости согласно критериям Лельевра, что и было достигнуто в нашем случае.

В 100% случаев мы использовали имплантаты Моје, изготовленные на основе циркониевой керамики. Установка производилась с применением технологии Pressfit (Рис. 1).



Рис. 1. Эндопротез плюснефалангового сустава Моје

Хирургическая техника. Разрез длиной 3 см выполняли непосредственно над плюснефаланговым суставом. Сухожилие разгибателя идентифицировали, мобилизовали и отводили латерально. С помощью осциллирующей пилы выполняли остеотомию головки плюсневой кости протяженностью 5-8 мм. Степень резекции варьировали в зависимости от размера предполагаемого имплантата. Избегали чрезмерно агрессивной резекции, чтобы свести к минимуму потерю внутренней стабильности сустава. Затем выполняли экономную резекцию остеофитов с основания проксимальной фаланги. Рашпилями последовательно обрабатывали канал плюсневой кости. При помощи пробного компонента определяли размер имплантата и стабильность плюснефалангового сустава. Проводили установку имплантата с применением техники Pressfit. Капсулу и кожу ушивали, накладывали легкую давящую повязку. Продолжительность операции в среднем составляла менее 1 часа. Уже на следующий день после операции и до 4-6 недель рекомендовали и начинали разгрузку переднего отдела стопы в обуви Барука. Снятие швов проводилось на 14 сутки после операции.

Анализ отдаленных результатов оперативного лечения пациентов проводился по состоянию на начало 2022 года и включал 2 года наблюдений на этапе катамнеза. Срок после операции от 3 мес. до 1 года считали ближнесрочным периодом, от 1 до 2 лет – среднесрочным.

Для оценки функциональных результатов эндопротезирования применяли клинко-функциональный, рентгенологический (рентгенограмма стоп в двух проекциях), статистический методы исследования.

Клиническая оценка результатов лечения и функционального состояния стоп до и после операции проводилась

с использованием шкалы клинической оценки заболевания стопы и голеностопного сустава AOFAS, позволяющей оценить анатомические и функциональные исходы после артропластики плюснефалангового сустава. В зависимости от числа набранных баллов результат лечения расценивался как отличный (95-100 баллов), хороший (75-94), удовлетворительный (51-74) или плохой (50 и менее баллов). 100 баллов означали отсутствие боли, полную амплитуду движений в прооперированном плюснефаланговом суставе, отсутствие признаков нестабильности сустава, ограничений повседневной и профессиональной активности, выбора и ношении обуви.

Учитывали также удовлетворенность пациента проведенным лечением (да/нет) и наличие/отсутствие осложнений.

Контроль на различных сроках наблюдения осуществлялся по факту очной или заочной консультации.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета анализа программы Microsoft Excel 2007. Соответствие значений выборки нормальному распределению в MS Excel подтверждали графическим методом, что позволило отражать результаты в виде средней арифметической (M) и стандартной ошибки (m). Для определения корреляционной связи показателей в выборке использовали коэффициент корреляции Пирсона.

Результаты

Результаты операции оценены у 8 пациентов (100%). Послеоперационное наблюдение осуществлялось в сроки от 3 мес. до 2 лет.

Средний уровень физической активности составил 80 баллов (CI=95%; MD=27,7; 45,2-102,9); у 62,5% этот показатель расценен как высокий, у 37,5% - низкий уровень активности.

Все пациенты были удовлетворены результатами оперативного лечения. Оценка по шкале AOFAS показала отличные и хорошие результаты лечения во всех интервалах наблюдения.

Среднее значение по шкале AOFAS до операции составляло 55,3 балла (CI=95%; MD=3,5; 49-59); через 3 мес. после операции – 91,4 балла (CI=95%; MD=6,8; 82-97); через 6 мес. – 95,1 балла (CI=95%; MD=8,2; 82-100); через 1 год и на втором году наблюдения – 96,1 балла (CI=95%; MD=7,3; 82-100).

Корреляционная связь результата (AOFAS на втором году наблюдения) с дооперационным значением AOFAS (исходная степень ограничения функции) и возрастом пациента (0,211 и 0,076 соответственно), а также степенью физической активности пациентов (0,043) отсутствует.

Ни в одном случае за 2 года после операции не выявлено рентгенологических признаков нестабильности эндопротеза.



Рис. 2. Рентгенограммы пациента А., 47 лет, до и после эндопротезирования:
а - до операции, б - после операции, с - через 6 мес. после операции

Обсуждение

Целью любого вмешательства при данном заболевании является уменьшение боли и восстановление функции сустава. Вопрос о наиболее эффективных методах лечения данной патологии остается спорным [8]. На сегодняшний день не существует эффективного долгосрочного варианта эндопротезирования.

Данные опубликованных научных работ касаются эндопротезирования при болезни Фрайберга-Келлера II скудны. Силиконовый эндопротез Swanson, первоначально разработанный для кисти, был использован для лечения болезни Фрайберга [6]. Тотальное эндопротезирование с использованием силиконового имплантата было популяризировано и впервые описано Bordelon RL [6,10]. Последующие отчеты Miller ML и Raschiolo также показали хорошие результаты при использовании силиконовых имплантатов [6,10,11], но возникающие проблемы, включая поломку и силиконовый синовит [6,12], не обеспечили этому методу популярности.

В небольшой когорте пациентов с коротким периодом наблюдения Townshend DN и Greiss ME (2007) использовали тотальное керамическое эндопротезирование. Восемь из девяти пациентов сообщили о хороших или отличных результатах при среднем сроке наблюдения 23 месяца [6,8].

В последней опубликованной работе Nikiforos P. Saragas и Paulo N. F. Ferrao (2021) предложили новую конструкцию эндопротеза. Трехкомпонентный имплант с парой трения металл-полиэтилен показал хорошие результаты в исследовании *in vitro* и на 15 трупах [6].

Большинство зарегистрированных серий являются небольшими из-за относительной редкости данного заболевания, что является ограничением данного исследования. Наши результаты в этой небольшой группе пациентов были обнадеживающими, но необходим дальнейший долгосрочный обзор с большим числом наблюдений.

Мы не считаем, что керамический эндопротез обязательно является операцией выбора для лечения болезни Фрайберга. Остеохондропатия Фрайберга-Келлера II в основном затрагивает головку плюсневой кости [1,4], следовательно, патогенетически обоснованным является гемизэндопротезирование с полной заменой головки плюсневой кости на керамический имплантат с сохранением интактных суставных поверхностей фаланг пальцев стопы.

Заключение

Хирургическая операция с использованием керамического гемизэндопротеза относительно проста в выполнении и, по нашему опыту, может обеспечить значительное восстановление функции сустава и облегчение симптомов.

Гемизэндопротезирование второго, третьего и четвертого плюснефаланговых суставов керамическими имплантатами – быстрый и эффективный способ восстановления функции и устранения анатомических дефектов головок малых лучей на стопе.

Полученные нами положительные результаты эндопротезирования второго и третьего плюснефалангового сустава в среднесрочном периоде не уступают результатам в ближнесрочном периоде наблюдения.

Дальнейшее накопление опыта эндопротезирования и сравнительные исследования результативности по отношению к другим методам лечения позволят добиться отличного и хорошего результатов лечения у большинства пациентов, что расширит показания к применению метода эндопротезирования при оперативном лечении данной патологии.

Список литературы / References:

1. Ральников А.В., Котляров А.Н., Чукичев А.В., Кононенко М.П., Неизвестных Е.А., Абушкина В.Г. К лечению болезни Келлера II. *Известия Челябинского научного центра*. 2005;1(27): 125-129 [Ral'nikov A.V., Kotlyarov A.N., Chukichev A.V., Kononenko M.P., Neizvestnykh E.A., Abushkina V.G. Towards the treatment of Kohler's disease II. *Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra*. 2005;1(27): 125-129 (in Russian)]
2. Cerrato R.A. Freiberg's disease. *Foot Ankle Clin*. 2011 Dec;16(4):647-58. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2011.08.008> Epub 2011 Oct 15. PMID: 22118235
3. Trnka H.J., Lara J.S. Freiberg's Infracracks: Surgical Options. *Foot Ankle Clin*. 2019 Dec;24(4):669-676. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2019.08.004> Epub 2019 Oct 8. PMID: 31653371
4. Love J.N., O'Mara S. Freiberg's disease in the Emergency Department. *J Emerg Med*. 2010 May;38(4):e23-5. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2007.10.028> Epub 2008 Mar 28. PMID: 18375088
5. Okutan A.E., Ayas M.S., Öner K., Turhan A.U. Metatarsal Head Restoration With Tendon Autograft in Freiberg's Disease: A Case Report. *J Foot Ankle Surg*. 2020 Sep-Oct;59(5):1109-1112. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2019.06.010> Epub 2020 Jul 9. PMID: 32653393

6. Saragas N.P., Ferrao PNF, Strydom A. A new lesser metatarsophalangeal joint replacement arthroplasty design - in vitro and cadaver studies. *BMC MusculoskeletDisord.* 2021 May 7;22(1):424. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04257-x> PMID: 33962604; PMCID: PMC8106176

7. Бубнова М.Г., Аронов Д.М. Методические рекомендации. Обеспечение физической активности граждан, имеющих ограничения в состоянии здоровья. Под редакцией С.А. Бойцова. *КардиоСоматика.* 2016;791):5-50 [Bubnova M.G., Aronov D.M. Guidelines. Ensuring physical activity of citizens with disabilities. Edited by S.A. Boytsov. *KardioSomatika.* 2016;791):5-50 (in Russian)]

8. Townshend D.N., Greiss M.E. Total ceramic arthroplasty for painful, destructive disorders of the lesser metatarsophalangeal joints. *Foot.* 2007;17(2):73-5. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2006.09.006>

9. Bordelon R.L. Silicone implant for Freiberg's disease. *South Med J.* 1977 Aug;70(8):1002-4. <https://doi.org/10.1097/00007611-197708000-00032> PMID: 887959

10. Miller M.L., Lenet M.D., Sherman M. Surgical treatment of Freiberg's infraction with the use of total joint replacement arthroplasty. *J FootSurg.* 1984 Jan-Feb;23(1):35-40. PMID: 6699358

11. Cracchiolo A. 3rd, Kitaoka H.B., Leventen E.O. Silicone implant arthroplasty for second metatarsophalangeal joint disorders with and without hallux valgus deformities. *FootAnkle.* 1988 Aug;9(1):10-8. <https://doi.org/10.1177/107110078800900104> PMID: 3220330

12. Shih A.T., Quint R.E., Armstrong D.G., Nixon B.P. Treatment of Freiberg's infraction with the titanium hemi-implant. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2004 Nov-Dec;94(6):590-3. <https://doi.org/10.7547/0940590> PMID: 15547129

Информация об авторах:

Федотов Павел Владимирович – врач-травматолог-ортопед ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары). ORCID 0000-0003-2833-235X E-mail: pfedotov@orthoscheb.com. Дизайн исследования, анализ данных, написание текста.

Ковалев Дмитрий Васильевич – заведующий травматолого-ортопедическим отделением ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары). ORCID 0000-0002-4011-6409 E-mail: kovalev@orthoscheb.com. Концепция, редактирование рукописи, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Михайлов Анатолий Сергеевич - врач-травматолог-ортопед ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары). ORCID 0000-0003-0533-0570 E-mail: orelwolf@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Федотов Павел Владимирович, E-mail: pfedotov@orthoscheb.com

Information about authors:

Pavel V. Fedotov - traumatologist orthopedist of Federal State Budgetary Institution Federal Center of Traumatology, Orthopedics and en-

doprosthesis replacement of Ministry of Health of the Russian Federation (Cheboksary), Russia; E-mail: pfedotov@orthoscheb.com

Dmitrii V. Kovalev - Head of the Traumatology and Orthopedic Department of Federal State Budgetary Institution Federal Center of Traumatology, Orthopedics and endoprosthesis replacement of Ministry of Health of the Russian Federation (Cheboksary), Russia; E-mail: kovalev@orthoscheb.com

Anatolii S. Mikhailov - traumatologist orthopedist of Federal State Budgetary Institution Federal Center of Traumatology, Orthopedics and endoprosthesis replacement of Ministry of Health of the Russian Federation (Cheboksary), Russia; E-mail: orelwolf@gmail.com

Corresponding author: Pavel V. Fedotov, E-mail: pfedotov@orthoscheb.com

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-57-66>

УДК 617.3

©Т.Р. Кудрачев, К.М. Азаркин, Ю.Р. Гончарук, А.В. Лычагин, П.С. Тимашев, М.М. Липина, П.И. Петров, Г.М. Кавалерский, 2022

Обзор литературы / Literature review

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ РАЗРЫВОВ МЕНИСКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Т.Р. КУДРАЧЕВ¹, К.М. АЗАРКИН¹, Ю.Р. ГОНЧАРУК¹, А.В. ЛЫЧАГИН¹, П.С. ТИМАШЕВ², М.М. ЛИПИНА¹, П.И. ПЕТРОВ¹, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ¹

¹ Кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 127994, Москва, Россия

² Институт регенеративной медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Резюме

Мениски коленного сустава являются важными анатомическими структурами, повреждение и потеря которых стремительно ведет к развитию остеоартроза. На сегодняшний момент при лечении разрыва мениска приоритетной задачей является восстановление менисковой ткани. Для реконструкции необходимо воссоздать архитектуру и расположение клеток внутри мениска. Решением данной проблемы давно занимается регенеративная медицина.

Цель данной работы. Обзор современной отечественной и зарубежной литературы, посвященной теме восстановления ткани мениска при помощи методов тканевой инженерии с использованием скаффолдов. В обзоре отражена актуальность проблемы лечения повреждений менисков коленного сустава, подробно обсуждаются возможности использования современных достижений регенеративной медицины, а также 3Д печати скаффолдов мениска.

Материалы и методы. В ходе работы был проведен обзор отечественных и зарубежных публикаций за последние 5 лет. Поиск отечественных публикаций проводился в базе данных eLibrary.ru, зарубежных — в базах данных PubMed, Scopus, MEDLINE, Cochrane library. В поиск включили оригинальные доклинические исследования *in vivo*, связанные с тканевой инженерией менисков коленного сустава.

Выводы. Использование комбинированных скаффолдов с целью замещения ткани мениска является перспективным направлением регенеративной медицины. Доступные коммерческие варианты скаффолдов показывают хорошие краткосрочные результаты лечения, возможности образования неоменисковой ткани на месте лизированных скаффолдов. Для достижения полной регенерации и восстановлению всех функций мениска исследователи продолжают активно разрабатывать и исследовать в эксперименте различные материалы и методы модификации каркасов.

Ключевые слова: регенерация менисков; лечение менисков; тканевая инженерия; скаффолды менисков

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Кудрачев Т.Р., Азаркин К.М., Гончарук Ю.Р., Лычагин А.В., Тимашев П.С., Липина М.М., Петров П.И., Кавалерский Г.М., СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ РАЗРЫВОВ МЕНИСКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. № 4(50). С. 57–66 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-57-66>

MODERN POSSIBILITIES OF DIAGNOSIS AND TREATMENT OF KNEE MENISCUS TEARS

TAGIR R. KUDRACHEV¹, KIRILL M. AZARKIN¹, YULIYA R. GONCHARUK¹, ALEXEY V. LICHAGIN¹, PETER S. TIMASHEV², MARINA M. LIPINA¹, PAVEL I. PETROV¹, GENADII M. KAVALERSKY¹

¹ Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Catastrophes, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 127994, Moscow, Russia

² *Institute for Regenerative Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991, Moscow, Russia*

Abstract

The menisci are described as one of the most crucial structures of the knee. At the same time they are frequently injured structures. Due to the vital functions of the meniscus and possibility of early onset osteoarthritis in the absence of the meniscus, orthopedic surgeons have shifted their management goals from resection to preservation, repair, and reconstruction of the meniscus. Various techniques of meniscal regeneration based on tissue engineering have been of high interest in the current research with promising therapeutic results.

The purpose of the study: This review aims to discuss the current understanding of the meniscus, its role in biomechanics of the knee joint, and the current methods used to diagnose and manage meniscal tears.

Materials and methods: In this study domestic and foreign publications over the past 5 years were reviewed. The search for publications was carried out in the following databases: elibrary.ru, PubMed, Scopus, MEDLINE and Cochrane library. The search included original preclinical in vivo studies related to tissue engineering of the knee joint menisci.

Conclusions:

Currently commercially available single-component scaffolds have shown good short-term results, the possibility of neo-meniscal tissue regeneration in place of lysed implant. Research performed on potential combination of cells, signal molecules and 3D printed scaffold with aim to enhance meniscal regeneration looks promising, and regenerative medicine appears to be the way forward. Further studies on scaffold manufacturing and modifying technologies are needed to achieve complete regeneration and restoration of all meniscus functions.

Keywords: meniscal regeneration; meniscal repair; meniscus; tissue engineering; meniscal scaffolds

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Kudrachev T.R., Azarkin K.M., Goncharuk Y.R., Lychagin A.V., Timashev P.S., Lipina M.M., Petrov P.I., Kavalersky G.M., MODERN POSSIBILITIES OF DIAGNOSIS AND TREATMENT OF KNEE MENISCUS TEARS (LITERATURE REVIEW). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. № 4 pp. 57-66 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-57-66>

Введение

Повреждения менисков встречаются в 55-84,8% случаев всех травм коленного сустава [1], при этом разрывы медиального мениска наблюдаются в 3-10 раз чаще, чем латерального. Каждый год во всём мире выполняется примерно 2 миллиона артроскопических операции на коленном суставе, что сопряжено с прямыми медицинскими затратами в размере 4 миллиардов долларов США [2]. Тотальная менискэктомия, хотя и была распространённым методом лечения в прошлом, в настоящее время есть тенденция к уменьшению числа таких операций. Отдаленные результаты после полной резекции мениска выявили неблагоприятные последствия данной операции. Отмечена деградация подлежащего суставного хряща и последующее развитие раннего остеоартрита. [3] По мере развития клинической медицины и фундаментальной науки мы должным образом осознаем мениск как необходимую структуру. Мениск играет ключевую роль в обеспечении конгруэнтности суставных поверхностей, перераспределении нагрузки, повышении стабильности, а также участвует в питании и лубрикации коленного сустава.

В данном литературном обзоре мы рассмотрим методы реконструкции менисков посредством тканевой инженерии, основываясь на понимании структуры ткани и возможных методов диагностики ее качества.

2. Материалы и методы

Проанализированы оригинальные доклинические исследования *in vivo*, связанные с тканевой инженерией

мениска коленного сустава. Поиск осуществлялся при помощи информационных баз данных: Pubmed, SCOPUS, MEDLINE, Cochrane library. Критериями включения являлись: наличие полнотекстового формата статей, дата публикации 2015-2022 год, язык оригинальной статьи русский или английский, описанная экспериментальная модель животного: овцы, кролики, мелкие грызуны. Найдено 113 статей. После удаления повторов и оценки по критериям включения отобрано 40 работ. В обзор не включены статьи, в которых описаны скаффолды с применением клеточных технологий.

3. Анатомия мениска коленного сустава

Мениски коленного сустава являются фиброзно-хрящевыми анатомическими структурами, которые фиксированы к плато большеберцовой кости передним и задним рогами. Внешней стороной они крепятся к капсуле коленного сустава. Внутренняя сторона мениска свободно находится в полости сустава. Robert S' migielski выделяет 5 зон медиального мениска и 5 зон латерального мениска, основываясь на анатомической связи данных зон с другими структурами коленного сустава [4].

С учетом особенностей кровоснабжения менисков, условно выделены 3 зоны: красная (зона с достаточным кровоснабжением), розовая (переходная) и белая (где отсутствует кровоснабжение). Внутренняя треть мениска является аваскулярной зоной и ее питание осуществляется путем диффузии посредством синовиальной жидкости.

Знание анатомо-физиологических особенностей разных зон мениска способствует выбору оптимального метода лечения при разрывах различной локализации [5].

4. Ультроструктура мениска

Мениск коленного сустава на 72% состоит из воды. Оставшаяся сухая масса составляет экстрацеллюлярный матрикс и клетки [6]. Различают три субпопуляции клеток мениска: фибробластоподобные клетки, находящиеся в сосудистой зоне, хондроцитоподобные клетки – в аваскулярной зоне, и клетки, распределенные в поверхностных слоях белой зоны [7]. Их общая функция – синтез и отложение внеклеточного матрикса в ответ на механические раздражители. Распределение различных клеток в архитектуре мениска (сегменты и зоны) в последнее время находится в центре внимания исследователей, так как это может помочь в создании биоинженерных имплантатов. [2]

Большая часть экстрацеллюлярного матрикса представлена коллагеном. Petersen et al. различают три слоя коллагена в ткани мениска: поверхностная сеть фибрилл, образующая сетчатую матрицу на участках суставных поверхностей бедренной и большеберцовой кости; пластинчатый слой, лежащий ниже фибриллярной сети и состоящий из радиально ориентированных пучков коллагеновых волокон; и центральный основной слой коллагеновых фибрилл, идущий по окружности от переднего рога к заднему. [8]

Коллаген, входящий в состав мениска представлен разными типами. Во внешней трети преобладает коллаген первого типа, во внутренней части мениска – коллаген второго типа. Сплетение коллагеновых волокон позволяет преобразовывать вертикальную сжимающую нагрузку в “напряжение по окружности”. Такая архитектура позволяет менискам равномерно распределять нагрузку, уменьшая травматизацию суставного хряща [9-10].

Изолированные разрывы менисков возникают из-за вращательных или сдвигающих сил, воздействующих на тибio-фemorальный сустав, особенно когда через мениски действует повышенная осевая нагрузка. [7]

Существует несколько классификаций разрывов менисков коленного сустава. Международная классификация повреждения менисков, разработанная в 2006 году Международным обществом артроскопии, хирургии коленного сустава и спортивной медицины (ISAKOS) [11], основана на морфологической характеристике повреждения.

□ Продольный разрыв – может располагаться в любом месте вдоль края мениска. Это повреждение может привести к разрыву по типу ручки лейки.

□ Горизонтальный разрыв начинается у внутреннего края мениска и распространяется к капсуле.

□ Радиальный разрыв – также начинается у внутреннего края и распространяется по направлению к капсуле. Этот тип разрыва обычно локализуется на границе средней и задней третей латерального мениска. Эти разрывы могут полностью проходить через край мениска, пересекая мениск.

□ Лоскутные разрывы могут быть как вертикальными, так и горизонтальными. Вертикальный проходит как через нижнюю, так и через верхнюю поверхности мениска. Горизонтальный является следствием горизонтального разрыва. Либо нижняя, либо верхняя поверхность мениска может оставаться интактной при горизонтальном лоскутном разрыве.

□ Комбинированный разрыв – разрыв в нескольких плоскостях.

5. Диагностика разрывов мениска

В практике применяют как классические динамические тесты для диагностики повреждения менисков, так и визуализирующие методики.

При использовании только клинических тестов необходимо опираться на несколько различных тестов, поскольку точность тестов колеблется от 60 до 95 % в зависимости от клинического опыта исследователя [12]. МРТ является наиболее распространенным инструментальным методом диагностики. Чувствительность и специфичность МРТ в диагностике разрывов мениска варьирует в диапазоне от 77% до 100% [13]–[15] как на аппаратах 1,5 и 3 Тл, так и при низкой напряженности поля (0,2 и 0,3 Тл) [16], [17]. При этом Де Смет и Граф [18] сообщают, что чувствительность МРТ к обнаружению повреждений латерального мениска снижается при наличии в анамнезе острого разрыва ПКС – 94% для разрывов латерального мениска без повреждения ПКС и 69% при наличии разрыва передней крестообразной связки.



Золотым стандартом диагностики является артроскопия, однако, данный вид диагностики не применяется повсеместно ввиду инвазивности и дороговизны метода. [19] На данный момент не рекомендовано проводить диагностическую артроскопию без дополнительной лечебной манипуляции по отношению к разрыву мениска.

В настоящее время для оценки интраартикулярных повреждений коленного сустава исследуются несколько новых оптических методов: спектроскопия в ближней инфракрасной области (БИК), спектроскопия в среднем инфракрасном диапазоне и оптическая когерентная томография (ОКТ). Инфракрасная

спектроскопия является одним из наиболее эффективных спектроскопических методов диагностики внутрисуставных повреждений. Многие биологические ткани содержат связи C-H, O-H, N-H и S-H, которые отвечают за поглощение или рассеяние света в инфракрасном диапазоне. [20] Таким образом, данные оптические методы позволяют получить информацию о патологических изменениях поврежденных тканей на молекулярном уровне. БИК-спектроскопия — это быстрый неинвазивный метод, который можно применять для диагностики в режиме реального времени. Этот метод показал многообещающие результаты в исследовании биомеханических свойств суставного хряща, его гистологической оценки и определении биохимического состава [21].

6. Лечение разрывов менисков

Лечение разрывов менисков зависит от многих факторов. Учитываются возраст пациента, анамнез, генез и локализация разрыва. После проведения дополнительных исследований: функциональных тестов и МРТ коленного сустава, встает выбор между консервативным и оперативным лечением. [22]

Существует несколько хирургических вариантов лечения разрывов мениска. Они включают полную и частичную менискэктомию; шов мениска и его реконструкцию, когда для замены сегмента отсутствующего мениска используется аллогraft или скаффолд мениска. Восстановление мениска является приоритетной задачей в тех случаях, когда отсутствует или устранена нестабильность сустава, имеются только периферические разрывы мениска, и в случаях повреждений у молодых и физически активных пациентов [23]

6.1. Шов мениска

Согласно консенсусу ESSKA от 2019 года, шов мениска рекомендовано выполнять при продольных разрывах длиной более 10 мм, включая разрывы по типу «ручки лейки», радиальные разрывы зон 1 и 2 по классификации Купера и разрывы корней менисков. [23]

Описаны разные техники шва мениска: изнутри-кнаружи, снаружи-внутри и all-inside. Однако дегенеративные, сложные или большие разрывы, особенно те, которые находятся в бессосудистой области невозможно восстановить при помощи швов. Дополнительно существует риск несостоятельности шва мениска, который отмечается 5% - 43,5% (в среднем в 15%) случаев. [24] 15%

Для потенцирования регенерации в области шва мениска были предложены вспомогательные методики для аугментации: трепанация мениска и абразивная техника [25], использование обогащённой тромбоцитами плазмы (PRP) и фибринового клея. По данным систематического обзора, субъективное улучшение показателей функциональных тестов отмечено после восстановления мениска с помощью биологической аугментации, однако, преимущества в отношении усиления регенеративных процессов по сравнению со стандартным швом мениска подвергаются сомнению. [26]

6.2. Трансплантация менисков

Когда врачи сталкиваются с инкурабельными разрывами мениска или с пациентами, перенесшими тотальную или субтотальную менискэктомию, трансплантация менискового аллотрансплантата (MAT) может рассматриваться в качестве предпочтительного метода лечения. К ограничениям аллотрансплантации можно отнести узкий перечень показаний к ее выполнению. Методика может быть применена у пациентов в возрасте до 55 лет, со стабильным коленным суставом и без значительных отклонений оси конечности от нормальных значений. Степень артроза, присутствующего до операции, оказывает решающее влияние на конечный результат. Эта операция противопоказана при тяжелом остеоартрите. [27]

Наиболее часто используются глубокозамороженные и криоконсервированные менисковые аллотрансплантаты. Наблюдается тенденция к использованию свежих аллотрансплантатов. [28]. Основной технической трудностью в подборе трупного материала является несоответствие размера и формы донорского мениска и области его имплантации в коленный сустав реципиента. В случае трансплантации комплекса мениска и костного блока дополнительная травматичность процедуры объясняется необходимостью адаптации костного блока к суставу. Кроме того, сохраняется выраженный послеоперационный болевой синдром, который замедляет процесс восстановления после трансплантации мениска и отдалает сроки возвращения в профессиональный спорт. [29] Основная цель MAT - предотвратить или отсрочить дегенерацию сустава. Однако результаты современных исследований показывают, что не удастся добиться достаточных хондропротективных свойств от данной методики. [30]

Помимо трансплантации мениска в литературе описано использование аутографта для замены мениска при помощи сухожилия длинной малоберцовой мышцы при дефиците ткани латерального мениска. [31]

7. Тканевая инженерия менисков

Тканевая инженерия в настоящее время является наиболее перспективным методом восстановления ткани мениска. Вышеописанные методы трансплантации мениска допустимы только для полного замещения мениска коленного сустава. Для частичной замены возможно использование скаффолда мениска.

На данный момент в Европе доступны два вида менисковых скаффолда, предназначенных для реконструкции или замещения частичных дефектов мениска:

1) Коллагеновый имплантат мениска (Collagen Meniscal Implant – CMI) (Ivy Sports Medicine, Гrefельфинг, Германия) изготавливается из коллагена 1-ого типа бычьего ахиллового сухожилия. Применяется в клинической практике с 1997 года.

2) Полимерный синтетический каркас Actifit (Ortec Bioengineering, Лондон, Великобритания) изготовлен из смеси поликапролактона и уретана. Вошедший в практическое использование несколькими годами ранее [1] Gräfelting, Germany [33]

В актуальных исследованиях отмечена безопасность и хорошие ранние и среднесрочные клинические результаты при использовании данных скаффолдов [34], [33]. Через 12 месяцев после имплантации скаффолдов был взят биопсийный материал для гистологической оценки, которая показала богатую сосудами фиброзноподобную ткань в импланте СМІ, в то время как Actifit имел хрящеподобную аваскулярную структуру. В обоих случаях экстрацеллюлярный матрикс и клетки имели гетерогенный характер расположения внутри скаффолда, что может свидетельствовать о неравномерном распределении нагрузки на каркас. Ни в одном из скаффолдов не отмечены признаки некроза в новообразованной ткани мениска. [34] Суставной хрящ выглядит интактно и без появления новых повреждений у большинства пациентов в двух группах.

При двухлетнем наблюдении данных МРТ отмечали заполнение места скаффолда новой тканью и изменение изначальной формы скаффолда. Размеры скаффолда уменьшились на 61% у группы пациентов СМІ и на 79% у группы пациентов с Actifit, что связывают с действием неравномерных нагрузок в суставе. [33]

Большинство исследователей отмечают трудности, связанные с фиксацией скаффолда к капсуле сустава. Механическая слабость и изменение формы каркасов после их трансплантации обуславливают необходимость в поиске и разработке новых моделей скаффолдов мениска. [35]

Концепция тканевой инженерии, основанная на возможной комбинации скаффолда, клеток и биоактивных агентов с целью усиления регенеративного потенциала, представляет из себя многообещающую стратегию лечения повреждений менисков.

Начиная обсуждение с конструкции бесклеточного каркаса следует упомянуть о двух важных факторах, которые определяют использование скаффолдов: выбор метода изготовления и материала для создания каркаса.

7.1. Методы изготовления скаффолдов мениска

При выборе метода учитывают возможность регулирования величины пор, пористости и направления волокон скаффолда. Данные характеристики важны для пролиферации клеток и процесса неоваскуляризации. Также необходимо оценить экономическую целесообразность применения того или иного метода.

Технология изготовления губчатых каркасов основана на физической/химической обработке материала скаффолда с соответствующим изменением давления и/или температуры. В настоящее время подобные методики менее популярны, поскольку следовые концентрации реагентов, используемых в процессе изготовления, могут оказывать негативное влияние на клетки и окружающий экстрацеллюлярный матрикс мениска. Ввиду того, что свойства таких каркасов изотропны, и их внутренняя структура в значительной степени зависит от процесса изготовления, очень трудно контролировать размер и геометрию пор, их распределение, взаимосвязь и общую пористость. [36]

Технология электроспиннинга позволяет изготавливать биоразлагаемые волокна различного диаметра, которые, как предполагается, могут имитировать ультраструктуру и механические свойства нативного мениска. В ряде исследований описан данный вид производства скаффолдов [37], [38]. Метод основан на преобразовании растворов полимеров в однородные волокна посредством накопления материала на коллекторе под воздействием на раствор электромагнитным полем. Для изготовления скаффолда необходимой формы требуется применение формирующих заготовок. Дополнительная сложность для воспроизведения анатомии нативного мениска состоит в том, что волокна, которые выпускаются из сопла при прохождении через электромагнитное поле распределяются в тонкослойный двухмерный скаффолд неравномерно. Это не позволяет одномоментно создать точную 3Д структуру и вынуждает прибегать к методикам химического или физического сшивания слоев. Другой проблемой является пористость получаемых материалов. Небольшой размер пор волокнистого материала затрудняет проникновение клеток в более глубокую зону каркасов, при этом большинство клеток после посева прикрепляются и распространяются только по поверхности скаффолда. [39] Подобные ограничения объясняют, почему ряд исследователей используют данную технологию только в комбинации с другими аддитивными методами. [37]

К аддитивным методам производства относят:

- 3D-нанесение / прямая запись чернилами,
- стереолитография (SLA),
- селективное лазерное спекание (SLS),
- моделирование методом плавного осаждения (FDM)
- печать на 3Д биопринтере на основе экструзии [40].

Данные методики позволяют создавать скаффолды с заданными параметрами (диаметр волокон и свойства пор). В литературе последних лет наиболее часто упоминается моделирование методом послойного наплавления (FDM) [41, с.], [42]

Технология FDM печати позволяют быстро напечатать конструкт из различных синтетических полимеров, при условии удачной настройки принтера и наличия сопла необходимого диаметра. В актуальных исследованиях толщина пор [41, с.], [42] варьирует от 200 до 400 мкм. В одном из исследований в ходе эксперимента было определено, что наилучшие регенеративные свойства клеток привитых на поликапролактоновый скаффолд были получены при размере пор 215 мкм (в сравнении с порами размером 320 мкм и 515 мкм) [43].

Другие возможности открываются при использовании 3D-печати с двумя соплами и применением термопластичного материала (например, поликапролактона) и гидрогелевого компонента. В этом случае механическая стойкость первого компонента дополняется способностью создания благоприятной для клеток среды за счет гидрогеля. Конструкции могут быть изготовлены путем чередования нитей поликапролактона с гидрогелем, насыщенным клетками. [44]

В качестве альтернативы, предварительно изготовленные 3D-печатные скаффолды могут быть пропитаны гидрогелями. [41],[45]

В некоторых исследованиях применяется электрогидродинамически струйная 3D-печать для создания более высокоточных конструкций. [46],[47] Это многообещающая технология, разработанная на основе электроспиннинга, которая позволяет осуществлять точное нанесение волокон послойно с индивидуальным дизайном. Скаффолды, произведенные данным методом, способны поддерживать фиксацию, проникновение и пролиферацию клеток, а также формирование внеклеточного матрикса, благодаря четко очерченным порам. [46] В недавнем исследовании показано, что подобные скаффолды имеют больший модуль Юнга по сравнению с коллагеновым каркасом (СМ) и больший показатель предела текучести по сравнению со скаффолдами напечатанными на FDM принтере. [47] Однако данный метод сопряжен с высокими финансовыми затратами в связи с дорогостоящим оборудованием и расходным материалом.

7.2. Различные материалы скаффолдов

Основные требования, предъявляемые к материалам скаффолдов:

- 1) Биосовместимость каркаса и продуктов его деструкции с тканями хозяина
- 2) Возможность регулирования времени биодеградации. В идеале время деградации должно совпасть со временем образования новой ткани мениска.
- 3) Механические свойства, достаточные для поддержания прочности каркаса на протяжении времени его замещения неоменисковой тканью.

Скаффолды могут состоять как из синтетических материалов, так и из природных. К последним относят коллаген [48], желатин, гиалуроновую кислоту [49], агарозу и другие гидрогели. [50],[51]. Природные биоматериалы нашли широкое применение благодаря их способности к биодеградации и биосовместимости. Однако механическая прочность биологических скаффолдов ниже, чем у скаффолдов изготовленных из синтетических материалов. Имеются данные о том, что каркасы из природных полимеров значительно быстрее подвергаются деградации, уменьшаются в размере и разрушаются в момент фиксации их к капсуле сустава. [33]

В качестве альтернативного метода производства биомиметического бесклеточного каркаса J. C. Ruprecht и T. D. Waanders предложили использовать процесс децеллюляризации неповрежденной ткани резецированного мениска, чтобы сохранить нативную структуру и организацию на уровне волокон коллагена. Кроме того, данный тип скаффолда, как ожидается, будет иметь гораздо меньший иммунотензионный потенциал. Среди основных проблем, связанных с использованием децеллюляризованной ткани, плотная структура внеклеточного матрикса (ECM), неправильное прилегание и несоответствие размеров суставным по-

верхностям, что снижает клеточную инфильтрацию этих каркасов. [8]

В качестве синтетических материалов наиболее широко применяются следующие: поликапролактон (PCL) [42] полиуретан, полимолочная кислота [52] и полимолочно-ко-гликолевая кислота (PLGA) [53]. Отмечено, что синтетические полимеры обладают большей механической стабильностью. Перед использованием таких каркасов на модели животного следует обратить внимание на продукты распада скаффолда и на время деградации материала в различных биологических средах. Так, в ходе деградации полиуретана образуются канцерогенные вещества, а продукты распада PLGA создают вокруг себя кислую среду, которая непригодна для развития и дифференцировки клеток [53]. Некоторые материалы разлагаются быстрее, чем успевает образоваться неоменисковая ткань. [54]

Поликапролактон (PCL) является наиболее часто используемым материалом для изготовления скаффолдов из имеющихся биосовместимых синтетических материалов. В зависимости от молекулярной массы срок деградации варьирует от 1 года до трех лет, что позволяет конструкции долго сохранять механическую прочность [42]. Материал прост в обращении при печати и доступен в любой форме для использования в различных аддитивных технологиях. [52] Однако поликапролактон обладает гидрофобными свойствами, и способность клеток к прикреплению на его поверхности возможна только при наличии биоактивных молекул. В исследовании был предложен поликапролактоновый каркас с введением оптимизированного Са-альгинатного гидрогеля с наличием экстрацеллюлярного матрикса (2%), показавший хорошую регенеративную способность в сравнении с экспериментальной группой. [41]

За последние 5 лет в доклинических исследованиях [55],[56],[45] активно используют гидрогели. Гидрогели представляют собой полужидкие гидрофильные коллоиды, состоящие из сети сшитых природных или синтетических полимерных цепей. Им можно легко придать нужную форму и равномерно смешать с клетками и факторами роста. Физические свойства гидрогелей определяются содержанием в них воды. Более высокая пористость способствует диффузии клеток. Однако гидрогелиевый скаффолд не способен нести нагрузку соответствующую каркасу нативного мениска, что ограничивает его изолированное использование в качестве скаффолда [57].

8. Ростовые факторы

Было продемонстрировано, что определенные факторы роста играют ключевую роль в метаболической активности фиброхондроцитов мениска: регулируют развитие, гомеостаз, обновление и регенерацию клеток. Наиболее часто с целью регенерации ткани или фиброхондроцитов мениска используют следующие факторы роста:

- основной фактор роста фибробластов (bFGF);
- трансформирующий фактор роста бета 1 и 3 (TGFB1, TGFB3)
- инсулиноподобный фактор роста
- фактор IGF-1 [58].

Тем не менее, определение наиболее подходящего сочетания ростовых факторов, подходящих доз и кинетики высвобождения остаются нерешенными проблемами.

Последние достижения в области тканевой инженерии менисков сосредоточены на разработке зонально организованных тканевых конструкций, которые пытаются имитировать анизотропную ультраструктуру человеческого мениска. [59]

9. Обсуждение

Тканевая инженерия менисков является перспективной и активно развивающейся областью регенеративной медицины. Продолжается поиск материалов и методов изготовления скаффолда мениска, удовлетворяющих все условия по восстановлению структуры и функции мениска. Каркас должен обладать хорошими механическими свойствами и иметь достаточную толщину пор для успешной миграции и пролиферации клеток внутри конструкции. Материал скаффолда не должен быть токсичным, одновременно с этим должен обладать достаточной биоактивностью для обеспечения жизнеспособности клеток. С этой задачей могут справиться биологические компоненты в виде экстрацеллюлярного матрикса и ростовых факторов. В связи с этим, все чаще прибегают к его модификации биохимическими стимулами, использование мезенхимальных стволовых клеток, а также возможное применение физиологической стимуляции в биореакторах. [60]

В доклинических экспериментах применение мезенхимальных стволовых клеток различного происхождения улучшает микроокружение скаффолда и способствует дальнейшей регенерации менисков. Разные типы клеток, как и разные матричные материалы могут быть использованы для индуцирования зональных изменений в скаффолде. [61]

Таким образом, идеальный скаффолд мениска должен способствовать анаболической активности, а именно эндогенному восстановлению тканей и регенерации с помощью биомиметического каркаса, который обеспечивает клеточное прикрепление и рост, способствуя идеальной интеграции каркаса с тканью [62]

В настоящее время для производства скаффолдов мениска все чаще используют аддитивные технологии. 3D-принтеры и методы 3D-визуализации становятся более популярными, и появляется возможность разработки персональных каркасы для менисков. Актуальной идеей является комбинирование синтетических и природных материалов.

Природные полимеры, такие как коллаген и желатин, обычно содержат молекулы, которые могут взаимодействовать с клетками, улучшая биологические характеристики гибридных полимерных каркасов. Параллельно с этим синтетические полимеры обеспечивают настраиваемые физические свойства, такие как механическая поддержка и контролируемая скорость деградации. [63]

Доклинические исследования рекомендовано проводить не только на маленьких животных, но и на крупных моделях, например, на модели овцы. Мениски крупных животных имеют

большую схожесть с человеческими по размеру и анатомии. Также возможно отработать хирургическую технику, от которой также зависит конечный исход регенерации мениска. [64]

Целью данного обзора было осветить как роль мениска в биомеханике, так и структуру, методы диагностики и лечения разрывов мениска. Развитие биоинженерных технологий дает возможность совершенствовать методы производства и материалы скаффолдов, что подтверждается ежегодным ростом числа проводимых экспериментальных исследований. Множество вопросов, как и прежде остаются спорными. Дальнейшее обсуждение и анализ имеющихся хирургических и фундаментальных техник, а также динамика их развития и актуальность планируется к описанию нами в следующих публикациях.

Список литературы / References

1. Абдуразаков У. А., Набиев Е. Н., Байзаков А. Р. Анатомо-функциональные особенности менисков и причины их повреждений // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2020; 1:298-302. [Abdurazakov U.A., Nabiyev E.N., Baizakov A.R. Anatomical-functional features of meniscus and the causes of their damages. Vestnik Kazahskogo nacional'nogo medicinskogo universiteta. 2020; 1:298-302. (In Russian)]
2. Verdonk R., Espregueira Mendes J., Monllau J. (eds) Meniscal Transplantation. Heidelberg, Springer Berlin publ. 2013;119
3. Allen P. R., Denham R. A., Swan A. V. Late degenerative changes after meniscectomy. Factors affecting the knee after operation. The Journal of bone and joint surgery. British volume, 1984; 66(5):666-671. doi: 10.1302/0301-620X.66B5.6548755.
4. Śmigiełski R., Becker R., Zdanowicz U., Ciszek B. Medial meniscus anatomy-from basic science to treatment. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA. 2015; 23(1):8-14. doi: 10.1007/s00167-014-3476-5.
5. Arnoczky S. P., Warren R. F. Microvasculature of the human meniscus. The American journal of sports medicine. 1982; 10(26):90-95. doi: 10.1177/036354658201000205.
6. Fox A. J., Bedi A., Rodeo S. A. The basic science of human knee menisci: structure, composition, and function. Sports health. 2012; 4(4):340-351. doi: 10.1177/1941738111429419.
7. Twomey-Kozak J., Jayasuriya C. T. Meniscus Repair and Regeneration: A Systematic Review from a Basic and Translational Science Perspective. Clinics in sports medicine. 2020; 39(1):125-163. doi: 10.1016/j.csm.2019.08.003.
8. Petersen W., Tillmann B. Collagenous fibril texture of the human knee joint menisci, Anatomy and Embryology (Berlin). 1998; 197(4):317-324. doi: 10.1007/s004290050141.
9. Renström P., Johnson R. J. Anatomy and biomechanics of the menisci. Clinics in sports medicine. 1990; 9(3):523-538. doi: 10.1016/S0278-5919(20)30704-3.
10. Guo W., Liu S., Zhu Y., Yu C., Lu S., Yuan M., Gao Y., Huang J., Yuan Z., Peng J., Wang A., Wang Y., Chen J., Zhang L., Sui X., Xu W.,

Guo Q. Advances and Prospects in Tissue-Engineered Meniscal Scaffolds for Meniscus Regeneration. *Stem cells international*. 2015; 517520. doi: 10.1155/2015/517520.

11. Anderson A. F., Irrgang J. J., Dunn W., Beaufils P., Cohen M., Cole B. J., Coolican M., Ferretti M., et al. Interobserver reliability of the International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine (ISAKOS) classification of meniscal tears. *The American journal of sports medicine*. 2011; 39(5):926–932. doi: 10.1177/0363546511400533.

12. Malanga G. A., Andrus S., Nadler S. F., McLean, J. Physical examination of the knee: a review of the original test description and scientific validity of common orthopedic tests. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2003; 84(4):592–603. doi: 10.1053/apmr.2003.50026.

13. Anderson M. W., Raghavan N., Seidenwurm D. J., Greenspan A., Drake C. Evaluation of meniscal tears: fast spin-echo versus conventional spin-echo magnetic resonance imaging. *Academic radiology*. 1995; 2(3):209–214. doi: 10.1016/s1076-6332(05)80166-7.

14. Magee T., Shapiro M., Williams D. Usefulness of simultaneous acquisition of spatial harmonics technique for MRI of the knee. *American journal of roentgenology*. 2004; 182(6):1411–1415. doi: 10.2214/ajr.182.6.1821411.

15. Reeder J. D., Matz S. O., Becker L., Andelman S. M. MR imaging of the knee in the sagittal projection: comparison of three-dimensional gradient-echo and spin-echo sequences. *American journal of roentgenology*. 1989; 153(3):537–540. doi: 10.2214/ajr.153.3.537.

16. Magee, T., & Williams, D. (2006). 3.0-T MRI of meniscal tears. *American journal of roentgenology*. 2006; 187(2):371–375. doi: 10.2214/AJR.05.0487.

17. Cotten A., Delfaut E., Demondion X., Lapègue F., Boukhelifa M., Boutry N., Chastanet P., Gougeon F. MR imaging of the knee at 0.2 and 1.5 T: correlation with surgery. *AJR. American journal of roentgenology*. 2000; 174(4):1093–1097. doi: 10.2214/ajr.174.4.1741093.

18. De Smet A. A., Graf B. K. Meniscal tears missed on MR imaging: relationship to meniscal tear patterns and anterior cruciate ligament tears. *American journal of roentgenology*. 1994; 162(4):905–911. doi: 10.2214/ajr.162.4.8141016.

19. Coşkun Bilge A., Tokgöz N., Dur H., Uçar M. The value of magnetic resonance imaging in diagnosing meniscal tears: A retrospective cohort study. *Journal of Surgery and Medicine*. 2019; 3(1):64–69 doi: 10.28982/josam.515244.

20. Hofmann G. O., Marticke J., Grossstück R., Hoffmann M., Lange M., Plettenberg H. K., Braunschweig R., Schilling O., Kaden I., Spahn G. Detection and evaluation of initial cartilage pathology in man: A comparison between MRT, arthroscopy and near-infrared spectroscopy (NIR) in their relation to initial knee pain. *Pathophysiology: the official journal of the International Society for Pathophysiology*. 2010;17(1):1–8. doi: 10.1016/j.pathophys.2009.04.001.

21. Ala-Myllymäki J., Danso E. K., Honkanen J. T. J., Korhonen R. K., Töyräs J., Afara I. O. Optical spectroscopic characterization of human meniscus biomechanical properties. *Journal of biomedical optics*. 2017; 22(12):1–10. doi: 10.1117/1.JBO.22.12.125008.

22. Giuffrida A., Di Bari A., Falzone E., Iacono F., Kon E., Maccari M., Gatti R., Di Matteo B. Conservative vs. surgical approach for degener-

ative meniscal injuries: a systematic review of clinical evidence. *European review for medical and pharmacological sciences*. 2020; 24(6):2874–2885. doi: 10.26355/eurrev_202003_20651.

23. Kopf S., Beaufils P., Hirschmann M. T., Rotigliano N., Ollivier M., Pereira H., Verdonk R., Darabos N., Ntagiopoulos P., Dejour D., Seil R., Becker R. Management of traumatic meniscus tears: the 2019 ESSKA meniscus consensus. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2020; 28(4):1177–1194. doi: 10.1007/s00167-020-05847-3.

24. Pujol N., Barbier O., Boisrenoult P., Beaufils P. Amount of meniscal resection after failed meniscal repair. *The American journal of sports medicine*. 2011; 39 (8):1648–1652. doi:10.1177/0363546511402661

25. Okuda K., Ochi M., Shu N., Uchio, Y. Meniscal rasping for repair of meniscal tear in the avascular zone. *Arthroscopy*. 1999; 15(3):281–286. doi: 10.1016/s0749-8063(99)70035-6.

26. Keller R.E., O'Donnell E.A., Medina G.I.S., Linderman S.E., Cheng T.T.W., Sabbag O.D., Oh L.S. Biological augmentation of meniscal repair: a systematic review. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2022;30(6):1915–1926. doi: 10.1007/s00167-021-06849-5. Epub 2022

27. Ryu R.K., Dunbar V.W.H., Morse G.G. Meniscal allograft replacement: a 1-year to 6-year experience. *Arthroscopy*. 2002; 18(9):989–994. doi: 10.1053/jars.2002.36104.

28. Pereira H., Fatih Cengiz I., Gomes S., Espregueira-Mendes J., Ripoll P.L., Monllau J.C., Reis R.L., Oliveira J.M. Meniscal allograft transplants and new scaffolding techniques. *EFORT Open Reviews*. 2019; 3(6):279–295. doi: 10.1302/2058-5241.4

29. Southworth T. M., Naveen N. B., Tauro T. M., Chahla J., Cole B. J. Meniscal Allograft Transplants. *Clinics in sports medicine*. 2020; 39(1):93–123. doi:10.1016/j.csm.2019.08.013

30. Gelber P. E., Verdonk P., Getgood A. M., Monllau J. C. Meniscal transplantation: state of the art. *Journal of ISAKOS: Joint Disorders and Orthopaedic Sports Medicine*. 2017; 2(6):339–349. doi: 10.1136/jisakos-2017-000138.

31. Milenin O., Strafun S., Sergienko R., Baranov K. Lateral Meniscus Replacement Using Peroneus Longus Tendon Autograft. *Arthroscopy techniques*. 2020; 9(9):1163–1169. doi:10.1016/j.eats.2020.04.016

32. Myers K. R., Sgaglione N. A., Goodwillie A. D. Meniscal scaffolds. *The journal of knee surgery*. 2014; 27(6):435–442. doi: 10.1055/s-0034-1388656.

33. Reale D., Previtali D., Andriolo L., Grassi A., Candrian C., Zaffagnini S., Filardo G. No differences in clinical outcome between CMI and Actifit meniscal scaffolds: a systematic review and meta-analysis. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. 2022; 30(1):328–348. doi:10.1007/s00167-021-06548-1

34. Bulgheroni E., Grassi A., Campagnolo M., Bulgheroni P., Mudhigere A., Gobbi A. Comparative Study of Collagen versus Synthetic-Based Meniscal Scaffolds in Treating Meniscal Deficiency in Young Active Population. *Cartilage*. 2016; 7(1):29–38. doi: 10.1177/1947603515600219.

35. Kon E., Filardo G., Zaffagnini S., Di Martino A., Di Matteo B., Marcheggiani Muccioli G.M., Busacca M., Maccari M. Biodegradable polyurethane meniscal scaffold for isolated partial lesions or as combined procedure for knees with multiple comorbidities: clinical results at 2 years. *Knee*

surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESS-
KA. 2014;22(1):128–134. doi: 10.1007/s00167-012-2328-4.

36. Sun J, Vijayavenkataraman S, Liu H. An Overview of Scaffold Design and Fabrication Technology for Engineered Knee Meniscus. *Materials*. 2017; 10(1):29. doi: 10.3390/ma10010029.

37. Gao S, Chen M, Wang P, Li Y, Yuan Z, Guo W, Zhang Z, Zhang X, Jing X, Li X, Liu S, Sui X, Xi T, Guo Q. An electrospun fiber reinforced scaffold promotes total meniscus regeneration in rabbit meniscectomy model. *Acta biomaterialia*. 2018;73:127–140. doi: 10.1016/j.actbio.2018.04.012.

38. Grogan S. P., Baek J., D'Lima D. D. Meniscal tissue repair with nanofibers: future perspectives. *Nanomedicine (London, England)*. 2020;15(25):2517–2538. doi: 10.2217/nmm-2020-0183.

39. Chen M., Gao S., Wang P., Li Y., Guo W., Zhang Y., Wang M., Xiao T., Zhang Z., Zhang X., Jing X., Li X., Liu S., Guo Q., Xi T. The application of electrospinning used in meniscus tissue engineering. *Journal of biomaterials science. Polymer edition*. 2018; 29(5):461–475. doi:10.1080/09205063.2018.1425180.

40. Moroni L., Burdick J.A., Highley C., Lee S.J., Morimoto Y., Takeuchi S., Yoo J.J. Biofabrication strategies for 3D in vitro models and regenerative medicine. *Nature reviews. Materials*. 2018; 3(5):21–37. doi: 10.1038/s41578-018-0006-y.

41. Chen M., Feng Z., Guo W., Yang D., Gao S., Li Y., Shen S., Yuan Z., Huang B., Zhang Y., Wang M., Li X., Hao L., Peng J., Liu S., Zhou Y., Guo Q. PCL-MECM-Based Hydrogel Hybrid Scaffolds and Meniscal Fibrochondrocytes Promote Whole Meniscus Regeneration in a Rabbit Meniscectomy Model. *ACS applied materials and interfaces*. 2018; 11(44):41626–41639. doi: 10.1021/acsami.9b13611.

42. Zhang Z. Z., Wang S. J., Zhang J. Y., Jiang W. B., Huang A. B., Qi Y. S., Ding J. X., Chen X. S., Jiang D., Yu J. K. 3D-Printed Poly(ϵ -caprolactone) Scaffold Augmented With Mesenchymal Stem Cells for Total Meniscal Substitution: A 12- and 24-Week Animal Study in a Rabbit Model. *The American journal of sports medicine*. 2017; 45(7):1497–1511. doi: 10.1177/0363546517691513.

43. Zhang Z. Z., Jiang D., Ding J. X., Wang S. J., Zhang L., Zhang J. Y., Qi Y. S., Chen X. S., Yu J. K. Role of scaffold mean pore size in meniscus regeneration. *Acta biomaterialia*. 2016;43:314–326. doi: 10.1016/j.actbio.2016.07.050.

44. Jian Z., Zhuang T., Qinyu T., Liqing P., Kun L., Xujiang L., Diaodiao W., Zhen Y., Shuangpeng J., Xiang S., Jingxiang H., Shuyun L., Libo H., Peifu T., Qi Y., Quanyi G. 3D bioprinting of a biomimetic meniscal scaffold for application in tissue engineering. *Bioactive materials*. 2020;6(6):1711–1726. doi: 10.1016/j.bioactmat.2020.11.027.

45. Bahcecioglu G., Hasirci N., Bilgen B., Hasirci V. A 3D printed PCL/hydrogel construct with zone-specific biochemical composition mimicking that of the meniscus. *Biofabrication*. 2019;11(2):025002. doi: 10.1088/1758-5090/aaf707.

46. Wu Y. Electrohydrodynamic jet 3D printing in biomedical applications. *Acta biomaterialia*. 2021; 128: 21–41. doi: 10.1016/j.actbio.2021.04.036.

47. Korpershoek J. V., Ruijter M., Terhaard B. F., Hagmeijer M. H., Saris D. B. F., Castilho M., Malda J., Vonk L. A. Potential of Melt Electrow-

ritten Scaffolds Seeded with Meniscus Cells and Mesenchymal Stromal Cells. *International journal of molecular sciences*. 2021; 22(20):11200. doi: 10.3390/ijms222011200.

48. Baek J., Sovani S., Choi W., Jin S., Grogan S. P., D'Lima D. D. Meniscal Tissue Engineering Using Aligned Collagen Fibrous Scaffolds: Comparison of Different Human Cell Sources. *Tissue engineering, Part A*. 2018; 24(1-2):81–93. doi: 10.1089/ten.tea.2016.0205.

49. Ghodbane S. A., Patel J. M., Brzezinski A., Lu T. M., Gatt C. J., Dunn M. G. Biomechanical characterization of a novel collagen-hyaluronan infused 3D-printed polymeric device for partial meniscus replacement. *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*. 2019;107(8):2457–2465. doi: 10.1002/jbm.b.34336.

50. Rajalekshmi R., Jayasree P., Annie J., Roy J. Injectable self-cross-linking hydrogels for meniscal repair: A study with oxidized alginate and gelatin. *Carbohydrate Polymers*. 2020; 234:115902. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.115902.

51. Stone K. R., Steadman J. R., Rodkey W. G., Li S. T. Regeneration of meniscal cartilage with use of a collagen scaffold. Analysis of preliminary data. *The Journal of bone and joint surgery, American volume*. 1997; 79(12):1770–1777. doi:10.2106/00004623-199712000-00002

52. Li H., Li P., Yang Z., Gao C., Fu L., Liao Z., Zhao T., Cao F., Chen W., Peng Y., Yuan Z., Sui X., Liu S., Guo Q. Meniscal Regenerative Scaffolds Based on Biopolymers and Polymers: Recent Status and Applications. *Frontiers in cell and developmental biology*. 2021; 9: 661802. doi: 10.3389/fcell.2021.661802.

53. Cojocar D. G., Hondke S., Krüger J. P., Bosch C., Croicu C., Florescu S., Lazarescu A., Patrascu J. M., Jr, Patrascu J. M., Dauner M., Gresser G. T., Endres M. Meniscus-shaped cell-free polyglycolic acid scaffold for meniscal repair in a sheep model. *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*. 2020; 108(3):809–818. doi: 10.1002/jbm.b.34435.

54. An Y. H., Woolf S. K., Friedman R. J. Pre-clinical in vivo evaluation of orthopaedic bioabsorbable devices. *Biomaterials*. 2000; 21(24):2635–2652. doi: 10.1016/S0142-9612(00)00132-0.

55. Bahcecioglu G., Hasirci N., Bilgen B., Hasirci V. Hydrogels of agarose, and methacrylated gelatin and hyaluronic acid are more supportive for in vitro meniscus regeneration than three dimensional printed polycaprolactone scaffolds. *International journal of biological macromolecules*. 2018; 122:1152–1162. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.09.065.

56. Rey-Rico A., Cucchiari M., Madry H. Hydrogels for precision meniscus tissue engineering: a comprehensive review. *Connective tissue research*. 2017; 58(3-4):317–328. doi: 10.1080/03008207.2016.1276576.

57. Ahmed E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of advanced research*. 2015; 6(2):105–121. doi: 10.1016/j.jare.2013.07.006.

58. Williams L. B., Adesida A. B. Angiogenic approaches to meniscal healing. *Injury*. 2018; 49(3):467–472. doi: 10.1016/j.injury.2018.01.028.

59. Abbadessa A., Crecente-Campo J., Alonso M. J. Engineering Anisotropic Meniscus: Zonal Functionality and Spatiotemporal Drug Delivery. *Tissue engineering. Part B, Reviews*. 2021; 27(2):133–154. doi: 10.1089/ten.teb.2020.0096.

60. Veronesi F, Di Matteo B, Vitale N. D., Filardo G., Visani A., Kon E., Fini M. Biosynthetic scaffolds for partial meniscal loss: A systematic review from animal models to clinical practice. *Bioactive materials*. 2021; 6(11):3782–3800. doi: 10.1016/j.bioactmat.2021.03.033.

61. Shimomura K., Rothrauff B. B., Tuan R. S. Region-Specific Effect of the Decellularized Meniscus Extracellular Matrix on Mesenchymal Stem Cell-Based Meniscus Tissue Engineering. *The American journal of sports medicine*. 2017; 45(3):604–611. doi: 10.1177/0363546516674184.

62. Kwon H., Brown W. E., Lee C. A., Wang D., Paschos N., Hu J. C., Athanasiou K. A. Surgical and tissue engineering strategies for articular cartilage and meniscus repair. *Nature reviews. Rheumatology*. 2019; 15(9):550–570. doi: 10.1038/s41584-019-0255-1.

63. Peng Y., Lu M., Zhou Z., Wang C., Liu E., Zhang Y., Liu T., Zuo J. Natural biopolymer scaffold for meniscus tissue engineering. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 2022;10:1003484. doi: 10.3389/fbioe.2022.1003484.

64. Bansal S., Keah N. M., Neuwirth A. L., O'Reilly O., Qu F., Seiber B. N., Mandalapu S., Mauck R. L., Zgonis M. H., Large Animal Models of Meniscus Repair and Regeneration: A Systematic Review of the State of the Field. *Tissue engineering*. 2017; 23(11):661–672. doi: 10.1089/ten.tec.2017.0080.

Информация об авторах:

Алексей Владимирович Лычагин – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: dr.lychagin@mail.ru

Петр Сергеевич Тимашев – доктор химических наук, профессор, директор Научно-технологического парка биомедицины, директор Института регенеративной медицины, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: timashev_p_s@staff.sechenov.ru

Тагир Радикович Кудрачев – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: kudrachev_t_r@staff.sechenov.ru

Кирилл Михайлович Азаркин – ординатор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: wilopt@mail.ru

Юлия Романовна Гончарук – ассистент, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: goncharuk_yu_r@staff.sechenov.ru

Марина Михайловна Липина – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: lipina_m_m@staff.sechenov.ru

Павел Игоревич Петров – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ

ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: petrov_p_i@staff.sechenov.ru

Геннадий Михайлович Кавалерский – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Автор, ответственный за переписку: Тагир Радикович Кудрачев, E-mail: kudrachev_t_r@staff.sechenov.ru

Information about authors:

Alexey V. Lychagin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Peter S. Timashev – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Sechenov Biomedical Science & Technology Park, Director of the Institute for Regenerative Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Tagir R. Kudrachev – postgraduate student of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Kirill M. Azarkin – resident of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Yuliya R. Goncharuk – postgraduate student, assistant of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Marina M. Lipina – Candidate of Medical Sciences, assistant professor at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Genadii M. Kavalersky – Doctor of Medical Sciences, professor, professor of professor at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Pavel I. Petrov – Candidate of Medical Sciences, assistant professor at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Corresponding author: Tagir R. Kudrachev, E-mail: kudrachev_t_r@staff.sechenov.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-67-73>

УДК 616.06



©В.Ю. Мурылев, Б.Т. Усубалиев, А.В. Музыченков, Г.А. Куковенко, П.М. Елизаров, Д.А. Корешкова, 2022

Обзор литературы / Literature review

ОСТЕОПОРОЗ И АСЕПТИЧЕСКОЕ РАСШАТЫВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗА ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ СУСТАВОВ

В.Ю. МУРЫЛЕВ^{1,2}, Б.Т. УСУБАЛИЕВ¹, А.В. МУЗЫЧЕНКОВ^{1,2}, Г.А. КУКОВЕНКО^{1,2}, П.М. ЕЛИЗАРОВ^{1,2}, Д.А. КОРЕШКОВА¹

¹ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8, 119991, Москва, Россия

² ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» ДЗ г. Москвы (Боткинская больница), 125284, Москва, Россия

Резюме

Введение. Актуальность проблемы асептического расшатывания (АР) компонентов эндопротеза после тотального эндопротезирования суставов (ТЭС) в раннем и позднем послеоперационном периоде обусловлена трудностями диагностики, отсутствием единой схемы лечения больных с низкой минеральной плотностью костной ткани ожидающих планового ТЭС. С увеличением количества первичного эндопротезирования сустава растёт и количество ревизионных вмешательств связанным с АР. В последнее десятилетие отмечается повышение интереса к этой теме в литературе, что проявляется большим количеством публикаций, представленных сериями наблюдений или клиническими случаями. Однако нет универсального алгоритма диагностики и лечения этой группы пациентов ограничены низким уровнем доказательности имеющихся исследований, быстротой появления новых данных.

Цель исследования - определить взаимосвязь между наличием сниженного качества костной ткани и асептического расшатывание компонентов эндопротеза послеоперационном периоде тотального эндопротезирования сустава.

Материалы и методы. Поиск публикаций проводили в базах данных eLIBRARY, PubMed с глубиной поиска 21 лет (с 2000 по 2021 г.) по ключевым словосочетаниям: Асептическое расшатывание (Asepticloosening), остеопороз (Osteoporosis), тотальное эндопротезирование суставов (total jointreplacement). Были проанализированы демографические данные пациентов, особенности хирургических вмешательств и результаты лечения. Для анализа литературы было отобраны 6 статей, опубликованные с 2000 по 2021 г.

Заключение. В настоящее время нет единого алгоритма диагностики и лечения пациентов с низкой МПК которым показано ТЭС. Это определяет необходимость совершенствования диагностических и лечебных концепций данной патологии. Согласно клиническим рекомендациям лечения остеопороза препаратами первой линии для улучшения качества костной ткани являются азотсодержащие бисфосфонаты. Проблема режима дозирования препаратов данной группы снижает комплаентность пациентов к терапии остеопороза, что сводит к нулю весь процесс лечения. Диагностика пациентов с остеопорозом ожидающих планового тотального эндопротезирования коленного сустава и дальнейшая коррекция минеральной плотности костной ткани в пред- и послеоперационном периоде позволят снизить риск интраоперационных осложнений в виде переломов большеберцовой и бедренной кости, а также асептической нестабильности компонентов эндопротеза в раннем и позднем послеоперационном периоде, что существенно увеличит «выживаемость» компонентов эндопротеза

Ключевые слова: асептическое расшатывание; остеопороз; тотальное эндопротезирование суставов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Мурылев В.Ю., Усубалиев Б.Т., Музыченков А.В., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Германов В.Г., Корешкова Д.А., ОСТЕОПОРОЗ И АСЕПТИЧЕСКОЕ РАСШАТЫВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗА ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ СУСТАВОВ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. № 4(50). С. 67-73 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-67-3>

OSTEOPOROSIS AND ASEPTIC LOOSENING OF ENDOPROSTHESIS COMPONENTS AFTER JOINT REPLACEMENT

VALERY YU. MURYLEV^{1,2}, BAKYT T. USUBALIEV¹, ALEKSEY V. MUZYCHENKOV^{1,2}, GRIGORY A. KUKOVENKO^{1,2}, PAVEL M. ELIZAROV^{1,2}, VALERIY G. GERMANOV^{1,2}, DARIA A. KORESHKOVA¹

¹ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russia (Sechenov University) 8 bld. 2 Trubetskaya st., 119991 Moscow, Russia

² Botkin City Clinical Hospital, 125284, Moscow, Russia

Abstract

Introduction. The urgency of the problem of aseptic loosening (AL) of the components of the endoprosthesis after total joint replacement (TJR) in the early and late postoperative period is due to the difficulties of diagnosis, the lack of a unified treatment regimen for patients with low bone mineral density awaiting planned TJR. With the increase in the number of primary arthroplasty of the joint, the number of revision interventions associated with AL also increases. In the last decade, there has been an increase in interest in this topic in the literature, which is manifested by a large number of publications presented by a series of observations or clinical cases. However, there is no universal algorithm for the diagnosis and treatment of this group of patients limited by the low level of evidence of existing studies, the speed of the emergence of new data.

The aim of the study was to determine the relationship between the presence of reduced bone quality and aseptic loosening of the components of the endoprosthesis in the postoperative period of total joint replacement.

Materials and methods. The search for publications was carried out in the databases eLibrary, PubMed with a search depth of 21 years (from 2000 to 2021) by keywords: Aseptic loosening, osteoporosis, total joint arthroplasty. Demographic data of patients, features of surgical interventions and treatment results were analyzed. 6 articles published from 2000 to 2021 were selected for literature analysis.

Conclusion. Currently, there is no single algorithm for the diagnosis and treatment of patients with low BMD who are shown TJR. This determines the need to improve the diagnostic and therapeutic concepts of this pathology. According to the clinical recommendations for the treatment of osteoporosis, nitrogen-containing bisphosphonates are the first-line drugs to improve the quality of bone tissue. The problem of the dosage regimen of drugs of this group reduces the compliance of patients with osteoporosis therapy, which nullifies the entire treatment process.

Diagnosis of patients with osteoporosis awaiting planned total knee replacement and further correction of bone mineral density in the pre- and postoperative period will reduce the risk of intraoperative complications in the form of tibial and femoral fractures, as well as aseptic instability of the components of the endoprosthesis in the early and late postoperative period, which will significantly increase the "survival" of the components of the endoprosthesis

Keywords: aseptic loosening; osteoporosis; total joint replacement.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Murylev V.Y., Usabaliyev B.T., Muzichenkov A.V., Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Germanov V.G., Koreshkova D.A., OSTEOPOROSIS AND ASEPTIC LOOSENING OF ENDOPROSTHESIS COMPONENTS AFTER JOINT REPLACEMENT. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. № 4. pp. 67-73 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-67-73>

Введение

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является основным методом лечения III-IV стадии гонартроза при неэффективности консервативного лечения, купирующего болевой синдром и восстанавливающего объём движений в суставе [1].

На сегодняшний день эндопротезирование коленного сустава является одной из самых эффективных и востребованных операций [2], несмотря на высокий спрос, удовлетворенность больных этим видом хирургического вмешательства составляет примерно 80%, что в первую очередь связано с сохранением болевого синдрома и развитием осложнений в ранний и поздний послеоперационный период [3].

Несмотря на совершенствование компонентов эндопротеза, количество осложнений и неудовлетворительных результатов эндопротезирования коленного сустава неуклонно растёт и составляет 17-25% [4; 6; 7]. Одним из основных причин ревизионных вмешательств является асептическое расшатывание (АР) компонентов эндопротеза на долю которого приходится 3-12% повторных вмешательств [5]. Sharkey и соавт. [8] в своем исследовании выделили асептическое расшатывание как наиболее распространенную причи-

ну повторных вмешательств процент которого составил 39,9%. Асептическое расшатывание может происходить в результате многих факторов основными из которых являются: факторы имплантата (тип фиксации и конструкция имплантата, а также продукты износа), хирургические факторы (неправильная техника установки и связочный дисбаланс) или факторы со стороны пациента (наличие в анамнезе остеопороза, высокий индекс массы тела и ранняя нагрузка сустава [9; 10].

Цель исследования — определить взаимосвязь между наличием сниженного качества костной ткани и асептического расшатывания компонентов эндопротеза в послеоперационном периоде тотального эндопротезирования сустава.

Материалы и методы

Поиск публикаций проводили в базах данных eLIBRARY, PubMed с глубиной поиска 21 лет — с 2000 по 2021 г.

Критерии включения:

- статьи на английском или русском языке;
- наличие полного текста статьи с указанием количественных и качественных данных.

Критерии исключения:

- не полнотекстовые публикации, клинические случаи, неопубликованные работы, тезисы;
- исследования, имеющие признаки дублирования (схожий протокол исследования, группы и число пациентов и др.); в случае обнаружения дублирующих статей выбирали более позднюю по дате публикации;
- исследования с малым количеством клинических наблюдений (менее 10), сроком наблюдения менее 6 мес.

Поисковый запрос на русском языке выполняли, по ключевым словам, «тотальное эндопротезирование суставов», «асептическое расшатывание», «остеопороз». Для поиска в зарубежных источниках использовали ключевые словосочетания: “aseptic loosening”, “osteoporosis”, “total joint replacement”

Полные тексты статей были оценены на предмет их пригодности для включения в систематический обзор. Из рассмотренных в ходе анализа публикаций были отобраны наиболее релевантные источники, указанные в списке литературы.

Процесс отбора статей для анализа представлен на рисунке 1.

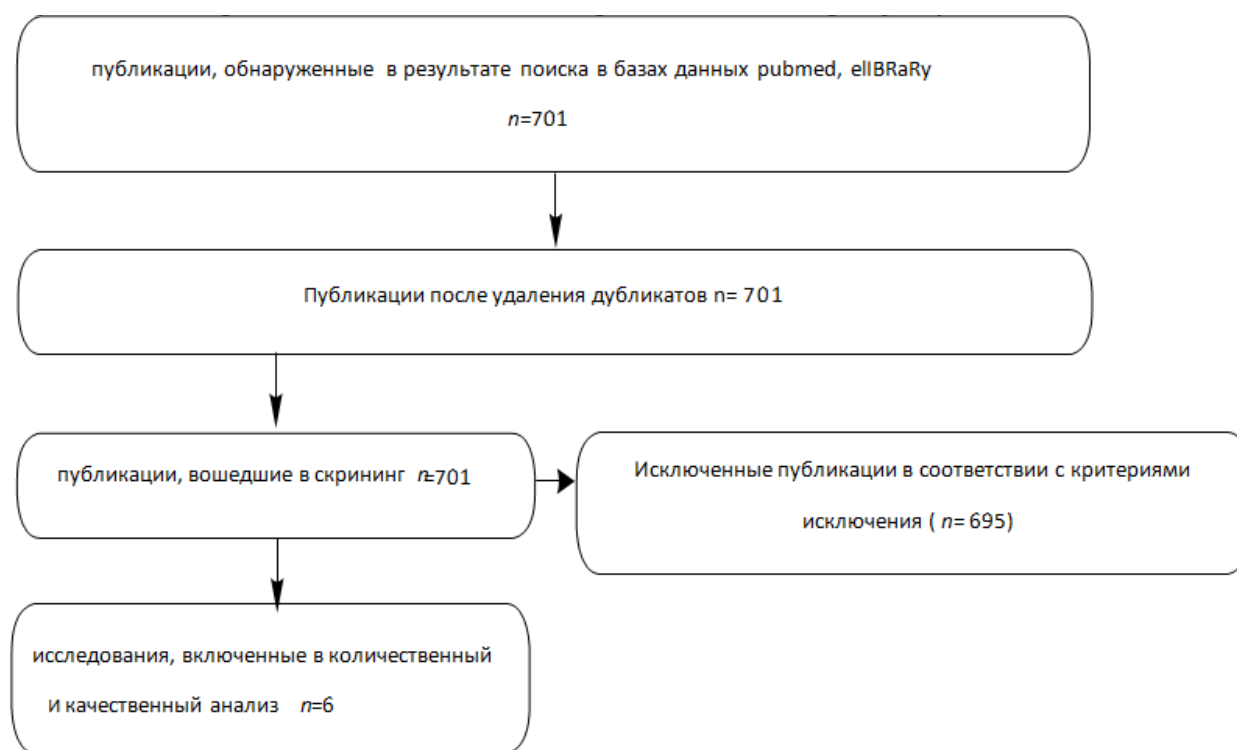


Рис. 1. Блок-схема отбора публикаций

В конечном итоге в систематический обзор было включено 6 публикаций (табл. 1).

Таблица 1

Исследования, включенные в систематический анализ

Авторы	Год публикации	Годы исследования	Количество случаев	Средний возраст пациентов	Сроки наблюдения	Вид оперативного вмешательства	Количество больных с диагностированным остеопорозом и остеопенией
Азизов М.Ж.	2016	2011-2014	66	57 лет	18 мес.	ТЭКС	-----
Алабут А.В.	2012	2003-2011	205	61,5 лет	9 лет	ТЭКС	42,65%
Shau-Huai Fu,	2017	2009-2012	140067		24 мес.		
Карякина Е.В.	2009		41	56,5 лет		ТЭТС	
David Sadigursky	2017	2015-2016	60	71,5	10 мес	ТЭКС	31,7%
James T. Bernatz	2019		30	69,5 лет	3,2 года	ТЭКС	80%

Обсуждение

В настоящее время общепризнано, что ведущей причиной асептического расшатывания компонентов эндопротеза является перипротезный остеолиз. Перипротезный остеолиз в 66 % случаев является причиной дальнейшего ревизионного вмешательства. [14]. По данным разных авторов, частота этого осложнения колеблется в широком диапазоне – от 1 до 40 % [15; 16].

В своём исследовании А.А. Грицюк [17] показал, что у 5,2% больных асептическое расшатывание развилось уже через 12-16 месяцев после тотального эндопротезирования после восстановления повседневной физической активности. Согласно мнениям ряда исследователей, большую роль в развитии асептического расшатывания эндопротеза отводится нарушению ремоделирования костной ткани, главным образом усиление остеорезорбции.

В исследовании Карякина Е.В. и соавт. было произведено наблюдение 41 пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, 27 человек основная группа первичное ТЭТС, 14 человек группа контроль ревизионное эндопротезирование. В результате был обнаружен выраженный дисбаланс процессов ремоделирования костной ткани, с преобладанием процессов остеорезорбции над костеобразованием. Карякина Е.В. и соавт. пришли к выводу, что корректировка МПК является одним из основополагающих компонентов подготовки к операции (ТЭС), особенно при ревизионном эндопротезировании т.к. данное оперативное вмешательство проводится в условиях грубого дисбаланса процессов резорбции и формирования костной ткани. [33]

Одним из факторов, усиливающих перипротезный остеолиз является наличие в анамнезе остеопороза. Carvalho Júnior L.H. и Abu-Amer Y. в своих исследованиях показали, что пациенты с остеопорозом имеют повышенный риск перипротезных переломов и, как следствие, расшатывание имплантата из-за наличия микротрещин и более выраженную потерю костной ткани в раннем послеоперационном периоде [38]. Обращает на себя внимание, что остеоартроз относится к заболеваниям с высоким уровнем коморбидности в том числе с остеопорозом [12; 11]. Бащинский С. Е. в своём исследовании показал, что у 47 % пациентов, ожидающих планового эндопротезирования по поводу дегенеративно-дистрофических заболеваний тазобедренных суставов, диагностируется остеопороз [19]

Остеопороз метаболическое заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы, нарушением микроархитектоники костной ткани и как следствие переломами при минимальной травме [39]. Согласно последним данным распространённость остеопороза в России среди лиц в возрасте 50 лет и старше выявляется у 33,8% женщин и 26,9% мужчин, а частота остеопении составляет 43% и 44%, соответственно и с возрастом частота остеопороза увеличивается [13]. Переломы, возникшие на фоне остеопороза, являются причиной инвалидности и смертности больных и занимают 4-е место среди неинфекционных заболеваний [18]. Это прогрессирующее

заболевание скелета характеризуется низкой минеральной плотностью костной ткани и структурным разрушением архитектуры, что приводит к хрупкости костей и повышенному риску переломов [20]. Переломы шейки бедра представляют собой наиболее серьезные из всех остеопоротических переломов, которые связаны с повышенной инвалидизацией и смертностью. В исследовании Braithwaite R.S., Col N.F. с соавторами пришли к выводу, что ежегодные экономические затраты, связанные с ОП переломами в Соединенных Штатах Америки, превышают 20 миллиардов долларов (оценочная стоимость в 1997 г.) [22] и более 2 миллиардов фунтов стерлингов в Соединенном Королевстве. (данные от 2012 г.) [21]. Количество остеопоротических переломов бедра увеличивается с возрастом. В одном из опубликованных исследований Global Longitudinal study of Osteoporosis in Women показало, что количество переломов проксимального отдела бедренной кости увеличивается более чем в пять раз с возрастом, с 6,6% среди женщин в возрасте от 55 до 59 лет до 34% среди лиц старше 85 лет [23; 24]. Современные фармакологические препараты остеотропной терапии направлены на снижение частоты переломов за счет ингибирования процессов резорбции кости, а также стимуляции остеогенеза [26].

В своём исследовании David Sadigursky и соавт. определили распространённость остеопороза и остеопении у пациентов женского пола ожидающих плановое оперативное лечение тотальное эндопротезирование коленного сустава. Оценивались 60 женщин средний возраст которых составил 71,4 года. Было выявлено, что остеопороз присутствовал в 16,7% выборки, а остеопения - в 15%. В 20% случаев у пациентов с ОП был диагностирован перелом бедренной кости в послеоперационном периоде. Большая часть группы с остеопенией 55,6% и 30% пациентов с ОП не получали остеотропную терапию. Пациентов женского пола стоит рассматривать как группу риска с коморбидностью с ОП [37].

Аналогичное исследование провел James T. Bernatz и соавт. было включено 30 пациентов (15 мужчин и 15 женщин) послеоперационном периоде ТЭТС от 2-5 лет в среднем 3.2 года. Было проведена двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия в результате которой у 20% был диагностирован ОП, а у 60 % T- критерий соответствовал остеопении.

Бисфосфонаты (БФ) являются наиболее широко используемыми препаратами для лечения остеопороза [25]. Hilding M, Aspenberg P. с соавторами в многоцентровом исследовании в котором участвовало 48 человек (24 основная группа, 24 группа контроль), было доказано что применение ибандроновой кислоты перед установкой компонентов эндопротеза коленного сустава снижает риск асептической нестабильности в послеоперационном периоде, путём ингибирования процессов остеорезорбции на границе имплант-кость. [28; 27]. Moons K.G. и Donders R.A. в исследовании показали, что при приёме БФ «выживаемость» компонентов после ТЭС увеличилась в два раза [29], что в первую очередь было связано с уменьшением остеорезорбции на границе кость-имплант [30].

В исследовании Shau-Huai Fu с соавторами оценили влияние приёма бисфосфонатов на снижение болей у пациентов с артрозом коленного сустава и остеопорозом, а также риск эндопротезирования коленного сустава [31]. В исследование были включены пациенты с подтвержденным диагнозом ОП и гонартроз, в дальнейшем они были поделены на 2 группы: в первую группу вошли 16276 человек (основная группа) принимавших БФ и 123,791 человека (контрольная группа), не принимавших какие-либо препараты остеотропной терапии. Было установлено, что у пациентов, принимавших БФ за период наблюдения 24 месяца, отмечалось тенденция к уменьшению фактов проведения ТЭКС в сравнении с основной группой на фоне снижения болевого синдрома

А.В. Алабут с соавторами в своей работе провели анализ МПК у пациентов после эндопротезирования коленного сустава [32]. В группе у 87 человек (42,7%) было диагностировано снижение МПК по Т-критерию от -1.5 и более говорящее за остеопению или остеопороз, большая часть из которых были женщины 84 (41,2%); у 22 пациентов (10,8%) диагностирован вторичный остеопороз; у 65 (31,9%) — постменопаузальный остеопороз. В ходе исследования был предложен алгоритм ранней диагностики и лечения пациентов со сниженным МПК ожидающих планового ТЭКС. Пациентам С Т-критерием от -1.5 до -2.5 назначали оссеин-гидроксипатитный комплекс (Остеогенон) по 1 таблетке 3 раза в день в течение 1–3 мес который по данным авторов был более эффективен у женщин в постменопаузе, чем препараты кальция. Пациентам с ОП назначали препараты антирезорбтивной терапии первой линии, предпочтение отдавалось препарату Акласта (золендроновая кислота). Было установлено, что через 1 год после операции и позже количество больных с остеопорозом и остеопенией уменьшалось, показатели МПК приближались к значениям дооперационным, несмотря на увеличение среднего возраста в группе.

Аналогичное исследование было произведено Азизовым М.Ж. и соавт. в период с 2011 по 2014 год, были изучены материалы 66 пациентов которым было произведено ТЭКС. Пациенты основной группы получали остеотропную терапию за 6 месяцев до оперативного вмешательства и последующие 12 месяцев после имплантации эндопротеза, группа контроль с 8-го дня в течение 12 месяцев после ТЭКС. Денситометрическая диагностика до и после операции показала, что после операции в основной группе пациентов, принимавших остеотропные препараты, по сравнению с показателями контрольной группы плотность костей увеличилась достоверно. Рост минеральной плотности костей основной группы к концу 12го месяца составил 60,0 %, в контрольной группе 18,8 %. [36].

Согласно данным разных авторов от 25 до 50% пациентов, принимающих БФ, принимают их неправильно, нарушают режим приема и часто самостоятельно прекращают лечение, что снижает терапевтический эффект, увеличивая развитие побочных реакций и не останавливает прогрессирование ОП [34]. Одной из основных причин низкой приверженности к лечению

(комплаентности) БФ является неудобный режим дозирования лекарственного средства. В инструкции по медицинскому применению алендроната натрия имеется указание (как и для других лекарственных средств из группы БФ) на необходимость приема препарата натощак за 30 мин до приема пищи или других лекарственных средств. [35]. В связи с чем и проявляются проблемы приверженности больных к лечению ОП.

Заключение

Коррекция МПК позволяет снизить болевой синдром при гонартрозе III-IV, что в свою очередь замедляет течение дегенеративно-дистрофического процесса, купируя болевой синдром продлевает срок естественной функции сустава. Улучшение состояния костной ткани также снижает риски интраоперационных перипротезных переломов. При оптимальном уровне МПК, костная ткань менее чувствительна к процессам остеорезорбции на границе имплант-кость, который активизируются особенно в ранний послеоперационный период после ТЭС, что снижает риск развития асептической нестабильности в ранний и поздний послеоперационный период и увеличивает выживаемость компонентов эндопротеза.

Список литературы / References:

1. Ethgen O, Bruyère O, Richy F, Dardennes C, Reginster JY: Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty. A qualitative and systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A:(5)963–974.
2. Kurtz S, Ong K, Lau E, et al. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89 (4): 780–5. DOI: 10.2106/JBJS. E.00222.
3. Bourne RB, Chesworth BM, Davis AM, et al. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not? *Clin Orthop Relat Res* 2010; (468): 57–63. DOI: 10.1007/s1199900911199.
4. Анализ осложнений эндопротезирования коленного сустава // А.В. Алабут, В.Д. Сикилинда, С.Г. Чесников, М.Е. Тимошенко, А.А. Скаржинский, М. О. Х. Хаммад // Известия вузов. Естественные науки 2015;1:96-100. [Analysis of complications of knee replacement // A.V. Alabut, V.D. Sikilinda, S.G. Chesnikov, M.E. Timoshenko, A.A. Skarzhinskij, M. O. H. Hammad // News of universities. Natural Sciences 2015;1:96-100]
5. Румянцев Ю.И. Лучевая диагностика осложнений после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов // Радиология-практика. 2011;4:95–96. [Rumjancev Ju.I. Radiation diagnosis of complications after hip and knee replacement // Radiology-practice. 2011;4:95–96]
6. Мальшев Е.Е., Павлов Д.В., Горбатов Р.О. Эндопротезирование коленного сустава после переломов проксимального отдела большеберцовой кости // Травматология и ортопедия России. 2016;(1):65-73. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-65-73. [Malyshev E.E., Pavlov D.V., Gorbатов R.O. Knee replacement after fractures of the proxi-

mal tibia // *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2016;(1):65-73. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-65-73.]

7. Эндопротезирование коленного сустава с применением индивидуальных направителей, созданных с помощью технологий 3D-печати // Карякин Н.Н., Малышев Е.Е., Горбатов Р.О., Ротич Д.К // *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):110-118. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-110-118. [Endoprosthetics of the knee joint with the use of individual overlays created using 3D printing technologies // Karjakin N.N., Malyshev E.E., Gorbatov R.O., Rotich D.K // *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2017;23(3):110-118. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-110-118.]

8. Sharkey PF, Lichstein PM, Shen C, Tokarski AT, Parvizi J. Why are total knee arthroplasties failing today? has anything changed after 10 years? *J Arthroplasty* 2013; 29:1774e8.

9. Berend ME, Ritter MA, Meding JB, Faris PM, Keating EM, Redelman R, et al. Tibial component failure mechanisms in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 428:26e34.

10. Sundfeldt M, Carlsson LV, Johansson CB, Thomsen P, Gretzer C. Aseptic loosening, not only a question of wear: a review of different theories. *Acta Orthop* 2006; 77:177e97.

11. Pogrud H., Rutenberg M. Osteoarthritis of the hip joint and osteoporosis // *Clin. Orthop. Res.* – 2008;16:130–135.

12. Бритов А.Н., Молчанова О.В., Быстрова М.М. Артериальная гипертензия у больных с ожирением: роль лептина // *Кардиология*. – 2008;9: 69–71. [Britov A.N., Molchanova O.V., Bystrova M.M. Arterial hypertension in obese patients: the role of leptin // *Cardiology*. – 2008; 9: 69-71]

13. Евстигнеева Л.П. Немедикаментозные методы лечения остеопороза // *Альманах клинической медицины*. 2014;(32):73–79. [Evstigneeva L.P. Non-drug methods of treatment of osteoporosis // *Almanac of clinical medicine*. 2014;(32):73–79.]

14. С.В. Брагина. Современные возможности ранней лабораторной диагностики перипротезного остеолита как предиктора развития асептической нестабильности эндопротеза тазобедренного сустава // *Гений Ортопедии*, 2020;26(2) DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-261-265 [S.V. Bragina. Modern possibilities of early laboratory diagnostics of periprosthetic osteolysis as a predictor of the development of aseptic instability of hip arthroplasty // *Genius of Orthopedics*, 2020;26(2) DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-261-265.]

15. Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при пролапировании вертлужного компонента в полость малого таза // В.М. Прохоренко, В.М. Машков, А.А. Мамедов, В.В. Долгополов // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2013;6(94):49-58 [Features of revision hip replacement during the prolapse of the acetabulum component into the pelvic cavity // V.M. Prohorenko, V.M. Mashkov, A.A. Mamedov, V.V. Dolgopolov // *Bulletin of the VSNC SB RAMS*. 2013;6(94):49-58]

16. Herberts P, Malchau H., Garellick G. The Swedish National Hip Arthroplasty Register. Annual Report. Sweden, Gothenburg, Department of Orthopaedics Sahlgrenska University Hospital, 2003.

17. А.А. Грицюк, А.П. Середя, С.В. Лукьянов // Профилактика асептической нестабильности при эндопротезировании тазобедренного сустава // *Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии*:

Сб. тез. 4-й конф. с международный участник. М., 2009. С. 21-22. [A.A. Gricjuk, A.P. Sereda, S.V. Luk'janov // *Prevention of aseptic instability during hip replacement // The problem of osteoporosis in traumatology and orthopedics: Sat. tez. 4th conf. with international participant M., 2009. pp. 21-22.*]

18. А. В. Кривова. Эпидемиология и социально-экономические аспекты остеопороза // *Экология человека* 2007.02. УДК 616.71-007.234-036.22-058 [A. V. Krivova. Epidemiology and socio-economic aspects of osteoporosis // *Human Ecology* 2007.02. UDC 616.71-007.234-036.22-058]

19. С. Е. Бащинский. Разработка клинических практических руководств с позиций доказательной медицины // *Медиасфера*, 2004. С. 135. [Bashhinskiy S. E. Development of clinical practice guidelines from the standpoint of evidence-based medicine // *Mediasphere*, 2004. p. 135.]

20. National Institutes of Health Osteoporosis and Related Bone Diseases National Resource Centre. Osteoporosis overview. National Institutes of Health; 2012

21. National hip fracture database national report 2012. The National Hip Fracture Database; 2012

22. Braithwaite RS, Col NF, Wong JB. Estimating hip fracture morbidity, mortality and costs. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51:364–70.

23. Pfeilschifter J, Cooper C, Watts NB, Flahive J, Saag KG, Adachi JD, et al. Regional and age-related variations in the proportions of hip fractures and major fractures among postmenopausal women: The Global Longitudinal Study of Osteoporosis in Women. *Osteoporos Int* 2012; 23:2179–88.

24. Sorensen OH, Crawford GM, Mulder H, Hosking DJ, Gennari C, Mellstrom D, et al. Long-term efficacy of risedronate: a 5-year placebo-controlled clinical experience. *Bone* 2003; 32:120–6.

25. Foundation NO. America's bone health: the state of osteoporosis and low bone mass in our nation; 2002.

26. Akesson K. New approaches to pharmacological treatment of osteoporosis. *Bull World Health Organ* 2003; 81:657–64.

27. Prieto-Alhambra D, Javaid MK, Judge A, et al. Association between bisphosphonate use and implant survival after primary total arthroplasty of the knee or hip: population based retrospective cohort study. *BMJ* 2011;343: d7222.

28. Hilding M, Aspenberg P. Local peroperative treatment with a bisphosphonate improves the fixation of total knee prostheses: a randomized, double-blind radiostereometric study of 50 patients. *Acta Orthop* 2007;78(6):795.

29. Moons KG, Donders RA, Stijnen T, et al. Using the outcome for imputation of missing predictor values was preferred. *J Clin Epidemiol* 2006;59(10):1092.

30. Paxton E, Inacio M, Slipchenko T, et al. The Kaiser Permanente National Total Joint Replacement Registry. *Perm J* 2008;12(3):12.

31. Shau-Huai Fu, MD*, Chen-Yu Wang, MS*, Rong-Sen Yang, MD, Fe-Lin Lin Wu, PhD, and Fei-Yuan Hsiao, PhD. Bisphosphonate Use and the Risk of Undergoing Total Knee Arthroplasty in Osteoporotic Patients with Osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 2017; 99:938-46

32. А.В. Алабут. Алгоритмы диагностики, профилактики и лечения остеопороза при эндопротезировании коленного сустава // *Клиническая медицина*. 2013;5(4):64-68 [A.V. Alabut. Algorithms for

the diagnosis, prevention and treatment of osteoporosis in knee arthroplasty // *Clinical medicine*. 2013;5(4):64-68]

33. Е.В. Карякина, Е.А. Персова. Асептическая нестабильность эндопротеза тазобедренного сустава у больных коксартрозом. // Саратовский научно-медицинский журнал 2009;5(3):375–378. [E.V. Karjakina, E.A. Persova. Aseptic instability of hip replacement in patients with coxarthrosis. // *Saratov Journal of Medical Science* 2009;5(3):375–378]

34. Хоменко А.И., Лобко С.С. Бисфосфонаты в клинике лечения остеопороза // *Медицинские новости* 2014;7:27-31 [Homenko A.I., Lobko S.S. Bisphosphonates in the osteoporosis treatment clinic // *Medical News* 2014;7:27-31]

35. Adachi J.D. // *Clin. Interv Aging*. 2007;2(3):275–282.

36. Сравнительная оценка денситометрических показателей на фоне остеотропной терапии при эндопротезировании коленного сустава // Азизов М.Ж., Алимов А.П., Рустамова У.М., Якубов Ф.У. // *Гений Ортопедии*, 2016;1 г. DOI 10.18019/1028-4427-2016-1-66-69 [Comparative assessment of densitometric indicators against the background of osteotropic therapy in knee replacement // *Azizov M.Zh., Alimov A.P., Rustamova U.M., Jakubov F.U.* // *Genius of Orthopedics* 2016;1, 2016 DOI 10.18019/1028-4427-2016-1-66-69]

37. David Sadigursky, Luiz Alberto Barretto Junior. Osteoporosis in Brazilian patients awaiting knee arthroplasty. *Acta Ortop Bras*. 2017;25(3):74-7

38. Yosef Abu-Amer, Isra Darwech. Aseptic loosening of total joint replacements: mechanisms underlying osteolysis and potential therapies. *Arthritis research and therapy*. 2007;9

39. Мельниченко Г.А., Белая Л.Я., Рожинская Н.В. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза // *Проблемы эндокринологии*. 2017;63(6):392-426 [Mel'nichenko G.A., Belaja L.Ja., Rozhinskaja N.V. Federal clinical guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis // *Problems of endocrinology*. 2017;63(6):392-426]

Информация об авторах:

Валерий Юрьевич Мурылев — доктор мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет); заведующий московским городским центром эндопротезирования на базе ГБУЗ «городская клиническая больница им. С.П. Боткина» ДЗ г. Москвы, г. Москва, Россия nmuril@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5753-8926>

Бакыт Турумбекович Усубалиев — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия usubaliev-bakyt@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5002-1721>

Алексей Владимирович Музыченков — ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет); врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «городская клини-

ческая больница им. С.П. Боткина» ДЗ г. Москвы, г. Москва, Россия battle-hamster@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3933-672X>

Григорий Андреевич Куковенко — преподаватель военной кафедры, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет); врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «городская клиническая больница им. С.П. Боткина» ДЗ г. Москвы, г. Москва, Россия gkukovenko@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6700-0222>

Павел Михайлович Елизаров — доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет); врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «городская клиническая больница им. С.П. Боткина» ДЗ г. Москвы, г. Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-0217-2434>

Валерий Григорьевич Германов — доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет). Россия. valgers@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-1639-0555>

Дарья Андреевна Корешкова — студентка ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет). Россия. 4603550@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-1232-0760>

Автор, ответственный за переписку: Мурылев Валерий Юрьевич, e-mail: nmuril@yandex.ru

Information about authors:

Valeriy Yu. Murylev — Dr. Sci. (Med.), Professor, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Head of Moscow City Arthroplasty Center, Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia nmuril@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5753-8926>

Bakyt T. Usubaliev — PhD Student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia usubaliev-bakyt@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5002-1721>

Aleksey V. Muzychenkov — Junior Lecturer, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Orthopedic Surgeon, Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia battle-hamster@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3933-672X>

Grigory A. Kukovenko — Lecturer, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Orthopedic Surgeon, Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia gkukovenko@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6700-0222>

Pavel M. Elizarov — associated professor, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Orthopedic Surgeon, Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia. Elizarov_07@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0217-2434>

Valeriy G. Germanov — associated professor, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Orthopedic Surgeon valgers@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-1639-0555>

Daria A. Koreshkova — student of Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). 4603550@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-1232-0760>

Corresponding author: Valeriy Yu. Murylev, e-mail: nmuril@yandex.ru

