

КАФЕДРА ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

ТЕМЫ НОМЕРА

- КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ГОЛЕНСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ВАРУСНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ
- ДИЗАЙН И ОБОСНОВАНИЕ ПРОСПЕКТИВНОГО РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АУГМЕНТАЦИИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗРЫВОВ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА КОНЦЕНТРАТОМ АСПИРАТА КОСТНОГО МОЗГА (ВМАС)
- ПРОКСИМАЛЬНЫЙ РЕЛИЗ МЕДИАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ В ЛЕЧЕНИИ РЕЦИДИВИРУЮЩЕГО ПЛАНТАРНОГО ФАСЦИИТА (НАШ ОПЫТ)



№ 2

ПРОФОРТОПЕДИЯ

ТРАДИЦИИ • РАЗВИТИЕ • ИННОВАЦИИ

UNIC®

Evolutis
CREATEUR FABRICANT

ПРОФОРТОПЕДИЯ

+7.495.230.05.84

info@profort.ru

Кафедра травматологии и ортопедии (Zhurnal kafedra travmatologii i ortopedii)

№2 · 2024

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: 28.06.2024

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

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

Журнал выходит с периодичностью 4 выпуска в год.

Распространение: Россия, зарубежные страны.

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

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

Главный редактор

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

Научный редактор

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Редакционный совет:

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

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

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

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

The Department of Traumatology and Orthopedics

№2. 2024

Founded in 2012

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

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

Periodicity of publication:
1 time in 3 months

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

Prefix DOI: 10.17238/issn2226-2016

Editorial Office address:

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

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

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



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

Circulation 1000 copy

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

© The Department of Traumatology and Orthopedics, 2022

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

The price contractual

Sent for press: 28.06.2024

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., Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, RUSSIA

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

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

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

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

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

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

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

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

Editorial Council:

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Д.В. БУРКОВ, В.Ю. МУРЫЛЁВ, Д.С. БОБРОВ, И.Н. БУРКОВА, А.Г. ЗОЛОВКИНА, В.А. ПЕЛЕГАНЧУК КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ВАРУСНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	7
А.А. ВЕТОШКИН, Н.В. ВАСИЛЬЧЕНКО, С.С. ГУСЕВ, А.А., УЧЕВАТКИН ДИЗАЙН И ОБОСНОВАНИЕ ПРОСПЕКТИВНОГО РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АУГМЕНТАЦИИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗРЫВОВ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА КОНЦЕНТРАТОМ АСПИРАТА КОСТНОГО МОЗГА (ВМАС) ..	19
В.Г. ГОЛУБЕВ, В.Т. ЗЕЙНАЛОВ, М.И. НЕЧАЕВА, С.И. ЧЕРНЫШОВ, И.А. АРАПОВА, К.В. ШКУРО ПРОКСИМАЛЬНЫЙ РЕЛИЗ МЕДИАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ В ЛЕЧЕНИИ РЕЦИДИВИРУЮЩЕГО ПЛАНТАРНОГО ФАСЦИИТА (НАШ ОПЫТ).....	26
ФАНЬ ЖУЛУ, А.В. ЛЫЧАГИН, Д.С. БОБРОВ, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ, А.А. БАБКОВА, А.А. ШУБКИНА ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ СЕСАМОВИДНЫХ КОСТЕЙ СТОПЫ АРТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.	34
Е.Б. КАЛИНСКИЙ, А.С. ЮРОВА, А.В. ЛЫЧАГИН, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ, Ю.В. ВАСИЛЕВСКИЙ, А.И. ТЯГУНОВА, Ф.Б. ЛОГИНОВ, А.А. ГРИЦЮК, И.Н. ТАРАБАРКО, Р.И. АЛИЕВ, М.М. БОГДАНОВ, М.М. ЛИПИНА, К.М. АЗАРКИН, А.А. БАБКОВА БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДКОЛЕННИКА В НОРМЕ И ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ МЕДИАЛЬНОЙ ПАТЕЛЛОФЕМОРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ.....	45
В.Ю. МУРЫЛЕВ, Г.А. КУКОВЕНКО, П.М. ЕЛИЗАРОВ, А.В. МУЗЫЧЕНКОВ, С.С. АЛЕКСЕЕВ, К.Г. ЯКОВЛЕВ, А.Г. ЖУЧКОВ, Ю.А. ВАТНИКОВ, Д.С. БОБРОВ АНАЛИЗ БИОСОВМЕСТИМОСТИ СПЛАВА Ti6Al4V ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ «IN VIVO»	53

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

С.В. БЫСТРОВ, В.А. КАРАСЕВ, А.Ю. ВЛАСОВ ЛЕЧЕНИЕ СТЕНОЗИРУЮЩЕГО ТЕНДОВАГИНИТА СУХОЖИЛИЯ ДЛИННОГО СГИБАТЕЛЯ ПЕРВОГО ПАЛЬЦА СТОПЫ	63
--	----

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

ФАНЬ ЖУЛУ, А. В. ЛЫЧАГИН, Д.С. БОБРОВ, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ, А.А. ШУБКИНА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА АСЕПТИЧЕСКОГО (АВАСКУЛЯРНОГО) НЕКРОЗА И СТРЕСС-ПЕРЕЛОМА СЕСАМОВИДНОЙ КОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	67
А.Д. РЕПЕТЮК, Е.Е. АЧКАСОВ, Э.П. ПИКУЛЕВ, К.А. ААЛЬ PATELLA ALTA КАК АКТУАЛЬНЫЙ ФАКТОР РИСКА НЕСТАБИЛЬНОСТИ НАДКОЛЕННО-БЕДРЕННОГО СУСТАВА: ВОПРОСЫ ЭТИОЛОГИИ, БИОМЕХАНИКИ, ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	75

CONTENTS

ORIGINAL RESEARCH

D.V. BURKOV, V.Y. MURYLEV, D.S. BOBROV, I.N. BURKOVA, A.G. ZOLOVKINA¹, V.A. PELEGANCHUK CLINICAL AND FUNCTIONAL RESULTS OF TOTAL ANKLE REPLACEMENT IN PATIENTS WITH VARUS ALIGNMENT	7
A.A. VETOSHKIN, N.V. VASILCHENKO, S.S. GUSEV, A.A. UCHEVATKIN DESIGN AND RATIONALE OF A PROSPECTIVE RANDOMIZED TRIAL OF BIOLOGIC AUGMENTATION WITH BONE MARROW ASPIRATE CONCENTRATE (BMAC) IN ARTHROSCOPIC RECONSTRUCTION OF ROTATOR CUFF TEAR.	19
V.G. GOLUBEV, V.T. ZEYNALOV, M.I. NECHAEVA, S.I. CHERNYSHOV, I.A. ARAPOVA, K.V. SHKURO PROXIMAL MEDIAL GASTROCNEMIUS RELEASE IN TREATMENT OF RECURRENT PLANTAR FASCIITIS - OUR EXPERIENCE.....	26
RULU FAN, A.V. LYCHAGIN, D.S. BOBROV, G.M. KAVALERSKY, A.A. BABKOVA, A.A. SHUBKINA SURGICAL TREATMENT OF INJURIES AND DAMAGES OF THE HALLUCAL SESAMOID COMPLEX USING ARTHROSCOPIC TECHNIQUE.	34
E.B. KALINSKY, A.S. YUROVA, A.V. LYCHAGIN, G.M. KAVALERSKY, YU.V. VASSILEVSKI, A.I. TYAGUNOVA, F.B. LOGINOV, A.A. GRITSYUK, I.N. TARABARKO, R.I. ALIEV, M.M. BOGDANOV, M.M. LIPINA, K.M. AZARKIN, A.A. BABKOVA BIOMECHANICAL MODEL OF THE PATELLA IN NORMAL CONDITIONS AND WITH RUPTURE OF THE MEDIAL PATELLOFEMORAL LIGAMENT.	45
V.YU. MURYLEV, G.A. KUKOVENKO, P.M. ELIZAROV, A.V. MUZYCHENKOV, S.S. ALEKSEEV, K.G. YAKOVLEV, A.G. ZHUCHKOV, YU.A. VATNIKOV BIOCOMPATIBILITY ANALYSIS OF Ti6Al4V ALLOY FOR RECONSTRUCTION OF BONE DEFECTS "IN VIVO"	53

CLINICAL CASE

S.V. BYSTROV, V.A. KARASEV, A.YU. VLASOV TREATMENT OF STENOSING TENOSYNOVITIS OF THE FLEXOR HALLUCES LONGUS OF THE FIRST TOE	63
--	----

LITERATURE REVIEW

RULU FAN, A.V. LYCHAGIN, D.S. BOBROV, G.M. KAVALERSKY, A.A. SHUBKINA DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF ASEPTIC (AVASCULAR) NECROSIS AND STRESS FRACTURE OF THE SESAMOID BONE (REVIEW)	67
A.D. REPETYUK, E.E. ACHKASOV, E.P. PIKULEV, KSINIA A. AAL PATELLA ALTA AS AN ACTUAL RISK FACTOR OF PATELLOFEMORAL INSTABILITY: ASPECTS OF ETIOLOGY, BIOMECHANICS, DIAGNOSIS AND TREATMENT (LITERATURE REVIEW)	75

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-7-18>

УДК 617-089.844

© Д.В. Бурков, В.Ю. Мурылёв, Д.С. Бобров, И.Н. Буркова, А.Г. Золовкина, В.А. Пелеганчук, 2024

Оригинальная статья / Original article

КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ВАРУСНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Д.В. БУРКОВ¹, В.Ю. МУРЫЛЁВ², Д.С. БОБРОВ², И.Н. БУРКОВА¹, А.Г. ЗОЛОВКИНА¹, В.А. ПЕЛЕГАНЧУК¹

¹ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, 656000, г. Барнаул, Россия

²ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Аннотация

Обоснование. Внедрение в современную практику методики эндопротезирования позволило улучшить клиничко-функциональные результаты лечения. Однако сопутствующие деформации в сегменте являются одним из сдерживающих факторов развития данной методики.

Цель. Проанализировать результаты эндопротезирования голеностопного сустава у пациентов с варусной деформацией на уровне пораженного сустава. Разработать алгоритм одномоментной коррекции дополнительных деформаций одновременно с эндопротезированием сустава.

Материалы и методы. Исследование основывается на анализе клиничко-функциональных результатов у пациентов с остеоартрозом голеностопного сустава с варусной деформацией, которым выполнено эндопротезирование пораженного сустава. В исследование включено 58 пациентов. Всем выполнено тотальное эндопротезирование голеностопного сустава. 51(87,9%) пациенту с основным вмешательством одномоментно выполнялись дополнительные операции, направленные на восстановление оси, баланс связочного аппарат и восстановление амплитуды движений. Оценка проводилась с использованием шкал: ВАШ, AOFAS, FAOS. Для инструментальной оценки статических и динамических изменений параметров использовался комплекс «ДиаСлед».

Результаты. Наблюдалось улучшение клинических и функциональных параметров по применяемым шкалам. По шкале ВАШ уменьшение с 6,0 в предоперационном периоде до 1,0 балла в послеоперационном периоде. По шкале AOFAS наблюдался прирост с 32,0 до 86,5 баллов. По шкале FAOS с 26,0 баллов прирост до 87,0 баллов в сроки клинического осмотра для оценки результатов лечения. При анализе нагрузки наблюдалось равномерное распределение после операции как стоя, так и при медленной ходьбе. Также отмечено изменение коэффициента медио-латерального отношения во всех отделах стопы после операции и приближение ее к норме.

Заключение. Результаты лечения остеоартроза голеностопного сустава с варусной деформацией хорошие и отличные. В большинстве клинических случаев потребовалось проведение дополнительных вмешательств. Использование разработанного алгоритма возможно при любой деформации на уровне голеностопного сустава и ниже линии суставной щели.

Ключевые слова: Голеностопный сустав; остеоартроз; деформация; эндопротезирование

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Бурков Д.В., Мурылев В.Ю., Бобров Д.С., Буркова И.Н., Золовкина А.Г., Пелеганчук В.А., КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ВАРУСНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 2(56). С. 7–18 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-7-18>

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

CLINICAL AND FUNCTIONAL RESULTS OF TOTAL ANKLE REPLACEMENT IN PATIENTS WITH VARUS ALIGNMENT

DMITRY V. BURKOV¹, VALRERY Y. MURYLEV², DMITRY S. BOBROV², IRINA N. BURKOVA¹, ANNA G. ZOLOVKINA¹, VLADIMIR A. PELEGANCHUK¹

¹ Federal center of traumatology, orthopedics and endoprosthesis, 656000, Barnaul, Russian Federation

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

Introduction. Total ankle replacement has increased satisfaction in patients with osteoarthritis of the ankle. However, additional deformities are one of the limiting factors in the development of this technique.

Materials and methods. The paper analyzes results of the treatment of patients with the end-stage osteoarthritis of the ankle with varus alignment in the Federal Center in Barnaul. 58 patients underwent endoprosthesis of the ankle joint. 51 (87.9%) underwent additional procedures during the base stage of the intervention. All of these manipulations were required to restore the alignment, balance and ankle range of motion. Assessment was performed by means of VAS, AOFAS, and FAOS scales. Preoperative and postoperative static and dynamic characteristic were evaluated with «Dia-Sled Scan».

Results. Evaluation of the functional results on the scales (VAS, AOFAS, FAOS) showed a significant improvement in parameters of the postoperative period compared to the preoperative survey ($P < 0.05$). According to the VAS scale, the mean values decreased from 6.0 points in the preoperative period to 1.0 points. On the AOFAS scale, there was an increase from 32.0 to 86.5, and on the FAOS scale from 26.0 to 87.0. Analysis of the load showed its postoperative balance in both standing and strolling models. Also, there was a change in the medio-lateral ratio in all parts of the foot after surgery and its approximation to the norm.

Conclusions. The results of treatment of osteoarthritis of the ankle joint with varus alignment are good and excellent. In most clinical cases, additional interventions were required. We can use the algorithm to correct deformations at the level of the ankle joint and below the line of the articular gap.

Key words: ankle joint; osteoarthritis; deformities; total ankle replacement.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Burkov D.V., Murylev V.Y., Bobrov D.S., Burkova I.N., Zolovkina A.G., Peleganchuk V.A., CLINICAL AND FUNCTIONAL RESULTS OF TOTAL ANKLE ARTHROPLASTY IN PATIENTS WITH VARUS ALIGNMENT. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 2. pp. 7–18 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-7-18>

Введение:

На сегодняшний день остеоартроз крупных суставов является всемирной проблемой. Крузартроз - это заболевание, проявляющееся болью, ограничением подвижности и высокой степенью инвалидизации, заставляет искать оптимальные методы лечения и усовершенствовать имеющиеся [1]. Причиной развития остеоартроза голеностопного сустава, до 70-80% случаев, является травма и ее последствия. Длительное время «золотым стандартом» лечения данной патологии остается артродез пораженного сустава [2, 3, 4]. Тем не менее, в современной литературе появляется все больше публикаций об успешном использовании эндопротезирования с высокими клинико-функциональными результатами [5,6,7,8].

Однако количество выполняемых вмешательств до сих пор смещено в сторону артродезирования пораженного сустава. В работе McKenna B. J. et al. [8] 50% хирургов, которые не выбрали методику эндопротезирования, указали, что не имеют достаточного опыта и навыков для выполнения данной процедуры. Также ограничением для выполнения эндопротезирования голеностопного сустава была и остается деформация, которая является препятствием для имплантации у пациентов с сопутствующими изменениями в пораженном сегменте [2,4,9,10]. Изменения при крузартрозе редко бывают изолированными, это проявляется деформациями на различном уровне: выше суставной щели сустава, на ее уровне, либо ниже на уровне заднего отдела стопы [11,12,13,14]. Поэтому, использование классификации, описывающей поражение только сустава без

окружающих структур, бывает недостаточно, так как не отображает истинную картину патологического процесса. Использование классификации COFAS (Canadian Orthopaedic Foot and Ankle Society) [15] с анализом предоперационных изменений и деформаций, показало, что до 50 % случаев развития остеоартроза голеностопного сустава связано с сопутствующими изменениями в параартикулярных структурах и требует дополнительных коррекций. При планировании эндопротезирования голеностопного сустава, от 33% до 44% пациентов имели деформацию в коронарной плоскости более 10 градусов [16,17]. Выживаемость имплантата после установки снижалась до 48% в течение 8 лет при остаточной деформации более 10 градусов [10]. Однако если деформацию можно исправить, успех имплантации приближался к уровню выживаемости эндопротеза с восстановленной анатомической осью [5,7,8,10].

Улучшение результатов тотального эндопротезирования голеностопного сустава зависит от многих факторов. Современные конструкции имплантов, совершенствование операционной техники, выравнивание оси конечности, баланс мягких тканей и восстановление амплитуды движений являются залогом длительного и успешного функционирования эндопротеза и высокой удовлетворенностью результатами лечения у пациентов [18,19,20]. Несоблюдение данных принципов может стать причиной ранней нестабильности и привести к ревизионному эндопротезированию либо к ревизионному артродезу [21].

Концепция баланса связочного аппарата при травматических и дегенеративных заболеваниях голеностопного сустава и стопы не нова. Широкий спектр вмешательств используется

для восстановления опороспособности и улучшения функциональной активности при деформациях дистальных отделов нижней конечности [9,11,14,18,19]. Понимание данных изменений и коррекция каждого компонента необходима во время эндопротезирования голеностопного сустава.

Цель:

Целью данного исследования было проанализировать результаты эндопротезирования голеностопного сустава у пациентов с варусной деформацией на уровне пораженного сустава и разработать алгоритм одномоментной коррекции дополнительных деформаций в одну секцию с эндопротезированием сустава.

Материалы и методы:

Исследование основывается на анализе клинико-функциональных результатов у пациентов с остеоартрозом голеностопного сустава терминальной стадии с варусной деформацией на уровне пораженного сегмента, которым выполнено эндопротезирование пораженного сустава.

Все пациенты, вошедшие в исследование, были прооперированы в клинике ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России г. Барнаул в период с 2013 по 2022 год в травматолого-ортопедическом отделении № 1. Оперативные пособия, опрос и осмотр пациентов перед операцией и на этапе оценки клинических и функциональных результатов выполнены одним хирургом, что позволяет утверждать о едином подходе к лечению, и исключает разницу в получении результатов.

Критерии включения в группу исследования:

- пациенты с остеоартрозом голеностопного сустава любой этиологии с сопутствующей варусной деформацией на уровне суставной линии и ниже;
- пациенты с остеоартрозом голеностопного сустава и дегенеративными изменениями на уровне суставов заднего и среднего отдела стопы;
- пациенты, доступные для динамического наблюдения, с возможностью опроса в сроки не менее 12 месяцев с момента оперативного лечения.

Все поступившие в отделение предъявляли жалобы на боли в пораженном суставе, усиливающиеся при физической нагрузке, на ограничение функции конечности, проявляющееся прогрессирующим снижением амплитуды движений, неэффективность консервативного лечения на догоспитальном этапе в условиях поликлиники по месту жительства.

Из 58 прооперированных 38 человек (65,5%) составили женщины и 20 (34,5%) – мужчины. Имплантация правого сустава выполнена у 29. Среднее значение ИМТ (индекс массы тела) составило 32,03 (17,5-49,3). Возраст - от 32 (минимальное значение) до 78 (максимальное), среднее значение 56,4 года.

Диагноз при поступлении у 40 (69%) пациентов – посттравматический остеоартроз, у 18 (31%) – идиопатический остеоартроз. Средние сроки наблюдения составили 46,7 месяца (12,0-108,0). Сводная характеристика пациентов представлена в таблице 1

Таблица 1

Сводная характеристика пациентов

Количество имплантаций	58
Возраст (лет)	56,4 (32-78)
Соотношение муж./жен.	20/38
Сторона правая/левая	29/29
ИМТ	33,07 (19,4-47,2)
Посттравматический остеоартроз	40(69%)
Идиопатический остеоартроз	18 (31%)
Сроки наблюдения, мес.	46,7 (12,0-108,0)

При поступлении в клинику выполнялись рентгенограммы пораженного сустава строго в прямой и боковой проекциях. Также в проекции Зальцмана, для определения деформации на уровне суставной щели и заднего отдела стопы. Дополнительно проводились КТ (компьютерная томография) и МРТ (магнитно-резонансная томография) исследования для оценки состояния мягкотканых структур и вовлеченности в процесс смежных суставов конечности. Для определения деформации на уровне суставной щели важными показаниями являются MDTA (medial distal tibial angle), TTA (tibia talar angle) и talar tilt (разница между MDTA и TTA) (Рисунок 1).

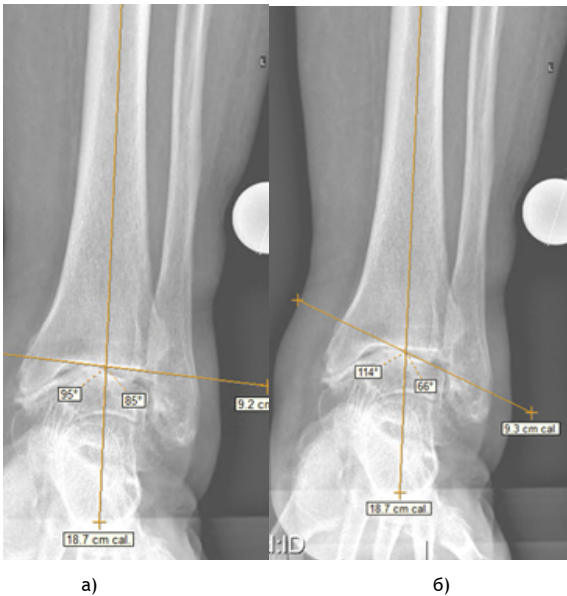


Рисунок 1. - Рентгенограммы до оперативного лечения:

- а) - измерение угла MDTA (medial distal tibial angle) 85 градусов;
- б) - измерение угла TTA (tibia talar angle) 66 градусов

Вид и степень деформации во фронтальной плоскости на уровне сегмента большеберцовая кость – таранная кость – задний отдел стопы складывался при анализе обоих параметров. Нередко при нейтральном выравнивании большеберцовой кости наклон таранной кости был варусный. Значения измерений деформации во фронтальной плоскости составили MDTA 84,0 (81,0-87,0), TTA 80,0 (76,0-83,0), tilt 2,0 (2,0-4,0).

Всем пациентам, независимо от этиологического фактора, установлен диагноз остеоартроз голеностопного сустава III стадии по Косинской Н.С.. Помимо стадии крузартроза выделялся тип предоперационных дополнительных изменений, учитывающих внутри и околосуставную деформацию, укорочение ахиллова сухожилия, а также изменения рядом лежащих суставов [15]. В таблице 2 представлена классификация COFAS (Canadian Orthopaedic Foot and Ankle Society), в таблице 3 распределение пациентов по группам.

Таблица 2

Классификация предоперационных изменений и деформаций у пациентов с остеоартрозом голеностопного сустава

	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
Предоперационные изменения в пораженном сегменте	Изолированный остеоартроз голеностопного сустава	Остеоартроз с варусной деформацией на уровне суставной щели, нестабильность сустава, укорочение ахиллова сухожилия	Остеоартроз с деформацией заднего отдела стопы, неправильно сросшимися переломом большеберцовой кости, деформацией на уровне среднего отдела стопы, деформацией переднего отдела стопы....	Тип 3 с дополнительными изменениями подтаранного, таранно-ладьевидного и пяточно-кубовидного суставов
Необходимость выполнения дополнительных вмешательств	Не требуются. Удаление металлоконструкций	Релиз дельтовидной связки, реконструкция связочного аппарата, удлинение ахиллова сухожилия, транспозиция сухожилий, релиз капсулы сустава, реконструкция переднего отдела стопы....	Остеотомии лодыжек, остеотомии пяточной кости, артродезы на уровне среднего отдела стопы	Артродезы: подтаранного, таранного-ладьевидного и пяточно-кубовидного сустава

Таблица 3

Распределение в группах согласно классификации

Стадии остеоартроза	Количество
III ст. тип 1	6(10,3%)
III ст. тип 2	27(46,3%)
III ст. тип 3	17(29,3%)
III ст. тип 4	8(13,8%)
Всего	58(100%)

После выполненного обследования проведено эндопротезирование голеностопного сустава. Методом выбора данной процедуры являлся остеоартроз любой этиологии с сопутствующей деформацией на уровне суставной линии и ниже. Противопоказанием для выполнения служила деформация на уровне суставной щели более 20 градусов, дефекты таранной и плато большеберцовой кости глубиной более 6 мм и площадью более 30%, а также невозможность восстановления связочного аппарата при его нестабильности. Проводилась имплантация

эндопротезов Mobility (DePuy), Hintegra (Integra, Newdeal), Taric (Implantcast) и Infinity (WrightMedical).

Одновременно с основным этапом выполнялись дополнительные вмешательства, направленные на выравнивание оси во фронтальной плоскости, восстановления баланса на уровне суставной щели и увеличения амплитуды движений. В таблице 4 представлены виды и количество одновременных дополнительных вмешательств.

Самыми частыми были вмешательства, направленные на удлинение задних структур – ахиллотомия и апоневротомия икроножной мышцы. Причем тест Сильвершейлд [22] был отрицательный у 35 пациентов, им выполнялась апоневротомия икроножной мышцы в месте сухожильно-мышечного перехода. У 17 выполнена ахиллотомия. Данное вмешательство помимо удлинения задних структур позволяет скорректировать варусную установку стопы. У 5 человек данные вмешательства выполнялись одновременно. С целью восстановления баланса на уровне суставной щели и выведения стопы в нейтральное положение 10 прооперированным выполнена остеотомия внутренней лодыжки. Трем пациентам произведена укорачивающая остеотомия на-

ружной лодыжки в сочетании с пластикой наружного связочного комплекса. Всего 18 пациентам с целью коррекции варусного положения стопы и устранения нестабильности голеностопного сустава потребовалась пластика связочного аппарата. Только у четырех из этой группы не отмечено факта травмы в анамнезе, и остеоартроз голеностопного сустава у них расценен как идиопатический. Двум пациентам с варусной деформацией дополнительно выполнены мягкотканые вмешательства: пластика дистального межберцового синдесмоза и транспозиция сухожилий на тыл стопы на фоне повреждения двигательной ветви малоберцового нерва. Шести прооперированным дополнительно одномоментно выполнен артродез подтаранного сустава на фоне дегенеративных изменений. С целью коррекции остаточного варуса пятки троим из прооперированных произведена вальгизирующая остеотомия пяточной кости. Для коррекции положения среднего отдела стопы двум обратившимся произведены вмешательства: артродез таранно-ладьевидного сустава при наличии признаков его дегенеративного повреждения у первого и остеотомия клиновидной кости для низведения первого луча с целью адаптации переднего отдела стопы к поверхности у второго. Всего у 51(87,9%) пролеченных выполнены вмешательства, из них у 34 (58,6%) их сочетание. В данной группе не получено ни одного интраоперационного осложнения.

Таблица 4

Дополнительные одномоментные операции, выполненные при эндопротезировании голеностопного сустава

Дополнительные одномоментные операции	Количество вмешательств
Ахиллотомия	17
Апоневротомия	35
Остеотомия медиальной лодыжки	10
Остеотомия наружной лодыжки	3
Пластика синдесмоза	1
Пластика наружных связок	18
Артродез 1 ПФС	1
Артродез подтаранного сустава	6
Артродез таранно-ладьевидного сустава	1
Транспозиция сухожилий	1
Вальгизирующая остеотомия пяточной кости	3
Остеотомия клиновидной кости	1
Другое: удаление металлоконструкции, костная пластика, остеотомия 1 пальца	1
Всего манипуляций	97
Всего пациентов, которым выполнены дополнительные вмешательства	51(87,9%)

Для оценки клинико-функционального состояния и результатов лечения использовались унифицированные шкалы и опросники [23]. Анкеты и опросники заполнялись перед оперативным лечением, далее – каждый визит. Для оценки болевого синдрома использовалась визуальная аналоговая шкала боли - ВАШ. Интерпретация функциональных результатов проводилась по опроснику, предложенному Американским ортопедическим обществом стопы и голеностопного сустава (American Orthopaedic Foot and Ankle Society – AOFAS). Удовлетворенность результатами лечения оценивали по шкале the Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) (Institute of Sport Science and Clinical Biomechanics, University of Southern Denmark).

Для определения статических и динамических изменений параметров нагрузки в оперированном сегменте в покое и при ходьбе в предоперационном и послеоперационном периоде использовался комплекс «ДиаСлед» [24, 25]. Анализ основан на оценке показателей распределения нагрузки и выявлении зон перегрузок в разных областях подошвенной поверхности стопы: пятка, свод стопы, головки плюсневых костей. Качественный анализ распределения нагрузки проводился в режиме цветового отображения с цифровой визуализацией.

Для количественной оценки состояния пораженной конечности в предоперационном и послеоперационном периоде были рассчитаны следующие показатели:

□ парциальная нагрузка на область стопы (пятка, продольный свод стопы, область плюсневых костей, весь носок) – отношение суммарного давления, которое приходится на отдельную область стопы, к давлению, воспринимаемому всей стопой;

□ медиолатеральный коэффициент опоры – отношение суммарного давления, которое приходится на медиальную часть области стопы, к давлению, воспринимаемому латеральной частью этой области. Коэффициент измерялся в области пятки, продольного свода стопы, области плюсневых костей и носка.

Для сравнения результатов лечения была отобрана группа волонтеров (22 стопы) без жалоб и деформаций в области стопы и голеностопного сустава. Возрастная группа 18 до 43 лет. Нормальное распределение во время статической нагрузки в большей части у них приходилось на область головок плюсневых костей и свод стопы, в меньшей части – на пяточную область и область пальцев стопы. Во время динамической нагрузки происходило перераспределение нагрузки, в большей степени на область переднего отдела стопы. По результатам обследования здоровых добровольцев рассчитан медиолатеральный коэффициент нагрузки на отделы стопы.

Статистический анализ:

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 2016. Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics v.26 (разработчик - IBM Corporation).

Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению, для этого использовался критерий Шапиро-Уилка. Большая часть данных, характеризующая клинко-функциональные результаты, и данные дополнительных исследований отличались от нормального распределения. Решено было описывать при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (25% и 75%).

При сравнении средних величин в нормально и ненормально распределенных совокупностях количественных данных рассчитывался t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок. Различия показателей считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты:

Все пациенты при поступлении и в сроки наблюдения не менее 12 мес. с момента операции опрошены с использованием опросников и шкал: ВАШ, FAOS и AOFAS. В таблице 5 приведены данные опросников.

Таблица 5

Данные клинко-функционального исследования пациентов клинической группы

Шкала	До операции	После операции (2022 г.)
ВАШ	6,0 (7,0-8,0)	1,0 (0,0-3,0)
FAOS	32,0 (26,8-38,0)	86,5 (71,0-93,0)
AOFAS	26,0 (16,8-42,0)	87,0 (74,3-95,3)

Опрос показал значительное улучшение клинических и функциональных параметров по применяемым шкалам в послеоперационном периоде по сравнению с предоперационным опросом ($P < 0.005$):

□ по шкале ВАШ уменьшение средних показателей с 6,0 в предоперационном периоде до 1,0 балла в послеоперационном периоде.

□ по шкале AOFAS прирост с 32,0 до 86,5 баллов в сроки клинического осмотра.

□ по шкале FAOS прирост с 26,0 баллов до 87,0 баллов в сроки клинического осмотра для оценки результатов проведенного лечения.

Измерение амплитуды движений в пораженном суставе проводится до операции, после установки компонентов эндопротеза и в сроки клинического осмотра. В таблице 6 приведены показатели амплитуды движений у пациентов.

Значения тыльной и подошвенной флексий увеличилось после проведенного вмешательства. Несмотря на достигнутое увеличение флексии и экстензии в послеоперационном периоде, в сроки более 12 месяцев наблюдалось снижение амплитуды движений. Снижение величины подошвенного сгибания не отразилось на результате. Уменьшение величины тыльной флексии компенсировалось за счет гипермобильности в таранно-ладьевидном суставе.

Таблица 6

Измерение амплитуды движений в пораженном суставе

	До операции	Во время операции	После операции (2022 г.)
Тыльная флексия	0,0 (0,0-5,0)	15,0 (10,0-15,0)	10,0 (5,0-11,3)
Подошвенная флексия	5,0 (10,0-15,0)	30,0 (20,0-30,0)	17,5 (10,0-25,0)

По данным рентгенологического исследования проводилось измерение углов установки компонентов эндопротеза во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Значения измерений составило: MDTA 89,0 (87,0-90,0), TTA 89,0 (87,0-90,0), tilt 0,0 (0,0-0,0), угол между осью большеберцовой кости и тибальным компонентом в сагиттальной плоскости составил 85,0 (83,0-87,3) градуса. Послеоперационное положение компонентов эндопротеза соответствует анатомической норме.

Сравнение показателей распределений нагрузки на стопу в статике и динамике выполнено с группой волонтеров. Данные представлены в таблице 7.

Таблица 7

Показатели нагрузки на стопу и ее распределение при статистике и динамике у пациентов с варусной деформацией

	Статическая нагрузка			Динамическая нагрузка		
	Норма	До операции	После операции	Норма	До операции	После операции
Парциальная нагрузка на всю пятку	16,57	9,92	18,87	15,515	8,97	15,11
	(12,1225-23,11)	(7,82-16,11)	(14,22-30,265)	(8,6475-19,12)	(3,3-17,7)	(12,83-21,35)
Парциальная нагрузка на всю область продольного свода	33,75	28,52	36,28	28,2	44,96	37,63
	(28,2-40,2275)	(23,37-40,53)	(29,2225-39,9625)	(25,065-34,055)	(36,48-52,68)	(31,59-50,57)

Продолжение Таблицы 7

Парциальная нагрузка на всю область плюсневых костей	36,035	56,37	40,965	41,55	43,71	40,05
	(29,41-45,38)	(38,19-61,27)	(31,84-46,045)	(33,9025-44,8050)	(31,93-45,13)	(22,25-45,29)
Парциальная нагрузка на весь носок	10,17	3,69	7,39	13,935	7,43	7,16
	(5,3375-13,3950)	(2,64-6,33)	(2,7425-9,675)	(10,7075-15,865)	(5,66-8,16)	(4,72-12,84)
Основной коэффициент медио-латерального соотношения нагрузки в области пятки	1,265	1,9	1,395	1,165	1,16	1,76
	(0,805-2,0075)	(0,89-5,52)	(0,96-6,4925)	(0,8325-1,665)	(0,35-2,08)	(0,71-4,03)
Основной коэффициент медио-латерального соотношения нагрузки в области свода	0,61	0,64	0,685	0,63	0,69	0,69
	(0,515-0,8175)	(0,47-0,81)	(0,4975-0,7775)	(0,485-0,77)	(0,52-1)	(0,58-0,78)
Основной коэффициент медио-латерального соотношения нагрузки в области плюсневых костей	0,85	1,03	0,985	0,85	1,12	0,9
	(0,655-1,065)	(0,57-1,63)	(0,8125-1,815)	(0,715-1,085)	(0,85-2,24)	(0,67-0,94)
Основной коэффициент медио-латерального соотношения нагрузки в области носка	1,24	0,65	1,225	1,785	3,5	1,88
	(0,985-1,6325)	(0,05-1,33)	(0,6375-1,9625)	(1,4575-2,5575)	(0,86-4,35)	(1,07-2,24)

Анализируя данные инструментального исследования о нагрузке, можно сделать вывод, что до операции смещение было к головкам плюсневых костей в положении стоя, а при ходьбе – увеличена в области среднего отдела стопы. При этом, как стоя, так и при ходьбе, увеличивалась нагрузка на весь латеральный отдел. После проведенного лечения распределение нагрузки зонально осталось тем же в статике, но произошло изменение во время ходьбы, приближенное к нормальным показателям. Цветовая визуализация показала улучшение – нагрузка распределена равномерно после операций как стоя, так и при медленной ходьбе. Отмечено изменение коэффициента медио-латерального отношения во всех отделах стопы и приближение его к норме.

Клинико-функциональные результаты лечения и рентгенологические параметры показали значительное улучшение по используемым шкалам в послеоперационном периоде в сравнении с предоперационным ($P < 0.005$).

У трех пациентов в послеоперационном периоде диагностирована поверхностная инфекция области рубца. Одному из них после длительного курса консервативного лечения потребовалось проведение кожной пластики дефекта. Трем пациентам на фоне хронического болевого синдрома проведена процедура радиочастотной деиннервации нервных стволов, получен длительный положительный эффект. У четырех прооперированных в сроки 48 мес., 50 мес., 72 и 96 мес. соответственно, выполнен релиз и удаление гетеротопических оссификатов, получен положительный эффект. Они осмотрены через год после операции, результаты оценены как положительные. Одному пациенту через

12 мес. с момента имплантации эндопротеза и коррекции оси на уровне голеностопного сустава (остеотомия обеих лодыжек) на фоне остаточного варуса пяточной кости выполнена вальгизирующая остеотомия. При динамическом наблюдении, через 52 мес. после первичного эндопротезирования с пластикой наружного связочного комплекса, на фоне травмы голеностопного сустава (нагрузка по оси при прыгивании с высокого предмета) у пациента диагностирована боковая нестабильность на уровне суставной щели. При ревизии выявлен перелом вкладыша с дислокацией фрагментов и развитием вторичной боковой нестабильности. После обращения в клинику выполнен релиз сустава, укорачивающая остеотомия наружной лодыжки, пластика связочного аппарата с аугментацией, пластика дистального межберцового синдесмоза и замена полиэтиленового вкладыша.

Клинический пример

Пациентка Д., 55 лет. При поступлении в клинику предъявила жалобы на боли, ограничение движений в правом голеностопном суставе. В анамнезе повреждение связочного аппарата голеностопного сустава. Лечение консервативное. Госпитализирована на эндопротезирование голеностопного сустава.

При осмотре ходит с хромотой на правую ногу. Кожные покровы области правой стопы, голеностопного сустава не изменены. Варусная деформация на уровне голеностопного сустава. Передний отдел стопы не деформирован. При осмотре

сзади варусная установка пяточной кости. Проба на носках положительная. Стопа пассивно выводится в нормальное положение. Движения в голеностопном суставе 0/0/10. Пальпация болезненная в проекции голеностопного сустава. Ригидность стопы 3+. Нарушений чувствительности и кровоснабжения на стопах не выявлено.

На Р-граммах и серии КТ признаки остеоартроза голеностопного сустава III ст. по Косинской Н.С.. При поступлении оценка по шкалам: ВАШ 7 баллов, FAOS 37 баллов, AOFAS 40 баллов. После подготовки выполнено оперативное лечение – эндопротезирование правого голеностопного сустава эндопротезом Hintegra (Newdeal).

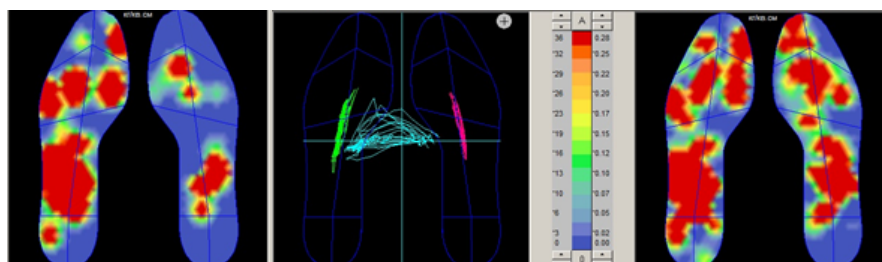
Ход операции: Кожа операционного поля обработана раствором антисептика. Разрез по передней поверхности голеностопного сустава. Произведена капсулотомия. Резекция остеофитов, медиальный релиз сустава от лодыжки и таранной кости. Выраженные остеофиты по передней поверхности. При помощи резекционных шаблонов произведена подготовка ложа для тиббиального и таранного компонентов. Подбор имплантатов. Тиббиальный компонент 3, таранный компонент 2, вкладыш 2/7 мм. Выполнена апоневротомия. С целью коррекции баланса выполнена остеотомия внутренней лодыжки. Фиксация винтами. Движения в суставе: тыльное сгибание 15, подошвенное сгибание 30. Установлены компоненты эндопротеза press-fit. Движения в прежнем объеме. Костные ориентиры на стопе восстановлены. Швы на капсулу, швы на кожу.

Ранний послеоперационный период без осложнений. Активизирована и разрешена нагрузка на конечность через 1 месяц с момента операции. Пациентка осмотрена через 60 месяцев. Произведена оценка по шкалам: ВАШ – 2 балла, AOFAS – 71 балл, FAOS – 74 балла. Результат оценен как отличный (Рисунки 2-3-4).

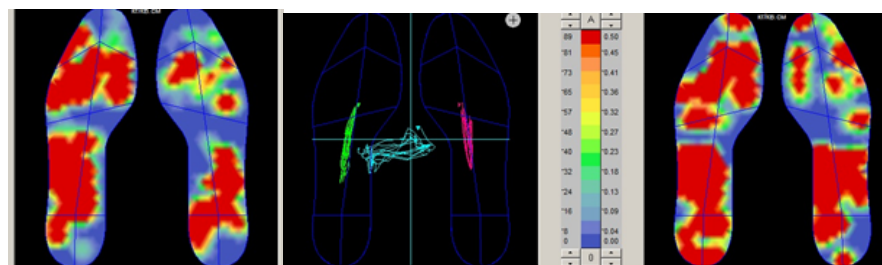


а) б) в) г)
Рисунок 2. - Пациентка Д.:
а), б) - рентгенограммы до оперативного лечения;
в), г) - послеоперационный рентгенконтроль

Определяется увеличение нагрузки на средний отдел стопы, уменьшение нагрузки на область плюсневых костей и пятки, медио-латеральный коэффициент остается симметричный. При ходьбе: увеличение нагрузки на передний отдел и выключение нагрузки с задних отделов, смещение нагрузки на наружный свод стопы.



а) б)
Рисунок 3. - Пациентка Д. Цифровая визуализация распределения нагрузки на стопу до операции:
а) - нагрузка стоя; б) - распределение нагрузки при ходьбе.



а) б)
Рисунок 4. - Пациентка Д. Цифровая визуализация распределения нагрузки на стопу после операции:
а) - нагрузка стоя;
б) - распределение нагрузки при ходьбе.

Определяется равномерное и симметричное распределение нагрузки на отделы стопы, с увеличением нагрузки на пяточную область и область головок плюсневых костей.

Обсуждение:

Проведен анализ после эндопротезирования голеностопного сустава у пациентов с варусной деформацией на уровне пораженного сустава. Получены хорошие и отличные результаты. Это было достигнуто при условии восстановления оси конечности, балансировки сустава и достижения оптимальной амплитуды движений.

В группе преобладали пациенты с посттравматическими изменениями, но и при идиопатическом крузартрозе наблюдались дополнительные деформации и изменения в параартикулярных структурах. Таким образом, поражение голеностопного сустава при остеоартрозе нельзя рассматривать изолированно, требуется взвешенный подход к сегменту целиком. В связи с чем, был разработан и внедрен в клиническую практику алгоритм одномоментной коррекции дополнительных деформаций при эндопротезировании голеностопного сустава (Рисунок 5).

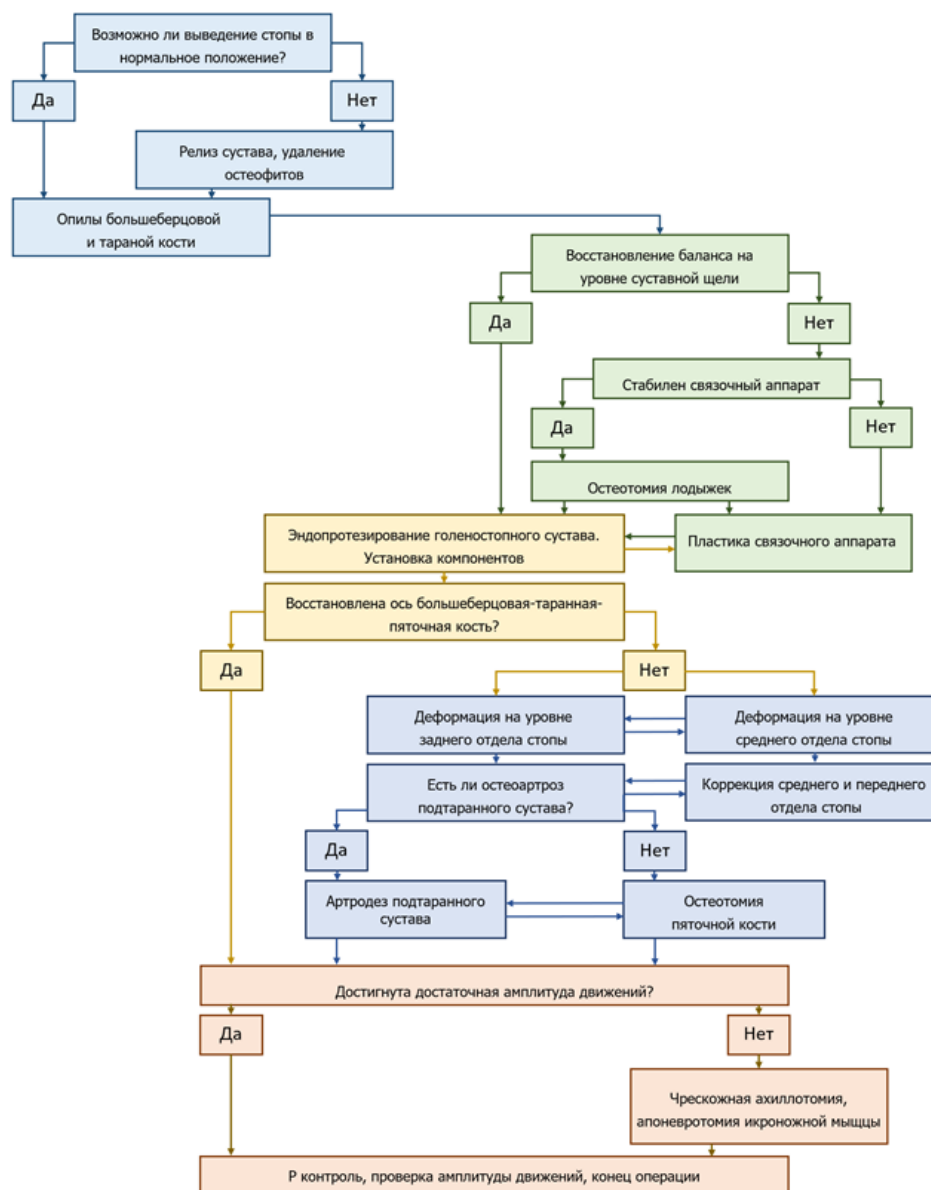


Рисунок 5. - Алгоритм одномоментной коррекции дополнительных деформаций при эндопротезировании голеностопного сустава

Нет единого мнения, какая степень и вид деформации являются противопоказанием к оперативному лечению. Во многих публикациях, посвящённых эндопротезированию голеностопного сустава, указывается на выполнение дополнительных коррекций. При написании данной работы не было выявлено точного указания на этапность. Часть авторов указывает на выполнение их до-, во время или в отсроченном периоде после эндопротезирования [14, 26]. Остаточная деформация в прооперированном сегменте может стать причиной развития ранних осложнений: связочная нестабильность, расшатывание компонентов, вывих полиэтиленового вкладыша. В данной группе пациентов только одному было выполнена повторная операция на устранение варусной установки пяточной кости. Вмешательства в отдалённом периоде выполнялись в виде хронического болевого синдрома и развития оссификатов. Данный факт расценивался, как вторичные изменения параартикулярных тканей на фоне посттравматических изменений и не был связан с эндопротезированием сустава. Любое дополнительное вмешательство на различном уровне можно считать риском развития осложнений. В группе исследования, в постоперационном периоде только у одной пациентки потребовалось оперативное лечение. Ей была выполнена пересадка свободного расщепленного кожного лоскута в область операционного доступа основного вмешательства. Можно утверждать, что количество осложнений при одномоментных вмешательствах остается крайне низким. Самым взвешенным решением является выполнение дополнительных коррекций индивидуально [27]. Использование предложенного алгоритма в клинической практике позволяет достичь отличных клинико-функциональных результатов после эндопротезирования голеностопного сустава.

Целью данного исследования было показать необходимость коррекции оси и баланса на уровне суставной щели, что возможно достигнуть только с помощью одномоментных операций.

Данное исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, оно проведено ретроспективно, но при этом без возможности влиять на выборку. Во-вторых – взята группа пациентов только с варусной деформацией, но, по собственной практике и по данным большинства авторов, она является самой многочисленной, поэтому результаты можно считать достоверными. В-третьих – отсутствует сравнительное исследование применения дополнительных вмешательств при эндопротезировании у пациентов с вальгусной деформацией и с нейтральной осью, что требует проведения дальнейшего наблюдения и анализа результатов.

Заключение:

Клинико-функциональные результаты лечения остеоартроза голеностопного сустава с использованием методики эндопротезирования у пациентов с варусной деформацией хорошие и отличные. Для достижения положительных результатов по-

требовалось проведение коррекции деформацией и изменений в дистальном сегменте нижней конечности. Предложенный алгоритм применим при эндопротезировании голеностопного сустава с деформацией на уровне голеностопного сустава и ниже линии суставной щели.

Список литературы / References:

1. Barg A. et al. Ankle osteoarthritis: etiology, diagnostics, and classification //Foot and ankle clinics. – 2013. – Т. 18. – №. 3. – С. 411-426. DOI: 10.1016/j.fcl.2013.06.001
2. Wang B. et al. Does the subtalar joint compensate for ankle malalignment in end-stage ankle arthritis? //Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2015. – Т. 473. – С. 318-325. DOI: 10.1007/s11999-014-3960-8
3. Perry T. A. et al. Trends in the utilization of ankle replacements: data from worldwide National Joint Registries //Foot & Ankle International. – 2021. – Т. 42. – №. 10. – С. 1319-1329. DOI: 10.1177/10711007211012947
4. Van der Plaats L. W., Haverkamp D. Patient selection for total ankle arthroplasty //Orthopedic Research and reviews. – 2017. – С. 63-73. DOI: 10.2147/ORR.S115411
5. Shih C. L., Chen S. J., Huang P. J. Clinical outcomes of total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis for the treatment of end-stage ankle arthritis in the last decade: a systematic review and meta-analysis //The Journal of Foot and Ankle Surgery. – 2020. – Т. 59. – №. 5. – С. 1032-1039. DOI: 10.1053/j.jfas.2019.10.008
6. O'Connor K. et al. Republication of "Total Ankle Arthroplasty: Summary of Current Status" //Foot & Ankle Orthopaedics. – 2023. – Т. 8. – №. 3. – С. 24730114231195063. DOI: 10.1177/24730114231195063
7. Tai K. et al. A survey for end-stage ankle arthritis treatment: ankle arthrodesis versus ankle arthroplasty //The Journal of Foot and Ankle Surgery. – 2020. – Т. 59. – №. 2. – С. 330-336. DOI: 10.1053/j.jfas.2019.09.007
8. McKenna B. J. et al. Total ankle arthroplasty survivorship: a meta-analysis //The Journal of Foot and Ankle Surgery. – 2020. – Т. 59. – №. 5. – С. 1040-1048. DOI:10.1053/j.jfas.2019.10.011
9. Kim B. S., Lee J. W. Total ankle replacement for the varus unstable osteoarthritic ankle //Techniques in Foot & Ankle Surgery. – 2010. – Т. 9. – №. 4. – С. 157-164. DOI: 10.1097/BTF.0b013e3181fcde82
10. Lee G. W., Wang S. H., Lee K. B. Comparison of intermediate to long-term outcomes of total ankle arthroplasty in ankles with preoperative varus, valgus, and neutral alignment //JBJS. – 2018. – Т. 100. – №. 10. – С. 835-842. DOI: 10.2106/JBJS.17.00703
11. Tan K. J., Myerson M. S. Planning correction of the varus ankle deformity with ankle replacement //Foot and ankle clinics. – 2012. – Т. 17. – №. 1. – С. 103-115. DOI:10.1016/j.fcl.2011.11.005
12. Mayich D. J., Daniels T. R. Total ankle replacement in ankle arthritis with varus talar deformity: pathophysiology, evaluation, and management principles //Foot and Ankle Clinics. – 2012. – Т. 17. – №. 1. – С. 127-139. DOI:10.1016/j.fcl.2011.11.00
13. Dodd A., Daniels T. R. Total ankle replacement in the presence of talar varus or valgus deformities //Foot and Ankle Clinics. – 2017. – Т. 22. – №. 2. – С. 277-300. DOI:10.1016/j.fcl.2017.01.002

14. Gauvain T. T., Hames M. A., McGarvey W. C. Malalignment correction of the lower limb before, during, and after total ankle arthroplasty // *Foot and Ankle Clinics*. – 2017. – Т. 22. – №. 2. – С. 311-339. DOI:10.1016/j.fcl.2017.01.003
15. Krause F. G. et al. The postoperative COFAS end-stage ankle arthritis classification system: interobserver and intraobserver reliability // *Foot & Ankle Specialist*. – 2012. – Т. 5. – №. 1. – С. 31-36. DOI: 10.1177/1938640011433051
16. Kim B. S. et al. Total ankle replacement in moderate to severe varus deformity of the ankle // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 2009. – Т. 91. – №. 9. – С. 1183-1190. DOI: 10.1302/0301-620X.91B9.22411
17. Trajkovski T. et al. Outcomes of ankle arthroplasty with preoperative coronal-plane varus deformity of 10 or greater // *JBJS*. – 2013. – Т. 95. – №. 15. – С. 1382-1388. DOI: 10.2106/JBJS.L00797
18. Reddy S. C. et al. Correction of moderate to severe coronal plane deformity with the STAR™ ankle prosthesis // *Foot & Ankle International*. – 2011. – Т. 32. – №. 7. – С. 659-664. DOI: 10.3113/FAI.2011.0659
19. Doets H. C., van der Plaats L. W., Klein J. P. Medial malleolar osteotomy for the correction of varus deformity during total ankle arthroplasty: results in 15 ankles // *Foot & ankle international*. – 2008. – Т. 29. – №. 2. – С. 171-177 DOI: 10.3113/FAI.2008.0171.
20. De Keijzer D. R. et al. Influence of preoperative tibiotalar alignment in the coronal plane on the survival of total ankle replacement: a systematic review // *Foot & Ankle International*. – 2020. – Т. 41. – №. 2. – С. 160-169. DOI: 10.1177/1071100719886817
21. Бобров Д. С., Артёмов К. Д. Эндопротезирование голеностопного сустава: особенности и исходы вмешательства (Обзор литературы) // *Кафедра травматологии и ортопедии*. – 2021. – №. 2. – С. 30-40 [Bobrov D.S., Artyomov K.D., Total ankle replacement: characteristics and outcomes of the operation (Literature review) Department of Traumatology and Orthopedics. 2021.№2(44). pp.30-40.] DOI: 10.17238/issn2226-2016.2021.2.30-40
22. DeOrio J. K., Lewis J. S. Silfverskiöld's Test in Total Ankle Replacement With Gastrocnemius Recession. *Foot Ankle Int*. 2014;(35) 2:116–122. DOI:10.1177/1071100713510498
23. Мо Ц., Ригин Н.В., Бобров Д.С., Слияков Л.Ю. Анкеты и шкалы для оценки состояния стопы и голеностопного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2016.№4(20). с.5-11 [Mo J., Rigin N.V., Bobrov D.S., Sliniyakov L.Y. Outcome rating scales for clinical evaluation of foot and ankle. The Department of Traumatology and Orthopedics. 2016.№4(20). p.5-11.].
24. Долганова Т. И., Мартель И. И., Нарицын В. А. Количественный и качественный анализ динамоплантограмм у пациентов с повреждениями таранной кости после лечения по методу Г.А. Илизарова // *Тений ортопедии*. – 2010. – №. 3. – С. 105-110. [T.I. Dolganova, I.I. Martel, V.A. Naritsyn. Quantitative and qualitative analysis of dynamo-plantograms in patients with talus injuries after treatment according to the Ilizarov method. *Genij Ortopedii*. 2010;(3). p.105-110]
25. Смирнова Л. М., Джомардлы Э. И., Кольцов А. А. Межзональное распределение нагрузки на плантарную поверхность стопы при ходьбе пациентов с ДЦП как объективный критерий тяжести функциональных нарушений // *Травматология и ортопедия России*. – 2020. – Т. 26. – №. 3. – С. 80-92. [Smirnova L.M., Dzhomardly E.I., Koltsov A.A. The Interzonal Distribution of the Load on the Plantar Surface of the Foot During Walking in the Patients with Cerebral Palsy as an Objective Criterion of Functional Impairment Severity. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):80-92] DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-80-92.
26. Henricson A., Ågren P. H. Secondary surgery after total ankle replacement: the influence of preoperative hindfoot alignment // *Foot and ankle surgery*. – 2007. – Т. 13. – №. 1. – С. 41-44. DOI: 10.1016/j.fas.2006.10.002
27. Gougoulas N., Maffulli N. Osteotomies for managing varus and valgus malalignment with total ankle replacement // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. – 2015. – Т. 32. – №. 4. – С. 529-542. DOI: 10.1016/j.cpm.2015.06.014

Информация об авторах:

Бурков Дмитрий Владимирович – врач-травматолог-ортопед ОТО №1 ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул, ул. Ляпидевского 1/3, 656000, Барнаул, Россия. <https://orcid.org/0009-0001-9559-8441>, e-mail arthrodv@mail.ru

Мурылёв Валерий Юрьевич – врач-травматолог-ортопед, д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-5753-8926>, e-mail nmuril@yandex.ru

Бобров Дмитрий Сергеевич – врач-травматолог-ортопед, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Большая Пироговская д. 6, стр.1, 119435. Россия. <https://orcid.org/0000-0002-1190-7498>, e-mail dsbmed@mail.ru

Буркова Ирина Николаевна – врач-рентгенолог, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул, ул. Ляпидевского 1/3, 656000, Барнаул, Россия. <https://orcid.org/0009-0004-6931-0549>, e-mail burkovain@mail.ru

Золовкина Анна Геннадьевна – врач клинической лабораторной диагностики, заведующий лабораторией, кандидат медицинских наук, доцент, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул, ул. Ляпидевского 1/3, 656000, Барнаул, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-2923-6511>, e-mail zolvokinaag@gmail.com

Пелеганчук Владимир Алексеевич – врач-травматолог-ортопед, доктор медицинских наук, главный врач ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Барнаул), заведующий кафедрой, профессор кафедры травматологии, ортопедии и вертебрологии Федерального государствен-

ного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Россия. <https://orcid.org/0000-0002-2386-4421>, e-mail 297501@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Бурков Дмитрий Владимирович – врач-травматолог-ортопед ОТО №1 ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул, ул. Ляпидевского 1/3, 656000, Барнаул, Россия, <https://orcid.org/0009-0001-9559-8441>, e-mail arthrodv@mail.ru

Information about the authors:

Dmitry V. Burkov – senior researcher - orthopedic surgeon, Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics (Barnaul) of the Ministry of Health of the Russian Federation, ul. Lapidevskogo 1/3, Barnaul, Russia, <https://orcid.org/0009-0001-9559-8441>, e-mail arthrodv@mail.ru

Valery Y. Murylev – Dr. Sci. (Med.), Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Head of Moscow City Arthroplasty Center, Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-5753-8926>, e-mail nmuril@yandex.ru

Dmitry S. Bobrov – PhD, Associate prof. of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-1190-7498>, e-mail dsbmed@mail.ru

Anna G. Zolovkina – Cand. Sci. (Med.), Chief of the Clinical Diagnostic Laboratory, Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics (Barnaul) of the Ministry of Health of the Russian Federation, ul. Lapidevskogo 1/3, Barnaul, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-2923-6511>, e-mail zolovkinaag@gmail.com

Irina N. Burkova – assistant researcher, Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics (Barnaul) of the Ministry of Health of the Russian Federation, ul. Lapidevskogo 1/3, Barnaul, Russia, <https://orcid.org/0009-0004-6931-0549>, e-mail burkovain@mail.ru

Vladimir A. Peleganchuk – MD, Chief Physician of the Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics (Barnaul) of the Ministry of Health of the Russian Federation, Head and Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Vertebrology of the Altai State Medical University (ASMU) of the Ministry of Health of the Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-2386-4421>, e-mail 297501@mail.ru

Corresponding author: Dmitry V. Burkov – senior researcher - orthopedic surgeon, Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics (Barnaul) of the Ministry of Health of the Russian Federation, ul. Lapidevskogo 1/3, Barnaul, Russia, <https://orcid.org/0009-0001-9559-8441>, e-mail arthrodv@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-19-25>

УДК 616.727.2-001-089.819

© А.А. Ветошкин, Н.В. Васильченко, С.С. Гусев, А.А., Учеваткин, 2024

Оригинальная статья / Original article



ДИЗАЙН И ОБОСНОВАНИЕ ПРОСПЕКТИВНОГО РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АУГМЕНТАЦИИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗРЫВОВ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА КОНЦЕНТРАТОМ АСПИРАТА КОСТНОГО МОЗГА (ВМАС)

А.А. ВЕТОШКИН¹, Н.В. ВАСИЛЬЧЕНКО², С.С. ГУСЕВ², А.А. УЧЕВАТКИН³

¹ ФГБУ Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, 194044, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ Клиническая больница №1 Управления делами Президента РФ, 121352, Москва, Россия

³ ГБУЗ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, 127051, Москва, Россия

Аннотация

Обоснование. Распространенность разрывов вращательной манжеты плеча остается на высоком уровне в популяции, достигая 20 %, при этом тенденции к снижению данного показателя не наблюдается. Несмотря на очевидный прогресс в диагностике и хирургическом лечении достижение желаемых воспроизводимых клинических результатов не всегда возможно.

Цель исследования – сравнительный анализ эффективности стандартной артроскопической методики восстановления средних и больших разрывов вращательной манжеты плеча и дополненного использованием концентрата аспирата костного мозга (ВМАС).

Материалы и методы. Проспективное рандомизированное исследование включит пациентов с диагнозом средних и больших разрывов сухожилий вращательной манжеты плеча, подходящих под критерии исследования. Пациенты (n = 80) будут распределены (1:1) случайным образом в экспериментальную группу (артроскопический шов сухожилий вращательной манжеты совместно с интраоперационным введением ВМАС) и контрольную группу (артроскопический шов сухожилий вращательной манжеты без ВМАС). Наблюдение за пациентами в течение 12 месяцев на этапах и 3, 6, 12 месяцев после операции с выполнением МРТ исследования и оценкой динамики функциональных результатов по шкалам ASES, DASH, UCLA и SST.

Результаты. Гипотеза исследования – артроскопическое восстановление разрывов вращательной манжеты плеча, дополненное использованием (ВМАС), позволит добиться лучших показателей восстановления целостности тканей, при этом динамика снижения выраженности болевого синдрома и улучшения функции сустава будет сопоставимой.

Заключение. Прогресс в результатах восстановления вращательной манжеты связан с разработкой комбинации клеточных или биологических технологий с возможностями хирургической реконструкции. Планируемое проспективное исследование позволит определить роль биологической аугментации артроскопической реконструкции повреждений.

Ключевые слова: вращательная манжета; аспират костного мозга; ВМАС; артроскопия плечевого сустава; реконструкция манжеты ротаторов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Для цитирования: Ветошкин А.А., Васильченко Н.В., Гусев С.С., Учеваткин А.А., ДИЗАЙН И ОБОСНОВАНИЕ ПРОСПЕКТИВНОГО РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АУГМЕНТАЦИИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗРЫВОВ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА КОНЦЕНТРАТОМ АСПИРАТА КОСТНОГО МОЗГА (ВМАС) *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 1(55). С. 22–25 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-1-22-25>

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

DESIGN AND RATIONALE OF A PROSPECTIVE RANDOMIZED TRIAL OF BIOLOGIC AUGMENTATION WITH BONE MARROW ASPIRATE CONCENTRATE (VMAC) IN ARTHROSCOPIC RECONSTRUCTION OF ROTATOR CUFF TEAR

ALEKSANDR A. VETOSHKIN¹, NIKITA V. VASILCHENKO², SERGEI S. GUSEV², ANDREY A. UCHEVATKIN³

¹ Federal State Public Enterprise Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine of the Emergencies Ministry of Russia, 194044, St. Petersburg, Russia

² Federal state budgetary institution Clinical hospital No. 1» (Volynskaya) of the Office of the President of the Russian Federation, 121352, Moscow, Russia

³ State budgetary health care institution of the Moscow city Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies Department of Health of the City of Moscow, Moscow, 127051, Russia

Abstract

Introduction. Rotator cuff tears are a common shoulder pathology with an increasing incidence, reaching up to 20% in the population, while currently no downward trend is observed. Although we have witnessed remarkable advances in the diagnosis and surgical treatment based on solid science and extensive clinical practice, considerable controversy remains over the optimal reproducible clinical outcomes.

Purpose is to compare the effects of the arthroscopic treatment for medium to large rotator cuff tears with and without bone marrow aspirate concentrate (BMAC) augmentation.

Materials and methods: The prospective randomized trial will enroll eligible patients (n = 80). Patients will be randomly assigned (1:1) to the experimental group (arthroscopic rotator cuff suture repair with BMAC application) and the control group (arthroscopic rotator cuff suture repair without BMAC application). Outcomes will be assessed at 3, 6, 12 months after surgery by magnetic resonance imaging and with respect to functional scores using the scoring systems ASES, DASH, UCLA and SST.

Results: The hypothesis of the study is that the arthroscopic repair of rotator cuff tears augmented by BMAC will improve tissue integrity, while the rates of reducing pain and improving function will be comparable.

Discussion: Remarkable advances in rotator cuff repair involve the combination of cell-based and biological therapies and advanced surgical approaches. The planned prospective trial will determine the role of biological augmentation in outcomes of arthroscopic rotator tears repair.

Key words: rotator cuff; bone marrow aspirate; BMAC; shoulder arthroscopy; rotator cuff reconstruction.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Vetoshkin A.A., Vasilchenko N.V., Gusev S.S., Uchevatkin A.A., DESIGN AND RATIONALE OF A PROSPECTIVE RANDOMIZED TRIAL OF BIOLOGIC AUGMENTATION WITH BONE MARROW ASPIRATE CONCENTRATE (BMAC) IN ARTHROSCOPIC RECONSTRUCTION OF ROTATOR CUFF TEAR. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 2. pp. 19–25 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-19-25>

Введение

Распространенность разрывов вращательной манжеты плеча составляет до 20 % населения в целом [1]. Следует различать дегенеративный и травматический, острый и хронический, генез патологии, поскольку это важно учитывать при оценке заболеваемости, выборе тактики лечения и прогнозировании клинических результатов. Частота встречаемости нетравматических разрывов увеличивается с возрастом: по данным LS Oh и соавт., при визуализации, у 54 % пациентов старше 60 лет обнаруживается разрыв, в сравнении с 13 % эпизодов у лиц моложе 60 лет [2].

Нельзя не отметить, что разрывы вращательной манжеты плеча считаются прогрессирующим заболеванием и при отсутствии лечения сопряжены с риском увеличения размеров повреждения и интенсификацией болевого синдрома [3,4]. По данным N. Yamamoto и соавт., размер симптоматического разрыва вращательной манжеты плеча увеличивался в 47 % случаев в среднем за 19 месяцев, а скорость прогрессирования составляет 3,8 мм/год в длину и 2,0 мм/год в ширину [5].

Однако и хирургическое вмешательство не всегда ведет к желаемым клиническим результатам. Рецидивы остаются острой проблемой, что подтверждает необходимость совер-

шенствования подходов к лечению патологии. Средняя частота рецидивов у пациентов с небольшими и средними разрывами вращательной манжеты составляет 12,5 % по сравнению с 37 % у пациентов с большими разрывами [6,7].

Таким образом, в группу риска можно отнести как молодых активных лиц, так и представителей старшего возраста. Это означает, что социо-экономические последствия патологии не утрачивают актуальности, напротив, ситуацию усугубляют тренды старения населения на фоне активизации участия людей старшего возраста в трудовой деятельности. Анализ и прогнозирование прямых и косвенных затрат, связанных с заболеванием, закономерно становятся предметом исследований иностранных коллег [8,9]. Едва ли полученные ими результаты иллюстративны для российской специфики, однако на данный момент нам не удалось найти аналогичных работ российских авторов.

Цель – сравнительный анализ эффективности стандартной артроскопической методики восстановления средних и больших разрывов вращательной манжеты плеча и дополненного использованием концентрата аспирата костного мозга (BMAC).

Эффективность будет определена по параметрам структурного восстановления целостности тканей, оцениваемого по результатам МРТ; динамикой восстановления функции

сустава и изменения интенсивности болевого синдрома, оцениваемых на основании клинических шкал функциональной оценки. Полученные данные позволят уточнить релевантность, целесообразность и перспективы применения биологической аугментации концентратом аспирата костного мозга при хирургическом лечении средних и больших разрывов сухожилий вращательной манжеты плеча, оценить влияние метода на выраженность клинических симптомов и структурное восстановление, разработать рекомендации по выбору оптимальной тактики лечения.

Гипотеза исследования – артроскопическое восстановление разрывов вращательной манжеты плеча, дополненное использованием (ВМАС), позволит добиться лучших показателей восстановления целостности тканей, при этом динамика снижения выраженности болевого синдрома и улучшения функции сустава будет сопоставимой.

Материал и методы

Дизайн исследования. Проспективное рандомизированное исследование включит пациентов с диагнозом средних и больших разрывов сухожилий вращательной манжеты плеча, подходящих под критерии исследования (диагноз). Хирургическое лечение будет осуществляться в клинике № 2 Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург) и Клиническая больница № 1 (Волынская) Управления делами Президента России. Пациенты ($n = 80$) будут распределены (1:1) случайным образом в экспериментальную группу (артроскопический шов сухожилий вращательной манжеты совместно с интраоперационным введением ВМАС) и контрольную группу (артроскопический шов сухожилий вращательной манжеты без ВМАС). Схема исследования изображена на рисунке.

Критерии включения:

- возраст 18–75 лет;
- подтвержденный клинически и по данным МРТ-исследования разрыв сухожилий вращательной манжеты;
- стадия по Goutallier менее 3 [10];
- степень по Patte 2 и менее [11];
- подписавшие информированное согласие на участие в протоколе клинического и инструментального наблюдения.

Критерии не включения/исключения:

- верифицированный диагноз инфекционного или воспалительного артрита;
- наличие онкологических доброкачественных или злокачественных новообразований в настоящее время или в анамнезе;
- стадия по Goutallier более 3;
- степень по Patte 3;
- внутрисуставные инъекции глюкокортикостероидных препаратов в течение последних 3 мес;
- патология плечевого сплетения;
- ревизионный артроскопический шов сухожилий вращательной манжеты;

щательной манжеты; сопутствующая патология плечевого сустава (нестабильность, повреждение сухожилия подлопаточной мышцы);

- невозможный разрыв сухожилий вращательной манжеты плеча;
- беременность или планирование беременности;
- ревматические заболевания;
- сахарный диабет 1-го и 2-го типа;
- метаболические нарушениями щитовидной железы;
- злоупотребление алкогольными напитками и наркотиками;
- неспособность к пониманию и волеизъявлению.



Рис. 1 Дизайн проспективного рандомизированного исследования биологической аугментации артроскопической реконструкции разрывов вращательной манжеты плеча ВМАС.

Определение показателей восстановления функции. Будут применены 4 наиболее известные шкалы-опросника для оценки функции сустава на начальном этапе и в динамике при мониторинговых визитах: «Простой тест на состояние плеча» (Simple Shoulder Test, SST), «Система оценки плеча», разработанная калифорнийским университетом в Лос-Анджелесе (University of California, Los Angeles, UCLA Shoulder Assessment), «Американская система оценка хирургии плечевого и локтевого суставов» (American Shoulder and Elbow Surgeons Assessment, ASSES), «Оценка результатов нарушения функции руки, плеча, кисти» (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure, DASH Outcome Measure). Данные опросники основаны на оценке основных параметров: уровня болевого синдрома, степени ограничения двигательной активности и снижения амплитуды движений, способности к выполнению силовой нагрузки, функции самообслуживания. Указанные шкалы являются часто используемыми в хирургии плеча, что подтверждается результатами исследования R. Narulla и соавт., посвященного анализу трендов применения форм субъективной оценки и включившего 607 публикаций [12].

Скрининг. Скрининг пациентов будет осуществляться в рамках первичного визита и будет включать в себя: сбор анамнеза; физикальное исследование; проведение лабораторно-инструментальных обследований. При соответствии к критериям включения/исключения, пациенту описывается цель и задачи исследования, подробно разъясняются все риски и польза от участия. В случае согласия со стороны пациента, подписывается добровольное информированное согласие в 2 экземплярах. Данные каждого участника заносятся в специально разработанные для каждого визита индивидуальные регистрационные карты пациента.

Процедура рандомизации и протокол оказания хирургической помощи. После скрининга пациенты будут распределены (1:1) случайным образом на две группы в зависимости от выполняемой процедуры. Пациентам обеих групп будет выполнен артроскопический шов вращательной манжеты по однорядной методике с использованием анкерной фиксации. В экспериментальной группе у пациентов будет взят аспират костного мозга из проксимального метаэпифиза большеберцовой кости в объеме 50 мл, который будет центрифугирован для получения концентрата костного мозга в объеме 3-8 мл в системе Arthrex Angel System. Полученный концентрат под артроскопическим контролем будет помещен в область прикрепления сухожилий вращательной манжеты на границе с костью после выполнения однорядного шва сухожилий вращательной манжеты.

Наблюдение за пациентами. Проспективная часть предполагает наблюдение за пациентами в течение 12 месяцев с помощью телефонных звонков и повторных личных визитов на этапах и 3, 6, 12 месяцев после операции с выполнением МРТ исследования для оценки состояния вращательной манжеты плеча с использованием классификации Sugaya [13]; для оценки

динамики функциональных результатов будут заполняться шкалы-опросники ASES, DASH, UCLA и SST. На всех точках исследования будут оцениваться все возможные нежелательные клинические результаты и осложнения.

Послеоперационная оценка МРТ. Результаты МРТ будут оцениваться врачом-рентгенологом с 15-летним опытом работы в лучевой диагностике патологических изменений скелетно-мышечной системы, который не будет осведомлен о том, какой метод артроскопического лечения применялся у того или иного пациента. В качестве дополнительного МРТ критерия будет производиться повторная оценка степени жировой дистрофии мышечных брюшек ротаторной манжеты после артроскопического восстановления сухожилий.

Статистический анализ.

В основу для расчета выборки принята статистическая мощность 90 % и допустимый уровень ошибки 5 %. Статистическая обработка данных будет проводиться с использованием стандартных методов дескриптивной статистики для описания исходного состояния экспериментальной и контрольной групп (для количественных параметров: n, среднее арифметическое, медиана, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения; для качественных параметров: частота и доля в процентах). Проверка нормальности распределения данных в группах в отношении количественных параметров будет осуществлена при помощи тестов Лиллиефорса и Шапиро-Уилка. При обнаружении нормального распределения данных группы будут сравниваться с применением критерия Стьюдента для независимых выборок. Если распределение данных отличается от нормального, то сравнение групп будет выполнено по критерию Манна-Уитни. Для исследования корреляционной взаимосвязи между ранговыми переменными будет применен коэффициент ранговой корреляции r-Спирмена. Порог значимости установлен на уровне 0,05. При сравнении значений функциональных тестов до и после операции будет использован Т-критерий для зависимых выборок (параметрический критерий) и критерий Вилкоксона (ранговый критерий). При помощи программы Excel (Microsoft) и Statistica будет определена достоверность сравниваемых величин (t), критерий соответствия К, критерий χ^2 Пирсона, коэффициент корреляции.

Обсуждение

Актуальность решения проблемы разрывов вращательной манжеты плеча обусловлена распространенностью данной патологии, отсутствием консенсусного подхода к оптимальной тактике лечения, вариабельными клиническими результатами [14, 15]. Относительно высокий уровень рецидивов в определенной степени может быть связан с ограничениями применяемых хирургических методик.

Механические нарушения заживления развиваются в течение 3–4 мес. после первичной реконструкции. Ранние послеоперационные нарушения позволяют предположить, что

биологическое заживление сухожилий может происходить медленнее, чем прогнозировалось [6]. Одной из возможных причин несостоятельности результата хирургического вмешательства считается фиброзная рубцовая ткань, которая образуется между сухожилиями и костью. Восстановление функции после травм сухожилий требует восстановления не только непрерывности сухожильных волокон, но и механизма скольжения между сухожилием и смежными анатомическими структурами [16]. В дополнение к этому, необходимо иметь в виду относительно невысокий уровень васкуляризации измененных сухожилий, что в совокупности приводит к увеличению частоты рецидивов [17]. Новые шовные материалы и фиксаторы в сочетании с модифицированными хирургическими методами, такими как двухрядный шов, повысили механическую прочность конструкции. Однако эффективность этих методов имеет ограничения. Интерфейс на границе шов-сухожилие продолжает быть уязвимым, выдергивание шва может привести к повторному разрыву. Таким образом, методы стимуляции биологической среды приобретают решающее значение для снижения рецидивов в раннем послеоперационном периоде.

Применение фундаментальных научных знаний направлено на то, чтобы усилить репаративный потенциал, обеспечить оптимальную биологическую модуляцию заживления, вызвать желаемый клеточный ответ и адаптацию ткани для получения клинически релевантных результатов. Целью этого подхода является создание регенеративной среды после реконструкции вращательной манжеты за счет использования экзогенных факторов, которые способствуют пролиферации клеток и соответствующей дифференцировке, одновременно подавляя воспаление и образование рубцов. Следовательно, это дает аргумент в пользу использования биологической аугментации для улучшения приживления тканей манжеты к кости [18].

В частности, были разработаны биологически активные материалы и адъюванты для повышения прочности и качества восстановленной ткани в области сухожилия. К ним относятся добавление факторов роста, обогащенная тромбоцитами плазма (PRP), мезенхимальные стволовые клетки костного мозга (BMSC) или мезенхимальные стволовые клетки (МСК) жировой ткани, стволовые клетки (ADSC), алло- и ксенотрансплантаты, биологические каркасы / матрицы.

Пожалуй, относительно более изученным является применение PRP в рамках восстановления вращательной манжеты, однако предстоит определить, существует ли какая-либо разница в результатах между реконструкцией, дополненной PRP, и отсутствием аугментации. Так, B.T. Goldenberg и соавт. в рамках своего обзора высказали мнение, что неоднозначность результатов исследований влияния PRP обусловлена различиями в методах приготовления и применения [19].

Внеклеточные матрицы - ксенотрансплантаты и аллотрансплантаты, используемые при восстановлении вращательной манжеты плеча, обеспечивают основу для клеточного роста и дополнительную механическую прочность, увеличивая нагрузку

до разрушения [20]. Ксенотрансплантаты в целом уступают аллогraftам из-за возникающей воспалительной реакции. Комбинация синтетических или аллотрансплантатных патчей в сочетании с цитокинами или факторами роста может обеспечить наилучшую среду для восстановления вращательной манжеты плеча.

В последнее время все больше исследований сосредоточено на мезенхимальных стволовых клетках (МСК), которые представляют собой мультипотентные стволовые клетки, способные к дифференцировке. Сообщается, что их использование является многообещающей стратегией в регенеративной медицине [21]. По мере накопления знаний в данной области значительный интерес представляет применение ВМАС. К преимуществам метода относится отсутствие необходимости длительного и сложного культивирования стволовых клеток, возможность симультанного проведения процедуры, доступность материала. Что важно, было показано, что концентрат аспирата костного мозга содержит больше факторов роста с противовоспалительным и анаболическим потенциалом по сравнению с PRP [22].

В исследование B.J. Cole и соавт. был включен 91 пациент, из них 46 больных было включено в группу, для которой артроскопическое лечение изолированных разрывов сухожилия надостной мышцы было дополнено применением концентрированного аспирата костного мозга; в контрольную группу вошли 45 пациентов [20]. Авторы заключили, что лечение изолированных разрывов сухожилия надостной мышцы, усиленное аспирином костного мозга, может привести к структурно лучшему восстановлению, но в значительной степени не может улучшить показатели несостоятельности лечения и функциональные результаты. В рассмотренных статьях не сообщалось о каких-либо существенных осложнениях. Тем не менее, имеющиеся доказательства эффективности применения аспирата костного мозга по-прежнему ограничены, учитывая небольшое количество опубликованных исследований.

Гипотеза о положительном влиянии аспирата костного мозга в том числе базируется на предполагаемой способности концентрировать теоретически важные факторы на эффективном уровне, обеспечивая благоприятные концентрации факторов роста и клеток-предшественников, которые способствуют заживлению тканей [23].

Аспират костного мозга используется по ряду ортопедических показаний, однако методология применения остается не стандартизированной. NS Piuze и соавт. проанализировали 46 клинических исследований, включающих использование аспирата костного мозга в ортопедии, но менее половины из этих исследований сообщали о соответствующих методологических переменных, таких как время центрифугирования или скорость вращения [24]. Стандартизация методологии необходима для систематического изучения клинического эффекта [25].

На сегодняшний день не сделано определенных выводов относительно клинической эффективности применения, кон-

центрированного аспирата костного мозга. Главным образом, это происходит из-за противоречивых взаимосвязей между успешным заживлением и клиническими исходами, а также различиями в основных патологиях, методах восстановления, демографии пациентов, отсутствии контрольных групп, гетерогенности методологии применения клеточной технологии и отчетности о клинических результатах [26].

Заключение

Прогресс в восстановлении вращательной манжеты будет заключаться в разработке и комбинации клеточных или биологических технологий с возможностями хирургической реконструкции. Можно предположить, что если будет найдена оптимальная формула применения биологических препаратов, то ее максимальную пользу смогут получить именно пациенты с большими и массивными разрывами вращательной манжеты. Планируемое проспективное исследование позволит определить роль биологической аугментации, упомянутой в этой статье.

Список литературы / References:

1. Minagawa H., Yamamoto N., Abe H., Fukuda M., Seki N., Kikuchi K., Kijima H., Itoi E. Prevalence of symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears in the general population: from mass-screening in one village. *J Orthop*. 2013;10(1):8–12. doi: 10.1016/j.jor.2013.01.008.
2. Oh LS., Wolf BR., Hall MP., Levy BA., Marx RG. Indications for rotator cuff repair: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;455:52–63. doi: 10.1097/BLO.0b013e31802fc175.
3. Kang SW., Park CK., Woo SH., Kim TW., Moon MH., Yang JH., Choi MH. Factors Influencing the Size of a Non-Traumatic Full-Thickness Rotator Cuff Tear: Focusing on Socioeconomic Factors. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 May 18;19(10):6137. doi: 10.3390/ijerph19106137.
4. Lapner P., Henry P., Athwal G., Moktar J., McNeil D., MacDonald P. Canadian Shoulder and Elbow Society (CSES). Position statement: management of rotator cuff tears in adults. *Can J Surg*. 2023 Apr 21;66(2):E190–E195. doi: 10.1503/cjs.022221.
5. Yamamoto N., Mineta M., Kawakami J., Sano H., Itoi E. Risk factors for tear progression in symptomatic rotator cuff tears: A prospective study of 174 shoulders. *Am. J. Sports Med*. 2017, 45, 2524–2531. doi: 10.1177/0363546517709780. Epub 2017 Jun 13.
6. Longo UG., Carnevale A., Piergentili I., Berton A., Candela V., Schena E., Denaro V. Retear rates after rotator cuff surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021 Aug 31;22(1):749. doi: 10.1186/s12891-021-04634-6.
7. Zhao J., Luo M., Pan J., Liang G., Feng W., Zeng L., Yang W., Liu J. Risk factors affecting rotator cuff retear after arthroscopic repair: A meta-analysis and systematic review. *J. Shoulder Elb. Surg*. 2021;30:2660–2670. doi: 10.1016/j.jse.2021.05.010.
8. Parikh N., Martinez DJ., Winer I., Costa L., Dua D., Trueman P. Direct and indirect economic burden associated with rotator cuff tears and repairs in the US. *Curr Med Res Opin*. 2021 Jul;37(7):1199–1211. doi: 10.1080/03007995.2021.1918074. Epub 2021 May 19.
9. Rognoni C., Nherera LM., Garofalo R., Guerra E., Longo UG., Taverna E., Tarricone R. Economic Evaluation of a Bioinductive Implant for the Repair of Rotator Cuff Tears Compared with Standard Surgery in Italy. *Adv Ther*. 2023 Dec;40(12):5271–5284. doi: 10.1007/s12325-023-02686-9.
10. Goutallier D., Postel JM., Bernageau J., Lavau L., Voisin MC. Fatty infiltration of disrupted rotator cuff muscles. *Rev Rhum Engl Ed*. 1995 Jun;62(6):415–22. doi: 10.1097/00003086-199407000-00014.
11. Patte D. Classification of Rotator Cuff Lesions. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 254(): p 81–86, May 1990.
12. Narulla R., Song M., Karunaratne S., Smithers C., Petchell J. Trends in shoulder surgery patient-reported outcome measures. *JSES Int*. 2023 Apr 8;7(4):653–661. doi: 10.1016/j.jseint.2023.03.010.
13. Sugaya H., Maeda K., Matsuki K., Moriishi J. Functional and structural outcome after arthroscopic full-thickness rotator cuff repair: single-row versus dual-row fixation. *Arthroscopy*. 2005 Nov;21(11):1307–16. doi: 10.1016/j.arthro.2005.08.011.
14. Kovacevic D., Suriani RJ., Jr, Grawe BM., Yian EH., Gilotra MN., Hasan SA., Srikumaran U., Hasan SS., Cuomo F., Burks RT., et al. Management of irreparable massive rotator cuff tears: a systematic review and meta-analysis of patient-reported outcomes, reoperation rates, and treatment response. *J Shoulder Elb Surg / Am Shoulder Elb Surg [et al]* 2020;29(12):2459–75. doi: 10.1016/j.jse.2020.07.030.
15. Kuan FC., Shih CA., Su WR., Garcia AV., Kuroiwa T., Iida N., Hsu KL. Definition of irreparable rotator cuff tear: a scoping review of prospective surgical therapeutic trials to evaluate current practice. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 Dec 8;24(1):952. doi: 10.1186/s12891-023-07067-5.
16. Щербак С. Г., Макаренко С. В., Шнейдер О. В., Камилова Т. А., Голота А. С. Регенеративная реабилитация при повреждениях сухожилий // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2021;3(2): 192–206. doi: https://doi.org/10.36425/rehab70760. [Scherbak S.G., Makarenko S.V., Shneider O.V., Kamilova T.A., Golota A.S. Regenerative Rehabilitation in Injuries of Tendons // Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation. 2021; 3(2): 192–206. doi: 10.36425/rehab70760].
17. Bono OJ., Jenkin B., Forlizzi J., Mousad A., Le Breton S., MacAskill M., Mandalia K., Mithoefer K., Ramappa A., Ross G., Shah SS. Evidence for Utilization of Injectable Biologic Augmentation in Primary Rotator Cuff Repair: A Systematic Review of Data From 2010 to 2022. *Orthop J Sports Med*. 2023 Feb 3;11(2):23259671221150037. doi: 10.1177/23259671221150037.
18. Prabhakar A., Kanthalu Subramanian JN., Swathikaa P., Kumaraswaran SI., Subramanian KN. Current concepts on management of cuff tear. *J Clin Orthop Trauma*. 2022 Feb 18; 28:101808. doi: 10.1016/j.jcot.2022.101808.
19. Goldenberg BT., Lacheta L., Dekker TJ., Spratt JD., Nolte PC., Millett PJ. Biologics to Improve Healing in Large and Massive Rotator Cuff Tears: A Critical Review. *Orthop Res Rev*. 2020 Oct 13;12:151–160. doi: 10.2147/ORR.S260657.
20. Cole BJ., Kaiser JT., Wagner KR., Sivasundaram L., Otte RS., Tauro TM., White GM., Ralls ML., Yanke A.B., Forsythe B., Romeo AA., Verma NN. Prospective Randomized Trial of Biologic Augmentation With

Bone Marrow Aspirate Concentrate in Patients Undergoing Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *Am J Sports Med.* 2023 Apr;51(5):1234-1242. doi: 10.1177/03635465231154601. Epub 2023 Feb 22.

21. Zou J., Yang W., Cui W., Li C., Ma C., Ji X., Hong J., Qu Z., Chen J., Liu A., Wu H. Therapeutic potential and mechanisms of mesenchymal stem cell-derived exosomes as bioactive materials in tendon-bone healing. *J Nanobiotechnology.* 2023 Jan 16;21(1):14. doi: 10.1186/s12951-023-01778-6.

22. Zhong W., Sumita Y., Ohba S., et al. In vivo comparison of the bone regeneration capability of human bone marrow concentrates vs. platelet-rich plasma. *PLoS One.* 2012;7. doi: 10.1371/journal.pone.0040833.

23. Schoch BS., Werner BC., Shapiro SA., Camp CL., Chalmers PN., Cancienne JM. Effect of Bone Marrow Aspirate Concentrate and Platelet-Rich Plasma Augmentation on the Rate of Revision Rotator Cuff Repair. *Orthop J Sports Med.* 2022 Nov 3;10(11):23259671221127004. doi: 10.1177/23259671221127004.

24. Piuze NS., Hussain ZB., Chahla J., Cinque ME., Moatshe G., Mantripragada VP., Muschler G.F., LaPrade RF. Variability in the Preparation, Reporting, and Use of Bone Marrow Aspirate Concentrate in Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review of the Clinical Orthopaedic Literature. *J Bone Joint Surg Am.* 2018 Mar 21;100(6):517-525. doi: 10.2106/JBJS.17.00451.

25. Kovacevic D., Suriani RJ. Jr., Levine WN., Thomopoulos S. Augmentation of Rotator Cuff Healing With Orthobiologics. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022 Mar 1;30(5):e508-e516. doi: 10.5435/JAAOS-D-20-01011.

26. Voss A., McCarthy MB., Bellas N., Kellner R., Beitzel K., Dyrna F., Imhoff AB., Mazzocca AD., Muench LN., Berthold DP. Significant Improvement in Shoulder Function and Pain in Patients Following Biologic Augmentation of Revision Arthroscopic Rotator Cuff Repair Using an Autologous Fibrin Scaffold and Bone Marrow Aspirate Derived From the Proximal Humerus. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2021 Oct 30;3(6):e1819-e1825. doi: 10.1016/j.asmr.2021.08.009.

Информация об авторах:

Ветошкин Александр Александрович – канд. мед. наук, доцент, врач-травматолог-ортопед, отд. травматологии и ортопедии, ФГБУ Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никитина МЧС России, ул. Акад. Лебедева, д.4/2, Санкт-Петербург, 194044, Россия, e-mail: totoalex5@gmail.com

Васильченко Никита Вадимович – врач травматолог-ортопед, отд. травматологии и реабилитации, ФГБУ Клиническая больница №1 Управления делами Президента РФ, ул. Старовольнская, д.10, Москва, 121352, Россия, e-mail: infosustav@ya.ru

Гусев Сергей Сергеевич – врач травматолог-ортопед, отд. травматологии и ортопедии, ФГБУ Клиническая больница №1 Управления делами Президента РФ, ул. Старовольнская, д.10, Москва, 121352, Россия, e-mail: dr.sergeygusev@gmail.com

Учеваткин Андрей Алексеевич – к.м.н., заведующий Учебным центром ГБУЗ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здра-

воохранения Москвы, ул. Петровка, д.24 стр.1, Москва, 12705, Россия, e-mail: uchevatkin@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Ветошкин Александр Александрович

Information about the authors:

Aleksandr A. Vetoshkin – PhD Med. Sci. Associate Prof., orthopedic trauma surgeon, traumatology and orthopedics department, The Federal State Public Enterprise Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine of the Emergencies Ministry of Russia, Academica Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia, e-mail: totoalex5@gmail.com

Nikita V. Vasilchenko – traumatologist-orthopedist, department of traumatology and rehabilitation, Federal state budgetary institution Clinical hospital No. 1» (Volynskaya) of the Office of the President of the Russian Federation, Starovolynskaya Str., 10, Moscow, 121352, Russia, e-mail: infosustav@ya.ru

Sergei S. Gusev – traumatologist-orthopedist, department of traumatology and orthopedics, Federal state budgetary institution Clinical hospital No. 1» (Volynskaya) of the Office of the President of the Russian Federation, Starovolynskaya Str., 10, Moscow, 121352, Russia, e-mail: dr.sergeygusev@gmail.com

Andrey A. Uchevatkin – Radiologist, Head of Educational Department, State budgetary health care institution of the Moscow city Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies Department of Health of the City of Moscow, Petrovka Str., 24-1, Moscow, 127051, Russia, e-mail: uchevatkin@mail.ru

Corresponding author: Aleksandr A. Vetoshkin

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-26-33>

УДК 617.3

© В.Г. Голубев, В.Т. Зейналов, М.И. Нечаева, С.И. Чернышов, И.А. Арапова, К.В. Шкуро, 2024

Оригинальная статья / Original article



ПРОКСИМАЛЬНЫЙ РЕЛИЗ МЕДИАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ В ЛЕЧЕНИИ РЕЦИДИВИРУЮЩЕГО ПЛАНТАРНОГО ФАСЦИИТА (НАШ ОПЫТ)

В.Г. ГОЛУБЕВ¹, В.Т. ЗЕЙНАЛОВ¹, М.И. НЕЧАЕВА¹, С.И. ЧЕРНЫШОВ¹, И.А. АРАПОВА², К.В. ШКУРО²

¹ НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. Ак. Б.В. Петровского», 117593, Москва, Россия

² ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России, 127299, Москва, Россия

Аннотация

Обоснование: На сегодняшний момент считается, что функциональное укорочение икроножной мышцы является причиной ряда заболеваний стопы и голеностопного сустава. Одной из таких патологий является плантарный фасциит (ПФ), который зачастую может быть вторичным по отношению к изменению биомеханики стопы, в том числе, в результате функционального укорочения икроножной мышцы. В данной статье представлены результаты серии клинических наблюдений изолированного проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы (PMGR – Proximal Medial Gastrocnemius Release) при лечении рецидивирующего плантарного фасциита.

Цель исследования: анализ клинической эффективности изолированного проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы при лечении рецидивирующего после консервативного лечения плантарного фасциита.

Материалы и методы: Проспективно проанализированы результаты проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы у 6 пациентов (8 стоп) с диагностированным плантарным фасциитом, рецидивирующим после, как минимум, одного года консервативного лечения. Диагноз плантарного фасциита подтверждался инструментально при помощи МРТ и УЗИ. Средний срок наблюдения составил 20 месяцев (3-24) с момента операции. На контрольном осмотре проводилось физикальное обследование, исследовалась сила икроножной мышцы оперированной конечности, результаты оценивались при помощи шкал SF-36, AOFAS. Болевой синдром оценивался по шкале ВАШ.

Результаты: На последнем контрольном осмотре ни один пациент не отметил слабости икроножной мышцы оперированной конечности. Средний балл SF-36 (физический компонент) увеличился с 48,75 до операции до 60,93 на последнем визите; Средний балл SF-36 (эмоциональный компонент) увеличился с 51,75 до операции до 61,9 на последнем визите. Показатель шкалы AOFAS увеличился с 48,0 до операции до 65,4 на последнем контрольном осмотре. При анализе динамики болевого синдрома отмечено улучшение по шкале ВАШ с 5,75 до операции до 1,27 на последнем контрольном осмотре.

Заключение: Плантарный фасциит в преобладающем числе наблюдений ассоциирован с функциональным укорочением икроножной мышцы. В практике травматолога-ортопеда существует большое количество консервативных способов лечения плантарного фасциита. Хирургическое вмешательство должно рассматриваться в случае неэффективности консервативного лечения. У пациентов с подтвержденным диагнозом рецидивирующего плантарного фасциита, при отсутствии других причин пяточной боли и при наличии подтвержденного функционального укорочения икроножной мышцы, операция PMGR (проксимальный релиз медиальной головки икроножной мышцы) показала свою эффективность и может рассматриваться как способ первичного хирургического вмешательства.

Ключевые слова: Плантарный фасциит; Пяточная боль; Икроножная мышца.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Для цитирования: Голубев В.Г., Зейналов В.Т., Нечаева М.И., Чернышов С.И., Арапова И.А., Шкуро К.В., ПРОКСИМАЛЬНЫЙ РЕЛИЗ МЕДИАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ В ЛЕЧЕНИИ РЕЦИДИВИРУЮЩЕГО ПЛАНТАРНОГО ФАСЦИИТА (НАШ ОПЫТ) *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 2(56). С. 26–33 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-26-33>

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

PROXIMAL MEDIAL GASTROCNEMIUS RELEASE IN TREATMENT OF RECURRENT PLANTAR FASCIITIS - OUR EXPERIENCE

VALERY G. GOLUBEV¹, VADIM T. ZEYNALOV¹, MARINA I. NECHAEVA¹, STANISLAV I. CHERNYSHOV¹, IRINA A. ARAPOVA², KONSTANTIN V. SHKURO²

¹Scientific and Clinical Center № 2 Federal State Budgetary Scientific Institution "Russian Scientific Center for Surgery named after Academician B.V. Petrovsky" 117593, Moscow, Russia

²Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, 127299, Moscow, Russia

Abstract

Introduction: Functional shortening of the gastrocnemius muscle is currently considered the cause of multiple foot and ankle disorders. One of these pathologies is plantar fasciitis (PF), which can often be secondary to changes in the biomechanics of the foot. Purpose: to analyze the effectiveness of the isolated proximal release of the medial head of the gastrocnemius muscle in treatment of recurrent plantar fasciitis after failed attempts of conservative treatment. **Materials and Methods:** We prospectively reviewed the results of proximal release of the medial head of the gastrocnemius in six patients (eight feet) with plantar fasciitis that recurred after at least one year of conservative treatment. The diagnosis of plantar fasciitis was confirmed with MRI and ultrasound. The average follow-up period was 20 months (3-24). During the follow-up, physical examination was performed, the strength of the gastrocnemius muscle of the operated limb was examined, and the results were assessed using the SF-36 and AOFAS scales. Pain was assessed using the VAS scale. **Results:** At the last follow-up, no patient noted weakness of the gastrocnemius muscle of the operated limb. The mean SF-36 (physical component) score increased from 48.75 preoperatively to 60.93 at the final visit; the mean SF-36 score (emotional component) increased from 51.75 preoperatively to 61.9 at the final visit. The AOFAS score increased from 48.0 preoperatively to 65.4 at last follow-up. When analyzing the dynamics of pain, an improvement was noted on the VAS scale from 5.75 before surgery to 1.27 at the last follow-up. **Discussion:** Plantar fasciitis in the majority of cases is associated with functional shortening of the gastrocnemius muscle. In the practice of an orthopedic surgeon, there is a large number of conservative methods of treating plantar fasciitis. Surgery should be considered when the conservative treatment fails. In patients with a confirmed diagnosis of recurrent plantar fasciitis, in the absence of other causes of heel pain and in the presence of confirmed functional shortening of the gastrocnemius muscle, the PMGR (proximal medial head of the gastrocnemius muscle release) procedure has shown clinical effectiveness and should be considered a primary surgical technique.

Key words: Plantar fasciitis; Heel pain; Calf muscle.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Golubev V.G., Zeinalov V.T., Nechaeva M.I., Chernyshov S.I., Arapova I.A., Shkuro K.V., PROXIMAL MEDIAL GASTROCNEMIUS RELEASE IN TREATMENT OF RECURRENT PLANTAR FASCIITIS - OUR EXPERIENCE. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024 № 2. pp. 26–33 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-26-33>

Введение

Плантарный фасциит (ПФ) - это нередко трудно поддающееся лечению заболевание, которое вызывает множество дискуссий в литературе относительно его этиологии и лечения [1-3, 29]. Некоторые источники указывают, что это состояние, при котором у значительной части пациентов улучшение наступает практически без проводимого лечения, однако существует и абсолютно противоположное мнение [4-6, 17-20]. С недавнего времени в качестве возможной причины плантарного фасциита начали рассматривать функциональное укорочение икроножной мышцы и уменьшение объёма тыльной флексии стопы [4, 7, 8, 17, 18]. Оценку функционального укорочения икроножной мышцы возможно произвести клинически при помощи теста Сильверскольда (Silfverskiold), данный тест считается специфичным для определения наличия функционального укорочения икроножной мышцы [4]. Положительный результат данного теста рядом авторов рассматривается как критерий отбора пациентов для проведения проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы [4-6, 9]. Однако, Gamba с соавторами в своей публикации пришли к выводу, что функциональное укорочение икроножной мышцы в той или иной степени присутствует у всех пациентов с плантарным фасциитом, поэтому проксимальный релиз медиальной головки икроножной мышцы может быть рассмотрен в качестве варианта выбора оперативного лечения

независимо от результата теста Сильверскольда (Silfverskiold) [10]. Существует большой выбор нехирургических вариантов лечения плантарного фасциита, которые включают местную и системную терапию НПВС (нестероидными противовоспалительными средствами), ЛФК, направленную на растяжение икроножной мышцы и подошвенной фасции (напр., протокол Альфредсона), ортопедические изделия, ортезирование, инъекции кортикостероидов, инъекции ботулотоксина, а также ударно-волновую терапию [1, 3, 11, 16, 27, 28].

Хирургическое рассечение подошвенной фасции - широко известный способ хирургического лечения плантарного фасциита, однако он может иметь негативные последствия для биомеханики стопы и, как правило, требует длительного периода реабилитации. Распространено мнение, что рассечения подошвенной фасции лучше избегать в тех случаях, когда это возможно.

Согласно данным современных исследований, выполнять операцию проксимального релиза апоневроза медиальной головки икроножной мышцы следует в тех случаях, когда консервативная терапия плантарного фасциита неэффективна [3-4, 12-16, 18].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проспективно проанализированы результаты релиза медиальной головки икроножной мышцы (PMGR) у 6 пациентов

(8 стоп). Критерием отбора пациентов для операции проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы являлось наличие диагностированного плантарного фасциита, рецидивирующего при консервативном лечении, проводимого на протяжении, как минимум, 1 года. Диагноз плантарного фасциита первоначально устанавливался клинически на основании описанной пациентами типичной симптоматики и наличия локальной болезненности при пальпации в области проксимального прикрепления плантарной фасции к пяточному бугру. Критериями исключения являлись другие причины пяточной боли: пациенты с гипестезией подошвенной части стопы, клиническими признаками нейропатии Бакстера или синдромом тарзального синуса, наличием деформаций стопы и голеностопного сустава (деформации заднего отдела стопы, гипермобильность суставов, тяжелые формы плоской или полый стопы), ипсилатеральными переломами нижних конечностей, перенесенной инфекцией или предшествующим хирургическим вмешательством на уровне стопы или голеностопного сустава, ревматоидным артритом и другими заболеваниями, требующими длительного приема анальгетиков.

Всем пациентам было предложено хирургическое лечение после, как минимум, 1 года консервативного лечения (мало/неэффективного). Лечение включало местную и системную терапию НПВС, применение ортопедических изделий (стелек, обуви и т.д.), физиотерапию, ударно-волновую терапию, ЛФК, направленную на растяжение икроножной мышцы и плантарной фасции (протокол Альфредсона) и, в некоторых случаях, локальные инъекции кортикостероидов. Операция проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы проводилась только пациентам с положительным тестом Сильверскольда, несмотря на длительный период занятий упражнениями по растяжению икроножной мышцы. Всем пациентам была выполнена стандартная рентгенография стопы и голеностопного сустава для исключения структурных или дегенеративных изменений. Кроме того, у всех пациентов диагноз плантарного фасциита был подтвержден инструментально с помощью МРТ или УЗИ.

Тест Сильверскольда проводился следующим образом: исследователь одной рукой удерживал подтаранный сустав в нейтральном положении, а другой осуществлял тыльное сгибание в голеностопном суставе. Тест считался положительным, если тыльная флексия стопы была ограничена при разогнутом коленном суставе, но при сгибании в коленном суставе она увеличивалась на 10-15 град. В качестве ориентиров при измерении объема движений в голеностопном суставе использовали наружный край стопы и контуры наружной лодыжки. (рис. 1).

Перед операцией также была проведена оценка состояния пациентов при помощи опросников оценки качества жизни (SF-36), шкалы AOFAS и визуальной аналоговой шкалы (ВАШ). Период наблюдения после операции составил в среднем 20 (3- 24) месяцев после операции. Итоговые показатели вклю-

чали результаты опросников оценки качества жизни (SF-36), шкалы AOFAS и визуальной аналоговой шкалы (ВАШ), а также субъективную и объективную оценку слабости икроножной мышцы. Пациентов спрашивали, «чувствовали ли они слабость икроножной мышцы» на оперированной стороне (субъективно). Для объективной оценки возможной слабости икроножных мышц в послеоперационном периоде пациентам было предложено выполнить 20 последовательных подъемов пятки стоя на оперированной ноге. Сила мышцы считалась удовлетворительной, если пациент мог успешно выполнить данное упражнение. Также пациентов спрашивали, порекомендовали бы они данную операцию своему другу или родственнику. Все послеоперационные жалобы или осложнения также были зафиксированы. В исследование были включены 6 пациентов (8 случаев плантарного фасциита). Соотношение мужчин и женщин составило 1:5, средний возраст составил 50 (21- 65) лет. Длительность симптоматики до хирургического лечения варьировалась от 1 года до 6 лет (в среднем 3,8 года). Все 6 пациентов были прооперированы под местной инфильтрационной анестезией.



Рисунок 1. Тест Сильверскольда. При разогнутом коленном суставе (слева) отмечается ограничение тыльной флексии стопы. При сгибании в коленном суставе (справа) объем тыльной флексии стопы увеличивается.

ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Процедура PMGR может проводиться в формате «стационара одного дня»; под местной инфильтрационной анестезией (1% ропивакаин, 2% лидокаин и 0,4% дексаметазон); в положении пациента лежа на животе; без применения турникета. Пальпаторно определяется медиальное углубление подколенной ямки, линия кожного разреза располагается на расстоянии 1 см дистальнее и латеральнее от нее (рис. 2). Важно отметить, что разрез осуществляется в поперечном направлении, чтобы избежать повреждения ветвей *p.saphenus* или *v.saphena magna* [6]. Выполняется разрез длиной 2 см через кожу, подкожно-жировую клетчатку разводят диссекционными ножницами, осуществляя доступ к фасции. Затем рассекается глубокая фасция и обнажается нижележащий апоневроз медиальной головки икроножной мышцы. Рассекаются только белые волокна апоневроза до красных волокон, в поперечном от них направлении, обеспечивая рассечение передней части апоневроза медиальной головки икроножной мышцы. После ушивания

подкожных слоёв, кожа ушивается внутрикожным швом с последующим наложением асептической повязки.



Рисунок 2. Хирургический доступ для проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы (PMGR).

Пунктирная линия - медиальное углубление подколенной ямки, сплошная линия - линия кожного разреза.

Устранение функционального укорочения икроножной мышцы в послеоперационном периоде было подтверждено клинически при помощи теста Сильверскольда. Пациентам в послеоперационном периоде не требовалось применение гипсовой иммобилизации или ортеза. Также всем пациентам после операции было рекомендовано продолжить упражнения на растяжение икроножных мышц и плантарной фасции согласно протоколу Альфредсона [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ

По нашим данным, ни один из пациентов не сообщил об ухудшении своего состояния после выписки. 7 из 8 случаев ПФ (87%) сообщили о полном или значительном облегчении боли. Из 8 случаев ПФ, у которых было заметное улучшение, 5 случаев (62%) заметили это улучшение в течение 1-2 недель после операции. Остальные 3 случая сообщили о медленном, но прогрессирующем улучшении в течение 3-6 месяцев. В 1 случае симптомы улучшились на 50%, но дальнейшее улучшение наступило после инъекции глюкокортикостероидов под контролем УЗИ. В остальных случаях дальнейшее вмешательство не потребовалось.

Ни один пациент не отметил слабость икроножных мышц после операции. 5 прооперированных пациентов (7 случаев

ПФ) смогли выполнить 20 подъемов пятки стоя на одной ноге. 1 пациентка (1 случай ПФ) отказалась выполнять упражнение из-за остеоартроза тазобедренных суставов.

Исходя из результатов субъективной оценки состояния пациентов в послеоперационном периоде при помощи опросников оценки качества жизни (SF-36), AOFAS и визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) было отмечено клинически значимое улучшение состояния (табл.1).

Осложнений после процедуры PMGR ни у одного из пациентов не было отмечено.

Таблица 1

Результаты субъективной оценки состояния пациентов.

	SF-36		AOFAS	Визуальная аналоговая шкала (ВАШ) (1-10)
	<u>ФИЗИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ</u>	<u>ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ</u>		
ДО ОПЕРАЦИИ	48,75	51,75	48	5,75
1 МЕСЯЦ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ	50,2	53,5	64	3,06
3 МЕСЯЦА ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ	49,9	50,6	64,5	3,79
6 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ	52,1	52,8	66,1	2,14
12 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ	60,93	61,9	65,4	1,27

ОБСУЖДЕНИЕ

Плантарный фасциит является довольно распространённым заболеванием. В обобщенном анализе за 2012-2017гг. до 1% всех обращений к ортопеду были связаны с пяточной болью [9]. Это составило 1 миллион посещений врача в год за 5-летний период [9]. Несмотря на это, точная этиология состояния все еще остается предметом дискуссий. Общепринятыми факторами риска ПФ считаются высокий индекс массы тела (ИМТ) и занятия, которые связаны с длительным переносом веса тела на одну ногу. Однако в более поздних исследованиях появились неопровержимые данные, что уменьшение амплитуды тыльной флексии стопы напрямую коррелирует с гораздо большим риском развития плантарного фасциита, чем ИМТ или тип активности, с соотношением 23,3 (95% ДИ от 4,3 до 124,4) для уменьшения амплитуды тыльной флексии стопы по сравнению с 5,6 (95% ДИ от 1,9 до 16,6) для ИМТ [20, 21].

Связь функционального укорочения икроножной мышцы с плантарным фасциитом была неоднократно описана многими авторами [5, 21- 23].

Оценка наличия функционального укорочения икроножной мышцы проводится в основном при помощи только клинического осмотра. В представленной серии клинических наблюдений все пациенты с рецидивирующим подошвенным фасциитом имели клинические признаки функционального укорочения икроножной мышцы. Но стоит помнить, что данные клинического осмотра подвержены высокому уровню вариабельности, однако попытки внедрения стандартизированных методов в лучшем случае привели бы к появлению громоздких инструментов, с трудом применимых в рутинной клинической практике [8,11].

Согласно общепринятому подходу, когда консервативные методы лечения не приносят клинического эффекта и рассматривается возможность хирургического вмешательства, выполняется локальное рассечение плантарной фасции. Некоторые хирурги сочетают это с релизом первой ветви латерального подошвенного нерва (нерва Бакстера) [25]. В литературе сообщается о 90% успешных операций, но существует риск разрыва плантарной фасции, повреждения подошвенных нервов, а также данное вмешательство ассоциировано с высокой частотой раневых осложнений и более в латеральном отделе стопы [24-25]. Послеоперационная реабилитация, как правило, длительная, и может пройти до 4 недель прежде чем станет возможна полная осевая нагрузка на оперированную конечность. Поэтому весьма убедительными представляются данные исследования Davies с соавт., в котором описаны 47 случаев плантарного фасциита, пролеченных хирургически с использованием рассечения плантарной фасции [7]. Авторы отметили сравнительно небольшой процент удовлетворительных результатов - только 48% пациентов были удовлетворены результатом [7].

Подошвенная фасция является важной анатомической структурой для биомеханики стопы во время цикла походки. Согласно полученным в недавнем кадавер-исследовании данным, подошвенная фасция играет важную роль в передаче усилий ахиллова сухожилия на переднюю часть стопы в фазе опоры при ходьбе [6]. Хирургические процедуры, направленные на релиз подошвенной фасции, могут нарушить работу этого механизма и поставить под угрозу нормальную биомеханику стопы [6,7]. Поэтому мы рекомендуем в первую очередь проводить процедуру проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы в случае, когда функциональное укорочение икроножной мышцы сохраняется несмотря на усилия физиотерапии и лечебной физкультуры, и определён до выполнения рассечения подошвенной фасции.

В литературе описан ряд хирургических способов удлинения икроножной мышцы на различных уровнях [13, 17-19, 26]. Эти процедуры можно условно разделить на две группы. Первая группа вмешательств приводит к удлинению как икроножной, так и камбаловидной мышц, в то время как вторая группа фокусируется только на икроножной мышце. В контексте изолирован-

ного функционального укорочения икроножной мышцы первая группа вмешательств может привести к слабости трёхглавой мышцы голени [2]. Aronow с соавт. продемонстрировали, что натяжение подошвенной фасции при изолированной нагрузке икроножной мышцы аналогично таковому при нагрузке всех частей трёхглавой мышцы голени [2]. Они пришли к выводу, что у пациентов с изолированным функциональным укорочением икроножной мышцы возможно достижение аналогичных клинических результатов с потенциально меньшими осложнениями после изолированного удлинения апоневроза икроножной мышцы по сравнению с удлинением ахиллова сухожилия.

Удлинение трёхглавой мышцы голени может быть выполнено несколькими способами (рис.3) [13, 19-20, 26]. Процедура Baumann состоит из внутримышечного удлинения (рецессии) только икроножной мышцы в глубоком промежутке между камбаловидной и икроножной мышцами, с освобождением апоневроза икроножной мышцы [13].

Процедура Strayer позволяет добиться весьма удовлетворительной коррекции укорочения икроножной мышцы [19-21, 26]. Она представляет собой релиз в области начала дистального сухожилия икроножной мышцы проксимальнее ахиллова сухожилия и выполняется открытым или эндоскопическим доступом [19, 26]. После операции пациенту требуется иммобилизация гипсовой повязкой или ортезом [26].

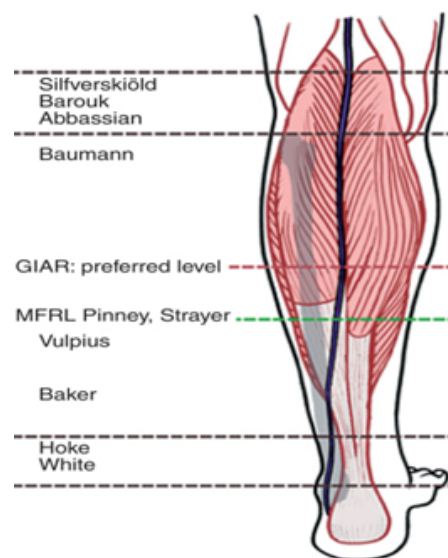


Рисунок 3. Варианты хирургических техник по удлинению трёхглавой мышцы голени [14].

GIAR (gastrocnemius intramuscular aponeurotic recession), внутримышечная апоневротическая рецессия икроножной мышцы; MFRL (mid-fibular reference line), срединно-малоберцовая референсная линия. На MFRL (зеленая пунктирная линия) латеральная головка икроножной мышцы не обеспечивает защиты икроножного нерва (черная линия). На красной пунктирной линии (GIAR) медиальная головка и латеральная головка икроножной мышцы защищают икроножный нерв.

Открытая процедура Strayer может иметь неудовлетворительный косметический результат, а также нередко осложняется повреждением *n. suralis* [20]. Также в ходе выполнения данной процедуры часто требуется применение регионарной или общей анестезии, а также иммобилизация в послеоперационном периоде. При PMGR разрез выполняется в соответствии с линиями Лангера в подколенной области; *n.suralis* не подвергается риску; повреждение *n.saphenus* и *v.saphena magna* также маловероятно, учитывая расположение доступа латеральнее медиального углубления подколенной ямки. Процедура не требует длительного нахождения в стационаре и может быть осуществлена под местной анестезией. Пациентам в послеоперационном периоде не требуется иммобилизация и, в зависимости от толерантности к болевому синдрому, они практически сразу могут вернуться к повседневной деятельности. В представленной серии клинических наблюдений мы не столкнулись с послеоперационными осложнениями, что позволяет говорить о том, что проксимальный релиз медиальной головки икроножной мышцы является безопасной альтернативой прочим описанным процедурам удлинения икроножно-камбаловидного комплекса.

При анализе результатов дистальной рецессии медиальной головки икроножной мышцы Rush и соавт. описали осложнения, развившиеся у девяти (6%) из 126 пациентов: у шести (4%) были проблемы с кожным рубцом, у двух (1,3%) имелось расхождение краев раны, у двоих (1,3%) наблюдались инфекционные осложнения, у троих (2%) были проблемы с нейропатией в зоне оперативного вмешательства, а у одного (0,67%) развился комплексный регионарный болевой синдром [22]. Субъективной слабости икроножных мышц отмечено не было, и ни один пациент не жаловался на хромоту, нарушение походки или стойкое снижение мышечной силы, что коррелирует с результатами нашего исследования, в котором в послеоперационном периоде пациентами не было отмечено субъективных жалоб на слабость мышц голени.

Кроме того, в нашем исследовании 5 из 6 пациентов (83%) смогли выполнить тест на подъем пятки на 20 повторов. Эти данные свидетельствуют о том, что после проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы сила икроножных мышц не была нарушена, в отличие от других описанных процедур удлинения ахиллова сухожилия, которые приводили к слабости икроножных мышц.

По данным научно-практической публикации Maskill с соавт., релиз икроножной мышцы на уровне мышечно-сухожильного перехода (красная линия на рис. 3) у пациентов с ПФ показал хороший клинический результат, авторами не сообщалось о повреждении *n. suralis* или проблемах с заживлением послеоперационной раны [15]. Однако после процедуры требовался короткий период иммобилизации в ортопедическом сапоге с возможностью ходьбы. В том же исследовании 93% пациентов заявили, что они бы порекомендовали операцию другу или родственнику. Это сопоставимо с 83% в нашей серии случаев. Это

говорит о том, что устранение изолированной функциональной недостаточности икроножной мышцы обеспечит высокий уровень удовлетворенности пациентов при лечении плантарного фасциита независимо от степени удлинения мышцы.

В нашей серии клинических наблюдений релиз проводился только на проксимальном апоневрозе медиальной головки икроножной мышцы. По сравнению с латеральной головкой, медиальная головка икроножной мышцы имеет более проксимальное прикрепление на бедренной кости и гораздо большую площадь поперечного сечения [12]. Кроме того, было показано, что медиальная головка демонстрирует больше изменений при МРТ-сканировании после физической нагрузки по сравнению с латеральной головкой и, следовательно, может играть большую роль в формировании силы тыльной флексии стопы [24]. Интраоперационно нами было обнаружено, что уже при освобождении только медиальной головки достигается удовлетворительная коррекция функционального укорочения икроножной мышцы, и поэтому в релизе обеих головок икроножной мышцы нет необходимости.

Мы осознаем, что слабым местом данного исследования является отсутствие контрольной группы. В дальнейшем нами планируется расширить исследование по данной тематике с формированием контрольной группы пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно данным современных научно-практических публикаций, плантарный фасциит зачастую ассоциирован с изолированным функциональным укорочением икроножной мышцы. В соответствии с современными тенденциями, хирургическое вмешательство рассматривается в случае неэффективности консервативной терапии при лечении этого состояния [27-31]. Мы считаем, что у тщательно отобранных пациентов с клиническим диагнозом плантарного фасциита, рецидивирующего после консервативного лечения, при отсутствии других причин пяточной боли и при клиническом подтверждении наличия изолированного функционального укорочения икроножной мышцы, процедура проксимального релиза медиальной головки икроножной мышцы более предпочтительна, чем оперативные вмешательства на подошвенной фасции, а также более безопасна, чем описанные процедуры удлинения икроножно-камбаловидного комплекса [2, 13, 19, 26].

Список литературы / References:

1. Alfredson H., Pietila T., Jonsson P., Lorentzon R., Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis // *Am J Sports Med.* 1998;26:360–366. DOI: 10.1177/issn03635465.1998.26.360–366.
2. Aronow MS, Diaz-Doran V, Sullivan RJ, Adams DJ., The effect of triceps surae contracture force on plantar foot pressure distribution // *Foot Ankle Int.* 2006;27:43–52. DOI: 10.1177/issn1071-1007.2006.27.43-52.

3. Babcock MS, Foster L, Pasquina P, Jabbari B. Treatment of pain attributed to plantar fasciitis with botulinum toxin a: a short-term, randomized, placebo -controlled, double-blind study // *Am J PhysMedRehabil*. 2005;84:649–654. DOI: 10.1097/issn1537-7385.2005.84.649-654.
4. Barouk P, Barouk LS. Clinical diagnosis of gastrocnemius tightness // *Foot Ankle Clin*. 2014;19(4):659–667. DOI: 10.1016/issn1083-7515.2014.19.659-667.
5. Barouk P. Introduction to gastrocnemius tightness // *Foot Ankle Clin*. 2014;19(4):xv. DOI: 10.1016/issn1083-7515.2014.19.xv.
6. Barouk P. Technique, indications, and results of proximal medial gastrocnemius lengthening // *Foot Ankle Clin*. 2014;19(4):795–806. DOI: 10.1016/issn1083-7515.2014.19.795-806.
7. Davies MS; Weis, GA; Saxby TS. Plantar fasciitis: how successful is surgical intervention? // *Foot Ankle Int*. 1999;20:803–807. DOI: 10.1177/issn1071-1007.1999.20.803-807.
8. DiGiovanni CW, Kuo R, Tejwani N; Price R, Hansen ST Jr, Czierniecki J, Sangeorzan BJ. Isolated gastrocnemius tightness // *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84-A:962–970. DOI: 10.2106/issn0021-9355.2002.84-A.962-970.
9. Erdemir A, Hamel AJ, Fauth AR, Piazza SJ, Sharkey NA. Dynamic loading of the plantar aponeurosis in walking. // *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A:546–552. DOI: 10.2106/issn0021-9355.2004.86-A.546-552.
10. Gamba C, Serrano-Chinchilla P, Ares-Vidal J, Solano-Lopez A, Gonzalez-Lucena G, Ginés-Cespedosa A. Proximal Medial Gastrocnemius Release Versus Open Plantar Fasciotomy for the Surgical Treatment in Recalcitrant Plantar Fasciitis // *Foot Ankle Int*. 2020; 41(3):267–274. DOI: 10.1177/issn1071-1007.2020.41.267-274.
11. Greisberg J, Drake J, Crisco J, DiGiovanni C. The reliability of a new device designed to assess gastrocnemius contracture. // *Foot Ankle Int*. 2002;23:655–660. DOI: 10.1177/issn1071-1007.2002.23.655-660.
12. Hamilton PD, Brown M, Ferguson N, Adebibe M, Maggs J, Solan M. Surgical anatomy of the proximal release of the gastrocnemius: a cadaveric study. // *Foot Ankle Int*. 2009;30:1202–1206. DOI: 10.3113/issn1071-1007.2009.30.1202-1206.
13. Herzenberg JE, Lamm BM, Corwin C, Sekel J. Isolated recession of the gastrocnemius muscle: the Baumann procedure // *Foot Ankle Int*. 2007;28:1154–1159. DOI: 10.3113/issn1071-1007.28.1154-1159.
14. Hoefnagels EM, Belkoff SM, Swierstra BA. Gastrocnemius recession: A cadaveric study of surgical safety and effectiveness. // *ActaOrthop*. 2017;88(4):411–415. DOI: 10.1080/issn1745-3674.2017.411-415.
15. Maskill JD, Bohay DR, Anderson JG. Gastrocnemius recession to treat isolated foot pain. // *Foot Ankle Int*. 2010;31:19–23. DOI: 10.3113/issn1071-1007.2010.31.19-23.
16. Miller RA, Torres J, McGuire M. Efficacy of first-time steroid injection for painful heel syndrome. // *Foot Ankle Int*. 1995;16:610–612. DOI: 10.1177/issn1071-1007.1995.16.610-612.
17. Myerson M, Barouk P. The Gastrocnemius, An issue of Foot and Ankle Clinics of North America. 2014. isbn: 9780323326483.
18. Patel A, DiGiovanni B. Association between plantar fasciitis and isolated contracture of the gastrocnemius // *Foot Ankle Int*. 2011;32(5):8. DOI: 10.3113/issn1071-1007.2011.32.8.
19. Pinney SJ, Hansen ST Jr, Sangeorzan BJ. The effect on ankle dorsiflexion of gastrocnemius recession. // *Foot Ankle Int*. 2002;23:26–29. DOI: 10.1177/issn1071-1007.2002.23.26-29.
20. Pinney SJ, Sangeorzan BJ, Hansen ST Jr. Surgical anatomy of the gastrocnemius recession (Strayer procedure) // *Foot Ankle Int*. 2004;25:247–250. DOI: 10.1177/issn1071-1007.2004.25.247-250.
21. Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk factors for Plantar fasciitis: a matched case-control study // *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A:872–877. DOI: 10.2106/issn0021-9355.2003.85-A.872-877.
22. Rush SM, Ford LA, Hamilton GA. Morbidity associated with high gastrocnemius recession: retrospective review of 126 cases // *J Foot Ankle Surg*. 2006;45:156–160. DOI: 10.1053/issn1268-7731.2006.45.156-160.
23. Sammarco GJ, Helfrey RB. Surgical treatment of recalcitrant plantar fasciitis // *Foot Ankle Int*. 1996;17:520–526. DOI: 10.1177/issn1071-1007.1996.17.520-526.
24. Segal RL, Song AW. Nonuniform activity of human calf muscles during an exercise task // *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:2013–2017. DOI: 10.1016/issn0003-9993.2005.86.2013-2017.
25. Sinnaeve F, Vandeputte G. Clinical outcome of surgical intervention for recalcitrant infero-medial heel pain. // *Acta Orthop Belg*. 2008;74:483–488. PMID: 18811031/issn0001-6462.2008.74.483-488.
26. Strayer LM Jr. Recession of the gastrocnemius; an operation to relieve spastic contracture of the calf muscles // *J Bone Joint Surg Am*. 1950;32-A:671–676. PMID: 15428491/issn0021-9355.1950.32-A.671-676.
27. Thomson CE; Crawford F; Murray GD. The effectiveness of extra corporeal shock wave therapy for plantar heel pain: a systematic review and meta-analysis // *BMC MusculoskeletDisord*. 2005;6:19. DOI: 10.1186/issn1471-2474.2005.6.19.
28. Tisdell CL, Harper MC. Chronic plantar heel pain: treatment with a short leg-walking cast // *FootAnkle Int*. 1996;17:41–42. DOI: 10.1177/issn1071-1007.1996.17.41-42.
29. Середя А.П., Мойсов А.А., Сметанин С.М. Плантарный фасцит: диагностика и лечение // *Байкальский медицинский журнал*. 2016;143(4):5-9. EDN: USJIIK/issn2949-0715.2016.143.5-9 [Sereda A.P., Moysov A.A., Smetanin S.M. Plantar fasciitis: diagnosis and treatment // *Baikal Medical Journal*. 2016;143(4):5-9. EDN: USJIIK/issn2949-0715.2016.143.5-9].
30. Шайхутдинов И., Кузнецова Р., Шульман А. Лечение пяточной боли // *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2020;50(1):31-35. EDN BUMONR/issn3453-9875.2020.50.31-35 [Shaikhutdinov I., Kuznetsova R., Shulman A. Treatment of heel pain // *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2020;50(1):31-35. EDN BUMONR/issn3453-9875.2020.50.31-35].
31. Лазаренко В. А., Мишустин В.Н., Бобровская Е.А. Выбор метода лечения «трудных» случаев подошвенного фасциита // *Человек и его здоровье*. 2022;25(4):21-27. DOI: 10.21626/issn.1998-5754.2022.25.21-27 [Lazarenko V.A., Mishustin V.N., Bobrovskaya E.A. CHOICE OF TREATMENT FOR «HARD-TO-TREAT» CASES OF PLANTAR FASCIITIS// *Man and his health*. 2022;25(4):21-27. DOI: 10.21626/issn.1998-5754.2022.25.21-27]

Информация об авторах:

Голубев Валерий Григорьевич – д.м.н., профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии РМАНПО, врач травматолог-ортопед высшей категории НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. Ак. Б.В. Петровского», Литовский бульвар. Д.1А, 117593, Россия. email: golubeff@inbox.ru

Зейналов Вадим Тофикович – к.м.н., врач высшей категории, врач травматолог-ортопед, НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. Ак. Б.В. Петровского», Литовский бульвар. Д.1А, 117593, Россия. email: zeinalov_vadim@mail.ru

Нечаева Марина Ивановна – врач травматолог-ортопед, НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. Ак. Б.В. Петровского», Литовский бульвар. Д.1А, 117593, Россия. email: m.nechaeva01@yandex.ru

Чернышов Станислав Игоревич – врач травматолог-ортопед, НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. Ак. Б.В. Петровского», Литовский бульвар. Д.1А, 117593, Россия. email: i@dr-chest.ru

Арапова Ирина Андреевна – аспирант. врач травматолог-ортопед, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ, Приорова, 10. 125130, Россия. email: ryb4sirina@yandex.ru

Шкуро Константин Викторович – врач травматолог-ортопед, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ, Приорова, 10. 125130, Россия. email: shkuro_kostya@mail.ru

Автор, ответственный за переписку:

Зейналов Вадим Тофикович – к.м.н., врач высшей категории, врач травматолог-ортопед, НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. Ак. Б.В. Петровского», Литовский бульвар. Д.1А, 117593, Россия. email: zeinalov_vadim@mail.ru

Information about the authors:

Valery G. Golubev – MD, Dr Sci. (Med), Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Scientific Center № 2 of the Federal State Budgetary Institution «Russian Scientific Center for Surgery named after. Ak. B.V. Petrovsky», Litovsky Boulevard. D.1A, 117593, Russia. email: golubeff@inbox.ru

Vadim T. Zeynalov – MD, cand. Sci. (Med), Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences Federal state-funded budgetary public health facility, 117593, Moscow, Russia, e-mail zeinalov_vadim@mail.ru

Marina I. Nechaeva – MD, Scientific Center № 2 of the Federal State Budgetary Institution «Russian Scientific Center for Surgery named after. Ak. B.V. Petrovsky», Litovsky Boulevard. D.1A, 117593, Russia. email: m.nechaeva01@yandex.ru

Stanislav I. Chernyshov – MD, Scientific Center № 2 of the Federal State Budgetary Institution «Russian Scientific Center for Surgery named after. Ak. B.V. Petrovsky», Litovsky Boulevard. D.1A, 117593, Russia. email: i@dr-chest.ru

Irina A. Arapova – MD, clinical resident, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, 127299, Moscow, Russia, email: ryb4sirina@yandex.ru

Konstantin V. Shkuro – MD, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, 127299, Moscow, Russia

Corresponding author:

Vadim T. Zeynalov, cand. Sci. (Med), Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences Federal state-funded budgetary public health facility, 117593, Moscow, Russia, e-mail zeinalov_vadim@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-34-44>

УДК 616-001.514

© Фань Жулу, Лычагин А. В., Бобров Д.С., Кавалерский Г.М., Бабкова А.А., Шубкина А.А. 2024

Оригинальная статья / Original article



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ СЕСАМОВИДНЫХ КОСТЕЙ СТОПЫ АРТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

ФАНЬ ЖУЛУ, А. В. ЛЫЧАГИН, Д.С. БОБРОВ, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ, А.А. БАБКОВА, А.А. ШУБКИНА

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Резюме

Цель: оценить результаты лечения повреждений сесамовидных костей стопы с развитием посттравматического остеоартроза плюсна-сесамовидного комплекса методом артроскопически выполненной парциальной резекции сесамовидной кости.

Материалы и методы: В настоящую серию случаев были включены 16 пациентов которым была выполнена парциальная резекция сесамовидной кости артроскопическим методом. Предоперационная оценка включала сбор анамнеза, физикальный осмотр с применением пассивного осевого компрессионного теста, рентгенологическую оценку, МРТ и КТ. Фиксировались послеоперационные осложнения, уровень активности, количество дней, необходимых для возвращения к привычному режиму двигательной активности, для спортсменов - возможность вернуться к занятиям спортом и уровень послеоперационных спортивных результатов, для танцоров - возможность вернуться к профессиональной деятельности. До- и послеоперационную боль оценивали по визуально-аналоговой шкале. Показатели результатов оценивались с использованием клинической рейтинговой шкалы Американского общества ортопедов стопы и голеностопного сустава (AOFAS).

Результат: Согласно послеоперационной оценке, произведенной в конце периода наблюдения показатели ВАШ, улучшились в сравнении с дооперационным уровнем с $6,1 \pm 1,1$ (диапазон: 5–8) до $0,9 \pm 0,9$ (диапазон: 0–3). Показатели опросника AOFAS до операции в среднем составляли $54,3 \pm 7,2$ (диапазон: 44–66) и улучшились до $90,8 \pm 7,7$ (диапазон: 78–100) после операции. Средняя продолжительность до возвращения к активности составила $6,3 \pm 2,7$ месяца (диапазон: 2–12 месяцев). Все 8 спортсменов вернулись к активным занятиям спортом в среднем через $5,8 \pm 2,8$ месяца (диапазон: 2–10 месяцев). Однако два пациента к концу периода наблюдения не достигли спортивных результатов, имевшихся до перенесенной травмы.

Вывод: Парциальная резекция сесамовидной кости артроскопическим методом является эффективным и надежным методом лечения патологий ПСК, однако необходимы дальнейшие сравнительные исследования результатов открытых и артроскопических операций.

Ключевые слова: плюсна-сесамовидный комплекс, сесамовидная кость, парциальная резекция сесамовидной кости, сесамоектомия, артроскопическая техника.

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

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Фань Жулу, Лычагин А.В., Бобров Д.С., Бабкова А.А., Шубкина А.А., ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ СЕСАМОВИДНЫХ КОСТЕЙ СТОПЫ АРТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 2(56). С. 34–44
<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-34-44>

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

SURGICAL TREATMENT OF INJURIES AND DAMAGES OF THE HALLUCAL SESAMOID COMPLEX USING ARTHROSCOPIC TECHNIQUE

RULU FAN, ALEXEY V. LYCHAGIN, DMITRY S. BOBROV, GENNADY M. KAVALERSKY, ANNA A. BABKOVA,
ALENA A. SHUBKINA

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

Summary

Purpose: To evaluate the clinical outcomes and postoperative complications of partial resection of the medial sesamoid bone by arthroscopic method.

Materials and methods: The present case series included 16 patients who underwent arthroscopic partial resection of the sesamoid. Preoperative evaluation included a complete medical history, physical examination using a passive axial compression test, radiographic evaluation, MRI, and CT. Postoperative

complications, level of activity, number of days required for daily return to normal life were recorded; for athletes, the ability to return to sports and the level of postoperative athletic performance; for dancers, the ability to return to professional activities. Pre- and postoperative pain was assessed using a visual analogue scale. Outcome measures were assessed using the American Orthopedic Foot and Ankle Society (AOFAS) clinical rating scale.

Result: According to the postoperative assessment at the end of the observation period, the VAS scores improved compared to the preoperative level from 6.1 ± 1.1 (range: 5–8) to 0.9 ± 0.9 (range: 0–3). AOFAS scores preoperatively averaged 54.3 ± 7.2 (range: 44–66) and improved to 90.8 ± 7.7 (range: 78–100) postoperatively. The mean duration to return to activity was 6.3 ± 2.7 months (range: 2–12 months). All 8 athletes returned to active sports after an average of 5.8 ± 2.8 months (range: 2–10 months). However, two patients had not achieved pre-injury athletic performance at the end of the follow-up period.

Conclusion: Partial resection of the medial sesamoid bone by arthroscopic method is an effective and reliable treatment for osteoarthritis of metatarsomesamoid complex, but further comparative studies of the results of open and arthroscopic procedures are needed.

Keywords: hallucal sesamoid complex, sesamoid, sesamoidectomy, arthroscopic technique

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Fan Rulu, Lychagin A.V., Bobrov D.S., Babkova A.A., Shubkina A.A., SURGICAL TREATMENT OF INJURIES AND DAMAGES OF THE HALLUCAL SESAMOID COMPLEX USING ARTHROSCOPIC TECHNIQUE. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 2. pp. 34–44 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-34-44>

Введение

Сесамовидные кости, расположенные в области соединения первой плюсневой кости с фалангой большого пальца стопы, являются частью сложного 1-го плюснефалангового сустава. Сесамовидные кости находятся под головкой 1-й плюсневой кости стопы: латеральная или малоберцовая, медиальная или большеберцовая. Медиальная сесамовидная кость является большей из двух, обе сесамовидные кости располагаются в толще сухожилия короткого сгибателя большого пальца стопы и являются частями настоящих синовиальных суставов с границами гиалинового хряща и вместе с 1-й плюсневой костью образуют плюсне-сесамовидный комплекс (ПСК) [1,2].

Сесамовидные кости первого плюснефалангового сустава играют значительную роль в обеспечении правильного биомеханического функционирования стопы. ПСК играет важную роль в защите головки первой плюсневой кости и распределении нагрузки по переднему отделу стопы, а также обеспечивает плавное подошвенное сгибание путем уменьшения трения сухожилия короткого сгибателя пальцев [3]. Из-за значительных механических напряжений и анатомических изменений ПСК может быть вовлечен в многочисленные патологические процессы, при этом медиальная сесамовидная кость больше подвержена таким воздействиям. Эти процессы включают травматические переломы, стрессовые переломы, ложные суставы, аваскулярный некроз, хондромалицию и различные воспалительные заболевания [4, 5].

В отличие от других, патология ПСК слабо описывается в литературе [6–8]. Остеоартрит 1-го плюснефалангового сустава обычно возникает у пациентов среднего и старшего возраста является следствием возрастных дегенеративно-дистрофических изменений хрящевой ткани, однако может быть результатом полученной травмы [9]. При лечении остеоартрита 1-го плюснефалангового сустава часто упускают возможность развития у пациента симптоматического плюсне-сесамовидного остео-

артрита. Остеоартрит может привести к различным изменениям сесамовидных костей, включая потерю хрящевой ткани с сужением суставной щели плюсне-сесамовидных суставов. Так Tan J, Lau JT. [7] при КТ исследовании плюснефалангового сустава пациента, ранее прооперированного по поводу ригидного первого пальца стопы (артродез 1-го плюснефалангового сустава) выявили симптоматический остеоартрит обеих ПСК с остеофитами на головке плюсневых и сесамовидных костей. В результате пациенту была выполнена успешная тотальная медиальная и латеральная сесамоектомия.

Запущенный остеоартрит 1-го плюснефалангового сустава часто приводит к прогрессирующей вальгусной деформации и вывиху сесамовидных костей [10, 11]. С другой стороны, нередкой причиной повреждений плюсне-сесамовидных суставов являются различные травмы, возникающие преимущественно у молодых людей, активно занимающихся спортом, а также травмы профессиональных танцоров, в частности подвывих и переломы сесамовидных костей [12]. В некоторых случаях такие переломы не срастаются, иногда может развиваться сесамоедит и аваскулярный некроз [13].

Патология ПСК проявляется интенсивной болью под головкой 1-й плюсневой кости, которая обычно усиливается при подъеме на полупальцы, использовании обуви на тонкой подошве или на высоких каблуках. Иногда при появлении воспаления наблюдаются умеренная припухлость и повышение местной температуры, реже – покраснение, которые могут распространяться медиально и производить впечатление поражения первого плюснефалангового сустава [14]. При отсутствии надлежащего лечения эти расстройства могут привести к существенной потере функций 1-го плюснефалангового сустава [5].

Первой линией в лечение повреждений плюсне-сесамовидного сустава являются консервативные методы (обезболивающие или противовоспалительные препараты, внутрисуставные инъекции, физиотерапия, модификация обуви и ортезы сто-

пы) [15, 16]. Однако, когда консервативное лечение в течение как минимум 6–12 месяцев не дает результатов и у пациента продолжают изнурительные симптомы может быть предложено оперативное лечение [17]. Это относительно редкая процедура, которая может быть выполнена как с использованием открытого хирургического доступа, так и с помощью артроскопической техники [18, 19].

Потенциальными осложнениями сесамойдэктомии в литературе отмечались ригидность, болезненные рубцы, расхождение ран, инфекция, повреждение нервов, вальгусная деформация [20, 21]. Отмечалось, что тотальная сесамойдэктомия (удаление обеих сесамовидных костей) может привести к значительному изменению биомеханики суставов, в то время как частичная резекция сесамовидных костей не влияет на механику сустава [22]. Поэтому, в случаях, когда могут быть затронуты обе сесамовидные кости, рекомендуется иссекать только медиальную сесамовидную кость, чтобы предотвратить развитие вальгусного или варусного отклонения большого пальца стопы [23].

Несмотря на возможные осложнения, сесамойдэктомия остается возможным методом лечения в случаях хронической сесамовидной боли у пациентов, у которых консервативное лечение оказалось неэффективным [17].

В настоящее время литература по хирургическому лечению ПСК ограничена и в основном представлена описанием небольших серий и отдельных случаев [17, 20, 21]. Не существует единого алгоритма лечения пациентов с остеоартритом плюсне-сесамовидного сочленения. По имеющимся данным артроскопический доступ обеспечивает хорошую внутрисуставную визуализацию и минимальное рассечение мягких тканей, оставляя связки интактными с отличными косметическими результатами, деформации с хорошим функциональным восстановлением [24]. Однако этот метод остается малораспространенным.

В настоящем исследовании представлена серия случаев парциальной резекции сесамовидной кости артроскопическим методом выполненной по поводу не эффективного консервативного лечения повреждений ПСК. Целью данного исследования было оценить клинические исходы и послеоперационные осложнения атроскопического методы.

Материалы и методы

Пациенты и предоперационная диагностика.

В настоящую ретроспективную серию случаев были включены 16 пациентов, которым была выполнена парциальная резекция сесамойдной кости артроскопическим методом (у всех пациентов прооперирована одна стопа) в период с января 2015 г. по декабрь 2023 г. На основании анализа медицинских документов была получена демографическая информация (в т. ч. возраст, пол), индекс массы тела (ИМТ), сторона поврежде-

дения, употребление табака, род занятий, продолжительность консервативного лечения и сопутствующие заболевания.

Все пациенты проходили консервативное лечение не менее 8 месяцев (в среднем $10 \pm 1,2$ месяца). Применялись ортопедические стельки, противовоспалительные препараты, физиотерапия, ограничение активности и попытки не поднимать вес. Ввиду того, что консервативное лечение оказалось безрезультатным и болевые ощущение сохранялись было принято решение о выполнении атроскопической парциальной резекции сесамовидной кости артроскопическим методом.

Демографические данные пациентов, которым была выполнена атроскопическая парциальная резекция сесамовидной кости артроскопическим методом представлены в Таблице 1. Средний возраст пациентов составил $31,3 \pm 15,8$ (диапазон от 22 до 48) лет. Среди включенных в исследования пациентов было 12 женщин и 4 мужчины. Из 16 пациентов, подвергшимся оперативному вмешательству, 8 - активно занимались спортом, 4 – танцоры, 4 пациента бывшие спортсмены, занимающиеся оздоровительным бегом. Средний период наблюдения составил $24,8 \pm 8,2$ (диапазон от 12 до 36) месяцев. Средний индекс массы тела пациентов составил $21,9 \pm 1,7$ (диапазон от 19,4 до 24,8). У 3 пациентов ранее были травмы переднего отдела стопы в прошлом.

Таблица 1

Демографические данные пациентов

Характеристики		Значения
Средний возраст (лет, MD $\pm$ SD)		36,42 $\pm$ 12,46
Пол	Женщины	12
	Мужчины	4
Средний ИМТ (кг/м ² , MD $\pm$ SD)		22,43 $\pm$ 4,2
Курение		3
Травмы		3
Физическая активность	Активные спортсмены	8
	Танцоры	4
	Бегуны	4

Примечание: BMI - Body mass index

В результате дооперационного клинического и лучевого (рентгенологического, МРТ, КТ) обследования у всех 8 пациентов, активно занимающихся спортом и 3 танцоров был диагностирован изолированный большеберцовый сесамойдит в т.ч. у 7 пациентов отмечено несращение после стрессового перелома медиальной сесамовидной кости, у 4 пациентов смещение сесамовидной кости. У 2 пациентов не сросшийся перелом сочетался с аваскулярным некрозом (АВН). У всех пациентов перелом сесамовидной кости сочетался с поврежде-

нием суставного хряща между сесамовидной костью и головкой плюсневой кости.

Таблица 2

Результаты дооперационного обследования

Диагноз	Значение
Изолированный большеберцовый сесамойдит с хроническим повреждением мягких тканей в т. ч.:	11
Не сросшийся перелом медиальной сесамовидной кости	5
Не сросшийся перелом медиальной сесамовидной кости с аваскулярным некрозом	2
Симптоматический остеоартрит плюсне-сесамовидного сустава	5

Предоперационная оценка включала сбор анамнеза, физикальный осмотр, рентгенологическое исследование, магнитно-резонансную и компьютерную томографии. Во время клинического обследования использовался пассивный аксиальный компрессионный тест [34]. Для выполнения теста определяется положение сесамовидных костей, затем выполняется разгибание первого пальца стопы, компрессия (аксиальная нагрузка) по подошвенной поверхности стопы несколько проксимальнее расположения сесамовидных костей с последующим пассивным сгибанием пальца и продолжением компрессии. Это маневр осевой компрессии затрудняет нормальное проксимальное смещение сесамовидных костей при пассивном плантарном сгибании первого пальца стопы. При этом происходит осевое сжатие сесамовидных костей относительно основания проксимальной фаланги и головки плюсневой кости. Этот тест является специфическим для сесамовидных костей, поскольку все остальные мягкие ткани в области подошвенной поверхности первого плюсневого сустава находятся в расслабленном положении.

Рентгенография проводилась с нагрузкой на стопы (прямая проекция) и без (проекция ¾). Были получены и оценены предоперационные рентгенограммы первого плюснефалангового сустава пациентов в переднезадней, косой и латеральной проекциях. Учитывая, что сесамовидные кости 1-го плюснефалангового сустава у 7–30% населения бывают из нескольких частей (лат. bi\multipartita), чтобы отличить такие кости от переломов, у всех пациентов была выполнена рентгенография обеих стоп. Как правило при переломе имеются более острые края частей сесамовидной кости, определяется конгруэнтность фрагментов (рис. 1). При наличии двудольчатой (bipartita) сесамовидной кости, края закругленные, неконгруэнтны друг другу.

МСКТ, МРТ были выполнены для оценки изменений в ПСК, выявление которых затруднено на обычных рентгенограммах (рис. 2, 3, 4). С помощью КТ определяли характер переломов, остеосклероза, наличие фрагментов, степень уменьшения тол-

щины суставного хряща (на функциональных исследованиях) и узурации кости. С помощью МРТ оценивали состояние мягких тканей, характер отека костного мозга.



Рис. 1. Перелом большеберцовой (медиальной) сесамовидной кости на рентгенограммах.

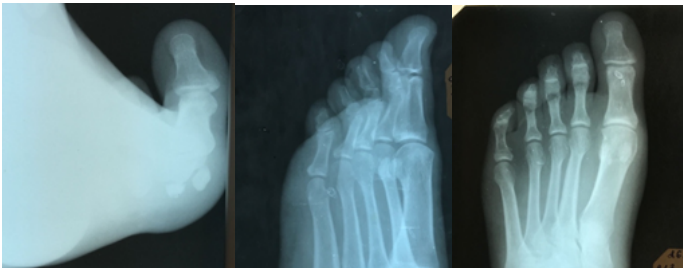


Рис.2. Рентгенограммы пациентки 3. в аксиальной, прямой и ¾ проекциях, демонстрирующие отсутствие видимых изменений при наличии перелома.



Рис.3. Мультиспиральная компьютерная фотография пациентки (МСКТ) 3. (сагиттальный срез и 3D реконструкция), демонстрирующие перелом, который не может быть диагностирован по данным рентгенографии.

Хирургическая техника

Применялась хирургическая техника, которая включает использование нескольких доступов [25]. Для данной артро-

скопической процедуры необходим короткий артроскоп диаметром 2,7 мм с углом обзора 30° и ирригационная система, ручные механические и электрохирургические инструменты диаметром не более 3,5 мм. Все операции выполнялись под спинальной анестезией. Процедуру проводили в положении больного на спине так, чтобы пятка оперируемой ноги лежала в самом конце операционного стола. Для улучшения доступа к оперируемому пальцу стопы, ипсилатеральное бедро и голень поднимали с помощью подушки немного выше контралатеральной ноги, обеспечивая вертикальное положение оперируемой стопы. После предоперационной дезинфекции и стерильного покрытия операционного поля сухожилие длинного разгибателя большого пальца стопы (*m. extensor hallucis longus*, далее - EHL) идентифицировали и маркировали стерильным фломастером. Затем на дорсальной стороне большого пальца стопы на уровне суставной щели 1-го плюснефалангового сустава отмечали латеральное сухожилие EHL место дорсолатерального входа, а с медиальной стороны от сухожилия EHL, дорсомедиальную точку входа. Затем отмечали место медиального портала на медиальной стороне большого пальца стопы на уровне суставной щели 1-го плюснефалангового сустава, на середине расстояния между дорсальным и подошвенным краями головки первой плюсневой кости. В предполагаемом месте дорсомедиального входа кожу прокалывали внутримышечной иглой и входили в 1-й плюснефаланговый сустав, который заполняли 3–5 мл стерильного физиологического раствора. В месте дорсомедиального входа скальпелем №. 15 производили продольный разрез кожи, параллельно оси сухожилия длинного разгибателя большого пальца стопы длиной до 3 мм.

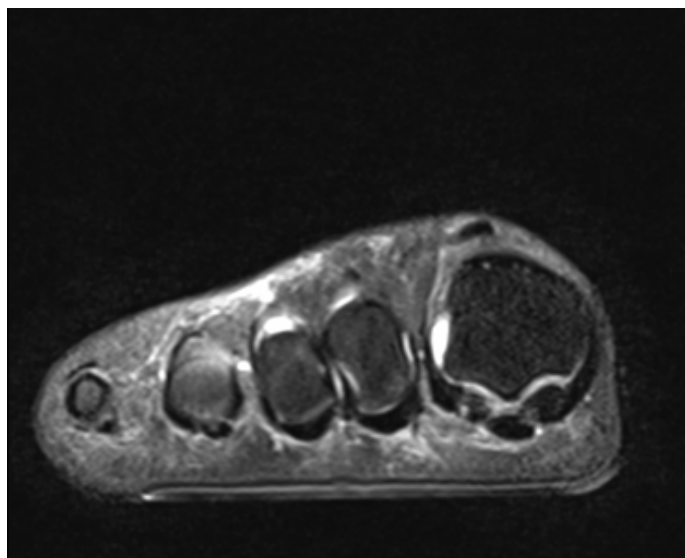


Рис. 4. МРТ пациентки 3., демонстрирующее отек и фрагментацию латеральной сесамовидной кости.

В заранее отмеченное место предполагаемого медиального входа устанавливали внутримышечную иглу, которую вводили

через кожу в сустав, где с помощью артроскопа визуализировали положение ее кончика. Если при артроскопическом исследовании установлено, что игла введена в сустав, ее удаляли и создавали медиальный портал (рис. 5). Под прямой артроскопической визуализацией при необходимости создавали дополнительный проксимальный медиальный портал или портал в межплюсневом промежутке. Дорсолатеральный портал использовался редко, как альтернатива дорсомедиальному portalу в случае затрудненной визуализации латеральной сесамовидной кости. После осмотра сустава осуществляли доступ к сесамовидной кости, удаляли спайки и четко визуализировали сесамовидную кость, а затем, выполняли парциальную резекцию сесамовидной кости артроскопическим методом. При удалении сохраняли периферические отделы сесамовидной кости и волокна сухожилия короткого сгибателя 1 пальца (рис.6). Данная техника позволяла предотвратить возникновение дисбаланса головок сухожилия с возникновением вальгусной или варусной деформации 1 пальца, а так же сохранить силу сгибания 1 пальца стопы. Интраоперационно при необходимости выполнялся рентгенологический контроль с помощью электронно-оптического преобразователя, для ориентира и оценки корректности выполнения процедуры (рис.7). По окончании процедуры дренаж в сустав не устанавливали, а кожу в местах применения артроскопических входов ушивали нерассасывающимися нитями из монофиламента 3-0.



Рис. 5. Дорсо-медиальный портал сформирован. Под контролем артроскопа, макитом расширяется пространство для медиального портала.

Послеоперационная реабилитация

Со вторых послеоперационных суток начинали пассивные упражнения на восстановление движений (ROM) для большого пальца стопы в направлении тыльного и подошвенного сгибания, активные упражнения, направленные на возобновление движений в голеностопном суставе и улучшение кровообращения.

На вторые послеоперационные сутки больных вертикализовали. Пациенты ходили в послеоперационной разгрузочной обуви 6 недель с целью формирования полноценного рубца в зоне выполнения операции. Упражнения на укрепление мышц и восстановление амплитуды движений в смежных суставах были начаты на вторые сутки после операции. Снятия швов проводилось на 12-14-е сутки после операции. С шестой послеоперационной недели пациенты постепенно начали ходить в обычной обуви. Беговые упражнения были начаты на 12-й послеоперационной неделе, к обычным занятиям спортом и танцами приступили на 16-й послеоперационной неделе.

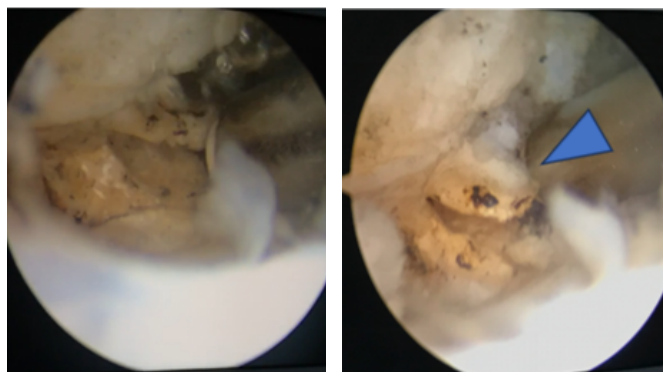


Рис.6. Артроскопическая резекция. Стрелкой указан внутрисуставной фрагмент сесамовидной кости.



Рис.7. Удаление внутрисуставных фрагментов и большей части сесамовидной части. Интраоперационный контроль с помощью электронно-оптического преобразователя.

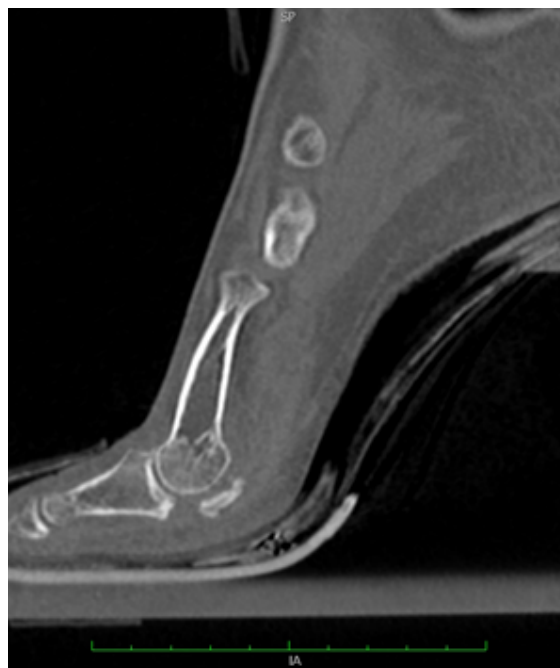


Рис.8. Сохранение периферических отделов и волокон сухожилия короткого сгибателя 1 пальца стопы. На МСКТ видно формирование пространства между сесамовидной костью и головкой первой плюсневой кости, которое не уменьшается при нагрузке, что связано с образованием фиброза, выполняющего функцию хряща в условиях сниженной функциональной нагрузки.

Послеоперационная оценка

Фиксировались послеоперационные осложнения, формирование вальгусного или варусного отклонения 1 пальца, амплитуда движений в 1 плюснефаланговом суставе. Оценивали уровень активности, количество дней, необходимых для ежедневного возвращения к нормальной жизни, для спортсменов - возможность вернуться к занятиям спортом и уровню послеоперационных спортивных результатов, для танцоров - возможность вернуться к профессиональной деятельности. По данным МСКТ оценивали отсутствие контакта между поврежденной сесамовидной костью и головкой 1 плюсневой кости (рис.8).

До- и послеоперационную боль оценивали по визуальной-аналоговой шкале от нуля (нет боли) до 10 (интенсивная боль). Показатели результатов оценивались с использованием клинической рейтинговой шкалы Американского общества ортопедов стопы и голеностопного сустава (AOFAS). Эта шкала включает три показателя: боль – один вопрос, максимально 40 баллов, функция – 7 вопросов, максимально 50 баллов, выравнивание оси – один вопрос, максимально 10 баллов. Максимальное общее число баллов – 100. Более высокой балл соответствует лучшему состоянию стопы.

Кроме того, пациентов просили оценить уровень их удовлетворенности процедурой по 5-балльной шкале: 1 – очень

неудовлетворен, 2 – неудовлетворен, 3 – скорее удовлетворен, 4 – удовлетворен, 5 – очень доволен. В процессе наблюдения пациентов обследовали клинически и рентгенологически.

Результаты

Предоперационные и послеоперационные результаты пациентов с патологией ПСК, после парциальной резекции сесамовидной кости артроскопическим методом, представлены в таблице 3. Согласно послеоперационной оценке, произведенной в конце периода наблюдения, показатели ВАШ улучшились в сравнении с дооперационным уровнем с $6,1 \pm 1,1$ (диапазон: 5–8) до $0,9 \pm 0,9$ (диапазон: 0–3). Показатели опросника AOFAS до операции в среднем составляли $54,3 \pm 7,2$ (диапазон: 44–66) и улучшились до $90,8 \pm 7,7$ (диапазон: 78–100) после операции. Средняя продолжительность возвращения привычной физической активности составила $13,8 \pm 6,0$ недель (диапазон: 6–26 недель). Все 8 спортсменов вернулись к активным занятиям спортом в среднем через $5,8 \pm 2,8$ месяца (диапазон: 2–10 месяцев). Однако два пациента этой группы к концу периода наблюдения не достигли спортивных результатов до травмы. Трое из че-

тырех танцоров вернулись к профессиональной деятельности полностью, один пациент с диагностированным остеоартрозом плюсна-сесамовидного сустава к концу периода наблюдения лишь частично восстановил свои профессиональные навыки.

У восьми из 16 пациентов (50%) отмечались в раннем послеоперационном периоде осложнения: остаточный дискомфорт в области сесамовидной кости (4 пациента), боль в области послеоперационной раны (2 пациента), отек (2 пациента), онемение пальца (1 пациент), боль по подошвенной поверхности стопы (1 пациент), боль при тыльном сгибании большого пальца стопы (1 пациент). У некоторых пациентов наблюдалось несколько жалоб одновременно. Однако эти жалобы были временны и не отмечались к концу периода наблюдения, за исключением боли в подошве у одного пациента. 9 (56%) пациентов были очень довольны проведенной процедурой, еще 6 (38%) – удовлетворены, и только 1 (6%) пациент не доволен.

Пациенты с диагностированным остеоартрозом плюсна-сесамовидного сустава имели заметно худшие средние показатели: ВАШ – $1,8 \pm 0,8$, AOFAS – $82 \pm 3,2$, возвращение к привычной физической активности – $21 \pm 3,2$ недель.

Таблица 3

Пред- и послеоперационные результаты пациентов, перенесших парциальную резекцию сесамовидной кости артроскопическим методом

№ п/п	Возраст	Физическая активность	Диагноз	ВАШ до операции	ВАШ после операции	AOFAS до операции	AOFAS после операции	Likert	RTA (недели)	RTS (месяцы)	Осложнения
1	24	Атлет	SD	5	0	66	100	5	6	2	Нет
2	22	Атлет	FN	5	0	58	100	5	10	4	Нет
3	25	Атлет	SD/ACD	6	1	52	92	4	14	6	Нет
4	30	Атлет	FN	5	0	64	98	5	8	3	Нет
5	28	Атлет	FN	5	0	62	100	5	10	5	Нет
6	27	Атлет	FN/AVN	6	1	48	94	4	16	10	онемение, остаточный дискомфорт в сесамовидной кости
7	32	Атлет	FN/AVN	7	2	52	88	4	15	9	остаточный дискомфорт в сесамовидной кости
8	26	Атлет	SD/ACD	7	1	62	86	5	11	7	остаточный дискомфорт в сесамовидной кости
9	24	Танцор	SD/ACD	6	1	48	88	4	12	-	swelling

Продолжение Таблицы 3

10	34	Танцор	FN	5	0	62	100	5	7	-	Нет
11	32	Танцор	FN	5	0	56	100	5	7	-	Нет
12	25	Танцор	OA	6	1	46	82	5	20	-	Нет
13	38	Бывший спортсмен	OA	7	2	52	84	4	18	-	Боль в ране
14	48	Бывший спортсмен	OA/HV	8	3	44	78	3	26	-	боль в подошве, боль при тыльном сгибании большого пальца стопы, отек
15	42	Бывший спортсмен	OA/HV	8	2	46	80	4	22	-	Боль в ране
16	44	Бывший спортсмен	OA	7	1	50	86	5	19	-	остаточный дискомфорт в сесамовидной кости
Среднее	31,3±15,8			6,1±1,1	0,9±0,9	54,3±7,2	90,8±7,7		13,8±6,0	5,8±2,8	

Примечания. Представлены предоперационные показатели, полученные за неделю до операции. Послеоперационные показатели получены в конце периода наблюдения. SD – вывих сесамовидных костей; ACD – повреждение суставного хряща; FN – не сросшийся перелом; AVN – аваскулярный некроз; OA – остеоартрит; HV – вальгусная деформация первых пальцев стопы; VAS – визуально-аналоговая шкала; AOFAS – American Orthopaedic Foot & Ankle Society; RTA – возвращение активности; RTS – возвращение к спорту.

Обсуждение

Настоящее исследование показало, что лечение травм и повреждений плюсне-сесамовидного комплекса методом артроскопической парциальной резекции сесамовидной кости 1-го плюснефалангового сустава эффективно и безопасно. В то же время данный метод, в настоящее время, не стал массовым, и сообщений о лечении повреждений сесамовидных костей артроскопическим методом немного, к тому же они ограничены представлением отдельных клинических случаев. Несмотря на это, преимущества артроскопической сесамоектомии перед открытой операцией позволяют рекомендовать этот метод в качестве метода выбора при травмах и повреждениях плюсне-сесамовидного комплекса [17, 25, 26].

Диагностика травм и повреждений плюсне-сесамовидного комплекса требует тщательного сбора анамнеза, детального клинического и рентгенологического обследования, чтобы исключить дифференциальные системные патологии. Важная информация о характере травм и повреждений, необходимая для планирования лечения, может быть получена методом МРТ и КТ.

При диагностировании перелома сесамовидной кости следует учитывать, что у 7–30% населения встречаются многодольчатые сесамовидные кости 1-го плюснефалангового сустава (лат. *bi\multipartita*). В более чем 90% этих случаев это медиальная сесамовидная кость [1, 2]. Чтобы отличить многодольчатые кости от переломов, рекомендуется сделать рентгенографию обеих стоп [27, 28].

В некоторых случаях повреждения и травмы сесамовидных костей 1-го плюснефалангового сустава не выявляются на стандартных рентгенограммах. В этом случае, при клинических признаках повреждения или травмах требуется проведение МСКТ и МРТ [29].

Первой линией в лечении травм и повреждений ПСК 1-го плюснефалангового сустава являются консервативные методы, в частности ограничение активности, ношение обуви на низком каблуке и твердой подошве, ортопедические стельки, противовоспалительные препараты, физиотерапия [15, 16].

В систематическом обзоре литературы по лечению переломов сесамовидных костей 1-го плюснефалангового сустава Robertson G. A. J. и др. [30] отметили, что 86% (19 из 22) пациентов, лечившихся консервативными методами, вернулись к занятиям спортом, однако только 64% из них сохранили тот

же уровень результатов, что и до травмы. С другой стороны, после хирургического лечения вернулись к занятиям спортом 95% пациентов (139 из 146), а 88% из них вернулись на тот же уровень, что и до травмы. В исследовании Bichara D. A. и др. [29], в котором пациентам с переломами сесамовидной кости, которые не ответили на консервативные меры, было проведено хирургическое лечение открытой сесамойдэктомией, в общей сложности 22 из 24 пациентов (91,6%) вернулись к активности в среднем через $11,6 \pm 3,87$ (диапазон от 8 до 24) недель. Поэтому если после шести месяцев консервативного лечения улучшения отсутствуют, рекомендуется хирургическое лечение.

Сесамойдэктомия может быть частичной или полной, выполняться открытым или артроскопическим способом [20, 25, 26].

Подытожив результаты 10 исследований сесамойдэктомии выполненной с открытым доступом, проведенных в период с 1982 по 2017 год, Shimozone Y. и др. [21] сообщили, что 94,4% пациентов (118 из 125 наблюдаемых) вернулись к своей спортивной деятельности. Однако в 22,5% случаев (у 42 из 187 прооперированных больных) наблюдались различные осложнения в течение среднего послеоперационного периода наблюдения ($45,1 \pm 19,3$ мес.). Отмечалось появление вальгусной деформации большого пальца после медиальной сесамойдэктомии, появление варусной деформации большого пальца после латеральной сесамойдэктомии, снижение подвижности в 1-м плюснефаланговом суставе, снижение силы подошвенного сгибания большого пальца и метатарзалгии. При этом повторная операция потребовалась 3% пациентов.

В исследовании Kane J. M., и др. [31], сообщается о схожем количестве осложнений (24%) после открытой сесамойдэктомии. Отмечались сесамойдит, покалывания в первом межплюсневом пространстве, инфицирование и уменьшение объема движений. Однако в послеоперационном наблюдении у всех пациентов наблюдался полный регресс этих осложнений. Описанные осложнения являются следствием изменения биомеханических отношений стопы вследствие ятрогенного повреждения структур при открытой сесамойдэктомии.

В исследовании Bichara D. A. и др. [20] после открытой сесамойдэктомии у одного пациента из 24 прооперированных после резекции медиальной сесамовидной кости развилась симптоматическая вальгусная деформация первого пальца стопы. Mehtar M. и др. [32] отметили у пациентов что после открытой у 12 пациентов клинических нарушений соосности отмечено не было, однако у трех пациентов наблюдалось заметное увеличение промежутка между большим пальцем и вторым пальцем стопы по сравнению с контралатеральной стороной. Ни один из пациентов не испытывал боли, дискомфорта или раздражения, связанных с подошвенным рубцом. У одного пациента в первом межпальцевом промежутке развились симптомы похожие на неврому.

Опыт артроскопической сесамойдэктомии более скромный. В 2006 году Chan и Lui [24] описали случай артроскопической латеральной сесамойдэктомии при лечении остеомиелита сеса-

мовидной кости 1-го плюснефалангового сустава, с хорошими результатами. Vega et al. [35] в 2019 году описали серию случаев сесамойдэктомии артроскопическим методом. За восьмилетний период были прооперированы трое пациентов по поводу остеонекроза медиальной и шесть пациентов - латеральной сесамовидной кости 1-го плюснефалангового сустава. При послеоперационном наблюдении у трех пациентов сохранялась боль в течение как минимум одного года. Несмотря на то, что интенсивность боли была ниже, чем до процедуры, у одного пациента потребовалось повторное хирургическое вмешательство, а у двух других болевой синдром был купирован с помощью ортопедических стелек.

Levaj I. et al. [33] опубликовали 36 случаев артроскопии 1-го плюснефалангового сустава, из которых 5 пациентам была выполнена операция по поводу не сросшегося перелома сесамовидной кости. 4 пациента до травмы сесамовидной кости занимались спортом и один танцами, все не имели травм в анамнезе. Авторы отметили, что пациенты этой группы были очень довольны процедурой, и трое из четырех пациентов, занимавшихся соревновательными видами спорта, полностью восстановились после артроскопии.

Nakajima K [26] описывает 14 случаев парциальной резекции сесамовидной кости артроскопическим методом с июля 2015 по июль 2017 года. Автор сообщает об улучшении среднего балла визуально-аналоговой шкалы и среднего балла Японского общества хирургии стопы. Среднее время возвращения к повседневной деятельности составило 5,3 дня. Среди 5 пациентов, занимавшихся спортом, 3 и 2 пациента возобновили занятия спортом через 3 и 12 месяцев после операции соответственно. Однако, отмечены такие осложнения как боль в ране, дискомфорт в суровую погоду, онемение, боль в подошве, кроме подушечки стопы, боль при тыльном сгибании большого пальца стопы, остаточный дискомфорт в сесамовидной кости, отек, походка на носках, у одного пациента отмечен отек костного мозга головки плюсневой кости. Автор делает вывод, что несмотря на хорошие клинические результаты парциальная резекция сесамовидной кости артроскопическим методом, пациенты должны быть осведомлены о многих потенциальных осложнениях этой процедуры до операции.

В представленной серии случаев получены результаты сопоставимые с результатами опубликованных ранее подобных серий артроскопических операций. Так же как в других исследованиях [25, 26, 35] отмечен высокий процент послеоперационных осложнений, однако эти осложнения в большинстве случаев были купированы к концу периода наблюдения. В то же время при открытых операциях отмечались более тяжелые осложнения, в частности появление вальгусной деформации [21, 31]. Так же как в других исследованиях отмечалось [26, 33] успешное возвращение в спорт пациентов, однако сроки зависели от степени тяжести повреждений сустава. Стоит отметить и сопоставимые показатели удовлетворенности пациентов процедурой с другими исследованиями [33].

На основании полученных в настоящем исследовании данных и обзора литературы можно заключить, что артроскопическая процедура имеет преимущества перед классическим открытым доступом, такие как меньшая продолжительность послеоперационной боли и реабилитации, более быстрое возвращение к повседневной деятельности и лучший косметический результат. Однако следует подчеркнуть, что артроскопию 1-го плюснефалангового сустава всегда должен выполнять хирург, имеющий большой опыт артроскопической хирургии. Такая операция требует тщательного предоперационного планирования, исключительно хорошее знание региональной анатомии, чтобы уменьшить возможные осложнения и иметь возможность при необходимости перейти на открытую процедуру с артроскопической.

Заключение.

Представленная серия случаев демонстрирует хорошие результаты после парциальной резекции сесамовидной кости артроскопическим методом при патологических процессах ПСК.

Согласно послеоперационной оценке, произведенной в конце периода наблюдения, показатели ВАШ и опросника AOFAS, улучшились в сравнении с дооперационным уровнем. Все 8 спортсменов вернулись к активным занятиям спортом, однако два спортсмена с диагностированными аваскулярными некрозами и повреждением суставного хряща к концу периода наблюдения не достигли спортивных результатов до травмы. Трое из четырех танцоров вернулись к профессиональной деятельности полностью, один пациент с диагностированным остеоартрозом плюсне-сесамовидного сустава лишь частично восстановил свои профессиональные навыки. Отмеченные осложнения были купированы к концу периода наблюдения, кроме боли в подошвенной поверхности у одного пациента. 15 пациентов были очень довольны проведенной процедурой, и только 1 пациент к концу периода наблюдения имел жалобы на сохраняющийся болевой синдром.

Вывод: Парциальная резекция сесамовидной кости артроскопическим методом является эффективным и надежным методом лечения патологий ПСК, однако необходимы дальнейшие сравнительные исследования результатов открытых и артроскопических операций.

Список литературы / References:

1. Srinivasan R. The Hallux-Sesamoid Complex: Normal Anatomy, Imaging, and Pathology. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2016 Apr;20(2):224-32. doi: 10.1055/s-0036-1581121
2. Yeung AY, Arbor TC, Garg R. Anatomy, Sesamoid Bones. 2023 Apr 4. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. PMID: 35201699.
3. Coughlin M: Sesamoids and accessory bones of the foot. Mann's Surgery of the Foot and Ankle. Coughlin MJ, Mann RA, Salzman CL (ed): Saunders, Philadelphia; 2014. 9th Edition:492-568.
4. Cohen BE. Hallux sesamoid disorders. *Foot ankle Clin.* 2009; 14:91-104. doi: 10.1016/j.fcl.2008.11.003
5. Boike A, Schnirring-Judge M, McMillin S. Sesamoid disorders of the first metatarsophalangeal joint. *Clin Podiatr Med Surg.* 2011 Apr;28(2):269-85, vii. doi: 10.1016/j.cpm.2011.03.006
6. Garrido, I.M., et al., Osteochondritis of the hallux sesamoid bones. *Foot Ankle Surg.* 2008. 14(4): p. 175-9. doi: 10.1016/j.fas.2008.02.004
7. Tan J, Lau JT. Metatarso-sesamoid osteoarthritis as a cause of pain after first metatarsophalangeal joint fusion: case report. *Foot Ankle Int.* 2011 Aug;32(8):822-5. doi: 10.3113/FAI.2011.0822
8. Ono Y, Yamaguchi S, Sadamasu A, Kimura S, Watanabe S, Akagi R, Sasho T, Ohtori S. The shape of the first metatarsal head and its association with the presence of sesamoid-metatarsal joint osteoarthritis and the pronation angle. *J Orthop Sci.* 2020 Jul;25(4):658-663. doi: 10.1016/j.jos.2019.06.013
9. Munteanu SE, Auhl M, Tan JM, Landorf KB, Elzarka A, Menz HB. Characterisation of first metatarsophalangeal joint osteoarthritis using magnetic resonance imaging. *Clin Rheumatol.* 2021 Dec;40(12):5067-5076. doi: 10.1007/s10067-021-05849-7
10. Kadakia AR, Molloy A. Current concepts review: traumatic disorders of the first metatarsophalangeal joint and sesamoid complex. *Foot Ankle Int.* 2011 Aug;32(8):834-9. doi: 10.3113/FAI.2011.0834
11. Lalevée M, de Carvalho KAM, Barbachan Mansur NS, Kim KC, McGettigan L, Dibbern K, Easley M, de Cesar Netto C. Distribution, prevalence, and impact on the metatarsosesamoid complex of first metatarsal pronation in hallux valgus. *Foot Ankle Surg.* 2023 Aug;29(6):488-496. doi: 10.1016/j.fas.2023.06.003
12. Stein CJ, Sugimoto D, Slick NR, Lanois CJ, Dahlberg BW, Zwicker RL, Micheli LJ. Hallux sesamoid fractures in young athletes. *Phys Sportsmed.* 2019 Nov;47(4):441-447. doi: 10.1080/00913847.2019.1622246
13. Welck MJ, Hayes T, Pastides P, Khan W, Rudge B. Stress fractures of the foot and ankle. *Injury.* 2017 Aug;48(8):1722-1726. doi: 10.1016/j.injury.2015.06.015
14. Atiya S, Quah C, Pillai A. Sesamoiditis of the metatarsophalangeal joint. *OA Orthop* 2013; 1:19.
15. Mauler F, Wanivenhaus F, Böni T, Berli M. Nonsurgical Treatment of Osteomyelitis of the Hallux Sesamoids: A Case Series and Literature Review. *J Foot Ankle Surg.* 2017 May-Jun;56(3):666-669. doi: 10.1053/j.jfas.2017.01.025
16. Mandell JC, Khurana B, Smith SE. Stress fractures of the foot and ankle, part 2: site-specific etiology, imaging, and treatment, and differential diagnosis. *Skeletal Radiol.* 2017 Sep;46(9):1165-1186. doi: 10.1007/s00256-017-2632-7
17. Knežević i., Levaj i., Dimnjaković D., Smoljanović T., Bojanić i. Arthroscopic sesamoidectomy for managing stress fractures of the medial great toe sesamoid in adolescent athletes: two case reports and review of the literature. *Paediatr Croat.* 2019; 63:87-93
18. Pearson JM, Moraes LVM, Paul KD, Peng J, Chinnakkannu K, McKissack HM, Shah A. Is Fibular Sesamoidectomy a Viable Option for Sesamoiditis? A Retrospective Study. *Cureus.* 2019 Jun 19;11(6): e4939. doi: 10.7759/cureus.4939

19. Chan SK, Lui TH. Arthroscopic Sesamoidectomy and Planar Metatarsal Head Bone Shaving in Management of First Metatarsal Head Metatarsalgia After First Metatarsophalangeal Fusion. *Arthrosc Tech.* 2023 Aug 28;12(9): e1631-e1636. doi: 10.1016/j.eats.2023.05.002
20. Bichara DA, Henn RF 3rd, Theodore GH. Sesamoidectomy for hallux sesamoid fractures. *Foot Ankle Int.* 2012 Sep;33(9):704-6. doi: 10.3113/FAI.2012.0704
21. Shimozono Y, Hurley ET, Brown AJ, Kennedy JG. Sesamoidectomy for hallux sesamoid disorders: A systematic review. *Foot Ankle Surg* 2018; 57:1186-1190. doi: 10.1053/j.jfas.2018.03.044
22. Saxena A, Krisdakumtorn T. Return to activity after sesamoidectomy in athletically active individuals. *Foot Ankle Int* 2003;24(5):415-9. doi: 10.1177/107110070302400507
23. Tagoe M, Brown HA, Rees SM. Total sesamoidectomy for painful hallux rigidus: a medium-term outcome study. *Foot Ankle Int.* 2009 Jul;30(7):640-6. doi: 10.3113/FAI.2009.0640
24. Chan PK, Lui TH. Arthroscopic fibular sesamoidectomy in the management of the sesamoid osteomyelitis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14:664-7. doi: 10.1007/s00167-005-0030-5
25. Baofu Wei, Alan Y. Yan, Annunziato Amendola Arthroscopic Techniques and Anatomy of the Foot and Ankle 2022, p. 261-270 doi:10.1007/978-3-031-05190-6
26. Nakajima K. Arthroscopy of the first metatarsophalangeal joint. *J Foot Ankle Surg* 2018; 57:357-363. doi: 10.1053/j.jfas.2017.10.003
27. Salleh, R., A. Beischer, and W.H. Edwards, Disorders of the hallux interphalangeal joint. *Foot Ankle Clin.* 2005. 10(1): p. 129-40. doi: 10.1016/j.fcl.2004.09.001
28. Pillai, A., C. Quah, and S. Atiya, Sesamoiditis of the metatarsophalangeal joint. *OA Orthopaedics*, 2013. 1(2).
29. Menashe, L., et al., The diagnostic performance of MRI in osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*, 2012. 20(1): p. 13-21. doi: 10.1016/j.joca.2011.10.003
30. Robertson GaJ, Goffin JS, Wood aM. Return to sport following stress fractures of the great toe sesamoids: a systematic review. *Br Med Bull.* 2017; 122:135-49. doi: 10.1093/bmb/ldx010
31. Kane JM, Brodsky JW, Daoud Y. Radiographic results and return to activity after sesamoidectomy for fracture. *Foot ankle Int.* 2017; 38:1100-6. doi: 10.1177/1071100717717265
32. Mehtar M, Saragas NP, Ferrao PN. Functional and patient reported outcomes following lateral hallux sesamoidectomy. *Foot (Edinb).* 2020 Jun; 43:101656. doi: 10.1016/j.foot.2019.101656
33. Levaj I, Knežević I, Dimnjaković D, Smoljanović T, Bojanić I. First Metatarsophalangeal Joint Arthroscopy of 36 Consecutive Cases. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2021;88(3):211-216.
34. Allen MA, Casillas MM. The passive axial compression (PAC) test: a new adjunctive provocative maneuver for the clinical diagnosis of hallux sesamoiditis. *Foot Ankle Int.* 2001 Apr;22(4):345-6. doi: 10.1177/107110070102200414. PMID: 11354451.
35. Vega J, Dalmau M. arthroscopic sesamoidectomy. In: Lui TH, ur, arthroscopy and Endoscopy of the Foot and ankle. Singapore: Springer; 2019:341. doi: 10.1053/j.jfas.2021.06.004

Информация об авторах:

Жулу Фань – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), e-mail: tzxhfrl@163.com, ORCID 0009-0006-0975-5962

Алексей Владимирович Лычагин – профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), директор клиники травматологии, ортопедии и патологии суставов, e-mail: Lychagin7543@outlook.com, ORCID: 0000-0002-2202-8149

Дмитрий Сергеевич Бобров – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), email dsbmed@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1190-7498.

Анна Анатольевна Бабкова – доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет). e-mail: babkova_a_a@staff.sechenov.ru. ORCID:0000-0003-4857-8621;

Алёна Александровна Шубкина – врач – травматолог-ортопед отделения медицинской реабилитации УКБ№2 клинического центра ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), e-mail: alenashubkina@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Жулу Фань, e-mail: tzxhfrl@163.com

Information about the authors:

Rulu Fan – postgraduate Doctor of Physician, Department of Traumatology, Orthopedics and Catastrophic Surgery, email: tzxhfrl@163.com

Alexey V. Lychagin – Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Catastrophic Surgery, Director of the Clinic of Traumatology, Orthopedics and Joint Pathology, email: Lychagin7543@outlook.com.

Dmitry S. Bobrov – Ph, Associate Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Catastrophic Surgery, Moscow, Russia 119435, email dsbmed@mail.ru.

Anna A. Babkova – Ph.D., Assistant professor of the Radiology department, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, e-mail: babkova_a_a@staff.sechenov.ru

Alena A. Shubkina – PhD, doctor of trauma I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, e-mail: alenashubkina@gmail.com

Corresponding author – Fan Rulu, Tel: +79256776581, E-mail: tzxhfrl@163.com

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-45-52>

УДК 617.3



© Е.Б.Калинский, А.С. Юрова, А.В. Лычагин, Г.М. Кавалерский, Ю.В. Василевский, А.И. Тягунова, Ф.Б. Логинов, А.А. Грицюк, И.Н. Тарабарко, Р.И. Алиев, М.М. Богданов, М.М. Липина, К.М. Азаркин, А.А. Бабкова, 2024

Оригинальная статья / Original article

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДКОЛЕННИКА В НОРМЕ И ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ МЕДИАЛЬНОЙ ПАТЕЛЛОФЕМОРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ

Е.Б. КАЛИНСКИЙ¹, А.С. ЮРОВА², А.В. ЛЫЧАГИН¹, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ¹, Ю.В. ВАСИЛЕВСКИЙ^{1,2,3}, А.И. ТЯГУНОВА^{1,3}, Ф.Б. ЛОГИНОВ¹, А.А. ГРИЦЮК¹, И.Н. ТАРАБАРКО¹, Р.И. АЛИЕВ¹, М.М. БОГДАНОВ¹, М.М. ЛИПИНА¹, К.М. АЗАРКИН¹, А.А. БАБКОВА¹

¹ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

² ФГБУН Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук, г. Москва, 119333, Россия

³ Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Научно-технологический университет «Сирiuс», г. Сочи, 354340, Россия

Аннотация

Цель исследования: Разработать биомеханическую модель коленного сустава с детальным представлением пателлофemorального сегмента, учитывающую нормальную анатомию костей, суставов, связок и мышц, а также изучить движение надколенника при пассивном сгибании колена.

Материалы и методы: Архитектура модели была создана с использованием платформы OpenSim. В модель включены пателлофemorальный сустав с 6 степенями свободы, стабилизаторы надколенника – медиальная пателлофemorальная связка (MPFL), медиальная пателлотибальная связка (MPTL), латеральный ретинакулум (LR) и контактные поверхности надколенника. Для создания контактных поверхностей использовались Gmsh и Paraview. Моделирование пассивного сгибания коленного сустава с последовательным исключением стабилизаторов надколенника проводилось для оценки их влияния на движение надколенника.

Результаты: Разработанная биомеханическая модель позволяет детально анализировать нормальную динамику надколенника и роль различных анатомических структур в его функционировании, что делает её пригодной для дальнейших исследований. Эксперимент с участием всех связок показывает физиологическую норму. Отключение MPTL минимально влияет на наклон и перемещение надколенника, что связано с её небольшим размером. Деактивация MPFL приводит к увеличению латерального наклона и смещения надколенника. Деактивация компонентов LR 1 и 2 вызывает больший медиальный наклон и смещение, а деактивация компонентов 3 и 4 LR приводит к увеличенному латеральному смещению и небольшому дополнительному медиальному наклону.

Заключение: результаты показывают, что все связки важны для нормального движения надколенника, подчеркивая важность стабилизирующих структур для поддержания его стабильности при сгибании колена.

Ключевые слова: ортопедия; биомеханическая модель; модель коленного сустава; надколенниково-бедренный сустав; кинематика надколенника.

Финансирование: Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант №. 21-71-30023

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

Для цитирования: Калинский Е.Б., Юрова А.С., Лычагин А.В., Кавалерский Г.М., Василевский Ю.В., Тягунова А.И., Логинов Ф.Б., Грицюк А.А., Тарабарко И.Н., Алиев Р.И., Богданов М.М., Липина М.М., Азаркин К.М., Бабкова А.А., БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДКОЛЕННИКА В НОРМЕ И ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ МЕДИАЛЬНОЙ ПАТЕЛЛОФЕМОРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 2(56). С. 45–52 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-45-52>

BIOMECHANICAL MODEL OF THE PATELLA IN NORMAL CONDITIONS AND WITH RUPTURE OF THE MEDIAL PATELLOFEMORAL LIGAMENT

EUGENE B. KALINSKY¹, ALEXANDRA S. YUROVA², ALEXEY V. LYCHAGIN¹, GENNADIY M. KAVALERSKY¹, YURI V. VASSILEVSKI^{1,2,3}, ALEXANDRA I. TYAGUNOVA^{1,3}, FEDOR B. LOGINOV¹, ANDREY A. GRITSYUK¹, IVAN N. TARABARKO¹, RUSLAN I. ALIEV¹, MAXIM M. BOGDANOV¹, MARINA M. LIPINA¹, KIRILL M. AZARKIN¹, ANNA A. BABKOVA¹

¹Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)., Moscow, 119048, Russia

²Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119333, Russia

³Sirius University, Sochi, 354340, Russia

Abstract

The aim of the study is to develop a biomechanical model of the knee joint with a detailed representation of the patellofemoral segment, taking into account the normal anatomy of bones, joints, ligaments and muscles, and to study the movement of the patella during passive knee flexion. Materials and Methods: The model architecture was created using the OpenSim platform. The model includes a 6-DOF patellofemoral joint, patellar stabilizers—medial patellofemoral ligament (MPFL), medial patellotibial ligament (MPTL), lateral retinaculum (LR), and patellar contact surfaces. Gmsh and Paraview were used to create contact surfaces. Simulations of passive knee flexion with sequential exclusion of patellar stabilizers were performed to evaluate their effect on patellar motion. Results: The developed biomechanical model allows a detailed analysis of the normal dynamics of the patella and the role of various anatomical structures in its functioning, which makes it suitable for further research. An experiment involving all ligaments shows the physiological norm. Disabling the MPTL has minimal effect on patellar tilt and movement due to its small size. Deactivation of the MPFL results in increased lateral tilt and patellar displacement. Deactivation of LR components 1 and 2 causes greater medial tilt and displacement, and deactivation of LR components 3 and 4 results in increased lateral displacement and small additional medial tilt.

Key words: orthopedics; biomechanical model; model of the knee joint; patellofemoral joint; kinematics of the patella.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: The study was supported by the Russian Science Foundation, project no. 21-71-30023

For citation: Kalinsky E.B., Yurova A.S., Lychagin A.V., Kavalersky G.M., Vassilevski Y.V., Tyagunova A.I., Loginov F.B., Gritsyuk A.A., Tarabarko I.N., Aliev R.I., Bogdanov M.M., Lipina M.M., Azarkin K.M., Babkova A.A., BIOMECHANICAL MODEL OF THE PATELLA IN NORMAL CONDITIONS AND WITH RUPTURE OF THE MEDIAL PATELLOFEMORAL LIGAMENT. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024 № 1. pp. 45–52 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-1-45-52>

Введение

В настоящее время внимание ортопедов всего мира обращено на проблему лечения травм и заболеваний связочного аппарата надколенника. Существует великое множество повреждений, способствующих ограничению активности преимущественно молодых людей и формированию у них ранних проявлений остеоартрита. Медиальная патело-фemorальная связка (MPFL) является наиболее важной анатомической структурой, которая обычно повреждается при латеральном вывихе надколенника. Повреждение MPFL происходит с частотой 94-100% после вывиха надколенника [1,2,3]. Типичный механизм травмы, приводящей к вывиху надколенника— это непрямой вид травмы, при которой возникает внутренняя ротация с высокой вальгусной силой, в положении сгибания коленного сустава под 30 градусов.

Поражения MPFL составляют 3% от общего числа травм колена, в подавляющем большинстве случаев такие повреждения встречаются у девушек в возрасте от 10 до 17 лет, вероятно, из-за значительной слабости связок и недостаточно развитыми активными стабилизаторами надколенника по сравнению с мужским полом [4]. Другие предрасполагающие факторы для вывиха надколенника могут включать в себя латеропозицию надколенника, дисплазию блока бедренной кости, высокое стояние надколенника, увеличение угла «Q» (угла квадрицепса), вальгусную деформацию коленного сустава, гипоплазию медиальной головки четырехглавой мышцы бедра, гипермобильность суставов, наружную торсию большеберцовой кости, пронацию подтаранного сустава и увеличение антеверсии бедренной кости [5]. Многочисленные анатомические и био-

механические исследования доказали, что MPFL оказывает сдерживающее действие в диапазоне движений от полного разгибания колена (0°) до контакта надколенника с блоковой бороздой (примерно 30°). [4,6]. Травматические повреждения этой связки могут привести к повторному вывиху в 14–44% случаев, костно-хрящевым поражениям и, в конечном итоге, к раннему остеоартриту [7].

С 1915 г. было предложено около 130 хирургических техник [8,9-10], и до сих пор не существует единого мнения относительно наилучшей методики. В литературе было предложено множество вариантов забора трансплантата: полусухожильной, тонкой, четырехглавой мышцы, собственной связки надколенника, аллотрансплантата или искусственных материалов [11-12], и ни один из них не показал лучших результатов по сравнению с другими. Более того, существуют варианты фиксации на надколеннике и бедре, а также угла сгибания колена во время фиксации. В последние годы аутопластика MPFL стала наиболее часто выполняемым вариантом хирургического вмешательства для восстановления активности пациентов, в том числе профессиональных спортсменов (Рисунок 1). Из-за множества переменных «золотой стандарт» подхода к пациентам с нестабильностью надколенника до сих пор еще не определен. Тем не менее нам известны принципы, которых должен придерживаться хирург-ортопед при выполнении данной манипуляции, среди которых тщательный подбор пациента, предоперационная диагностика и планирование, соблюдение хирургической техники. Идеальный кандидат на аутопластику MPFL должен соответствовать следующим параметрам: морфология блока - нормальная или дисплазия типа А; угол бугристости большеберцовой кости с блоковой бороздой от

0 до 5°; отсутствие чрезмерного увеличения высоты стояния надколенника (индекс Инсалл-Сальвати <1,4); наклон надколенника менее 20° при измерении на аксиальном срезе КТ с использованием мыщелков бедра в качестве контрольной линии. При несоответствии с вышеуказанными параметрами изолированная аутопластика MPFL не рекомендуется, поскольку без разрешения основного заболевания не будет достигнут желаемый результат. В настоящее время, ортопеды придерживаются консенсуса относительно необходимости точной и изометрической реконструкции посредством размещения туннеля бедренной кости [13,14]. Точка Schöttle – это оптимальная точка формирования бедренного туннеля для восстановления изометрии этой связки [15]. Также не стоит забывать, что решающим моментом является сила натяжения трансплантата.

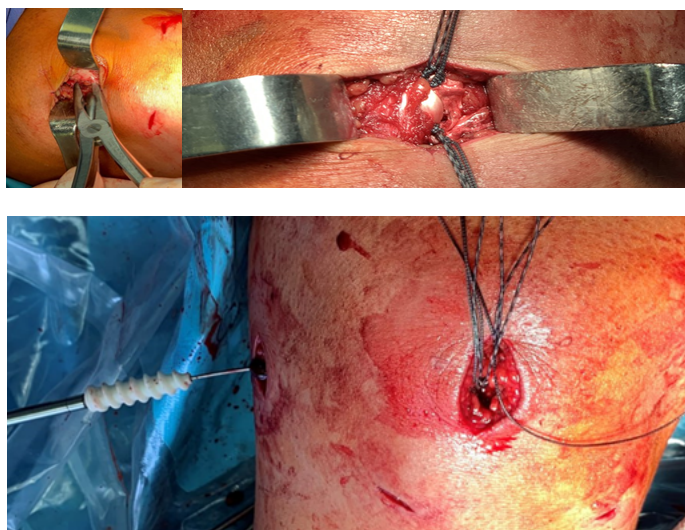


Рисунок 1. Этапы аутопластики MPFL а. Подготовка медиальной

поверхности надколенника для фиксации аутотрансплантата б.

Фиксация аутотрансплантата на медиальной поверхности надколенника

в. Фиксация аутотрансплантата в бедренном тоннеле

Каждая операция имеет свои осложнения и аутопластика MPFL - не исключение. В целом совокупная частота осложнений после реконструкции составляет 26,1%, на что могут влиять возможные неправильно диагностированные предрасполагающие условия и технические ошибки, на долю которых приходится 50% неудач [16]. Таким образом, учитывая отсутствие единого подхода к лечению пациентов с нестабильностью надколенника и высоким уровнем неудовлетворительных результатов, создание инструментов расчета биомеханических параметров надколенника, как важнейшего компонента коленного сустава, представляется чрезвычайно важной и актуальной задачей современной ортопедии. Биомеханические модели коленного сустава могут служить дополнительным инструментом для оценки патологий. На данный момент нет доступных моделей с детальным представлением пателлофemorального сегмента.

Целью данного исследования является создание биомеханической модели коленного сустава с детальным описанием пателлофemorального сегмента, учитывающей нормальную анатомию костей, суставов, связок и мышц, для изучения движения надколенника при пассивном сгибании колена.

Материалы и методы

Существующие биомеханические модели коленного сустава [17-21] часто имеют упрощенную архитектуру пателлофemorального сустава, что не позволяет провести более детальные исследования работы стабилизаторов надколенника. Основные недостатки существующих биомеханических моделей следующие: 1) наличие одной степени свободы у надколенника 2) отсутствие контакта надколенника с бедренной костью 3) пересечение мышцами и связками костей в процессе сгибания колена. В ходе данной работы была построена модель, подходящая для исследования патологий движения надколенника.

Архитектура модели была разработана в сотрудничестве с ортопедами Сеченовского университета. В качестве основы для создания усовершенствованной биомеханической модели коленного сустава была выбрана модель с открытым исходным кодом [22], разработанная на платформе OpenSim [23, 24]. Эта модель включает четыре твердых тела, представляющих кости (таз, бедренная кость, большеберцовая кость, надколенник) и два сустава: тибialнофemorальный сустав (сочленение бедренной кости и большеберцовой кости) и пателлофemorальный сустав (сочленение бедренной кости и надколенника). Тибialнофemorальный сустав обладает шестью степенями свободы, в то время как пателлофemorальный сустав в модели имеет одну степень свободы [22]. Основные изменения, внесенные в модель [22], описаны ниже.

Были добавлены новые возможные направления движения надколенника (Рисунок 2). Изменения положения надколенника при сгибании происходят под воздействием различных сил, включая растяжение и сжатие связок и мышц, контактные взаимодействия между суставными поверхностями.

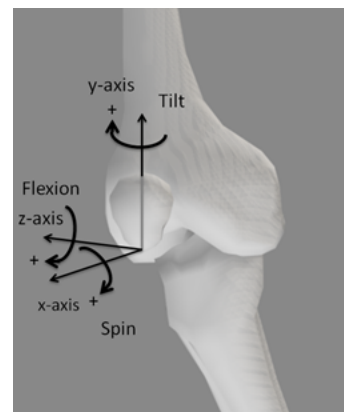


Рисунок 2. Возможные направления движения надколенника.

Модель коленного сустава включает в себя следующие элементы: сухожилие надколенника, латеральную коллатеральную связку, подколенную малоберцовую связку, медиальную коллатеральную связку, заднюю крестообразную связку, переднюю крестообразную связку, косую подколенную связку, медиальную пателлофemorальную связку (MPFL), медиальную пателлотибальную связку (MPTL) и латеральный ретинакулум (LR). Первоначальная модель коленного сустава не включала MPFL, MPTL и LR. Были добавлены стабилизаторы надколенника: MPFL, MPTL и LR.

MPFL находится на медиальной стороне колена и соединяет надколенник с бедренной костью. MPTL также расположена медиально и соединяет надколенник с большеберцовой костью. LR располагается на латеральной стороне колена, соединяя надколенник с бедренной, малоберцовой и большеберцовой костями. Сложная структура ретинакула [25] представлена в модели четырьмя компонентами (рисунок 3). Данные о значениях коэффициентов жесткости и длинах связок MPFL и MPTL в покое можно найти в источниках [26, 27]. Коэффициенты жесткости всех связок LR были установлены таким образом, чтобы обеспечить баланс стабилизаторов при сгибании здорового колена.

Возможные пересечения связок или мышц и костей могут значительно повлиять на результаты моделирования, так как силы в связках и мышцах зависят от их относительного удлинения. Чтобы предотвратить пересечение связок или мышц с костями при сгибании колена, в модель были включены ограничивающие тела. Эти тела представляют собой сферы, эллипсоиды и цилиндры, которые используются для ограничения движения связок и мышц. Если прямая линия, соединяющая точки крепления связки или мышцы, пересекает ограничивающее тело, новое положение связки на поверхности тела рассчитывается одним из алгоритмов OpenSim.

В данном исследовании были добавлены ограничивающие тела для связок MPFL, MPTL и LR (рисунок 3). Эти тела были реализованы в виде эллипсоидов, аппроксимирующих поверхность мышечков бедренной и большеберцовой костей. Форма и положение эллипсоидов настраивались вручную с помощью графического интерфейса OpenSim. На рисунке 3 показаны примеры двух эллипсоидов: верхний эллипсоид на рисунке 3 аппроксимирует латеральный мышечлок бедренной кости и служит ограничивающим телом для трех компонентов латерального ретинакула, а нижний эллипсоид на рисунке 3 представляет собой ограничивающее тело для четвертого компонента латерального ретинакула, предотвращая его пересечение с большеберцовой костью.

Сетки костных структур, использованные в модели [22], были заимствованы из разных источников, поэтому соотношение размеров надколенника и бедренной кости является анатомически некорректным. Для получения реалистичных размеров надколенника относительно бедренной кости, поверхностная сетка надколенника [22] была отмасштабирована.

Масштабирующий коэффициент 0,65 был применен по каждой из осей. Отмасштабированная сетка надколенника использовалась для построения контактной поверхности, форма которой напрямую влияет на взаимодействие между надколенником и бедренной костью.

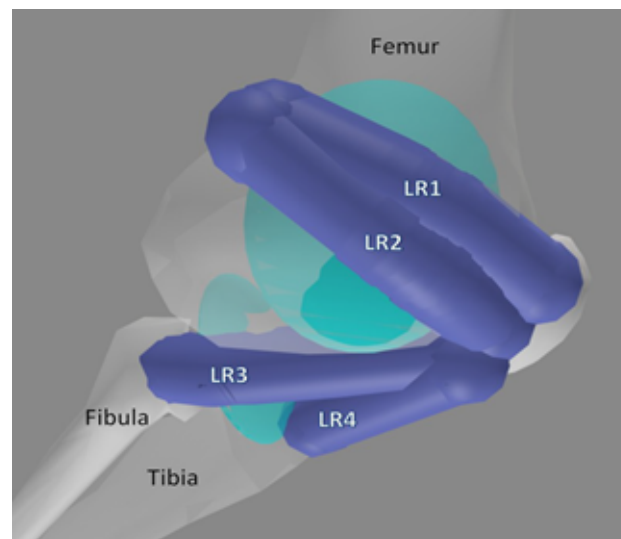


Рисунок 3. Ограничивающие эллипсоиды для компонентов латерального ретинакула в биомеханической модели.

Для возможности оценки нагрузки на различные участки хрящевой ткани на внутренней поверхности надколенника при помощи биомеханической модели было выделено 7 областей (фасеток):

1. Медиальная фасетка надколенника разделена на три части: верхнюю, среднюю и нижнюю.
2. Латеральная фасетка надколенника также разделена на три части: верхнюю, среднюю и нижнюю.
3. Центральная фасетка надколенника (центральный продольный гребень).

Поверхностные сетки для фасеток были построены на основе поверхностной сетки надколенника при помощи инструментов Paraview [28] и Gmsh [29] (рисунок 4).

Сгенерированные сетки для фасеток надколенника (рисунок 5а) были включены в биомеханическую модель OpenSim в качестве контактных поверхностей (рисунок 5б). В модели присутствовали контактные поверхности медиальной и латеральной частей трохлеарной борозды, контактирующие с надколенником во время сгибания колена [22].

Результаты

Представленная выше архитектура модели содержит все функциональные элементы для исследования пателлофemorального сустава. Для анализа траектории движения надколенника, распределения нагрузки на его поверхность и функционирования

стабилизаторов было проведено моделирование пассивного сгибания коленного сустава с использованием инструмента OpenSim Forward Dynamics.

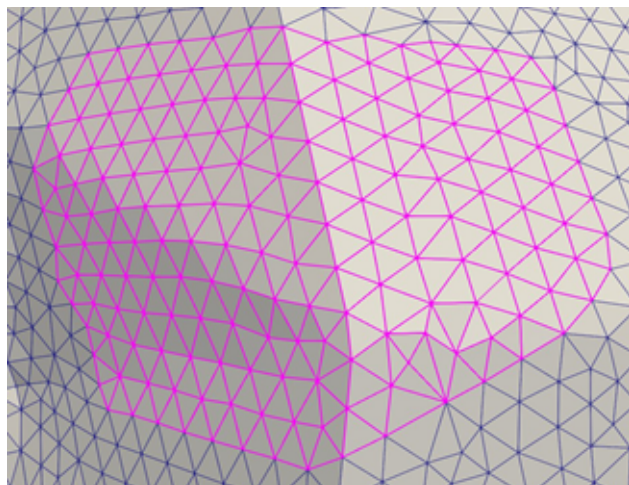


Рисунок 4. Треугольники фасетки надколенника, выделенные на поверхностной сетке надколенника при помощи программы Paraview.

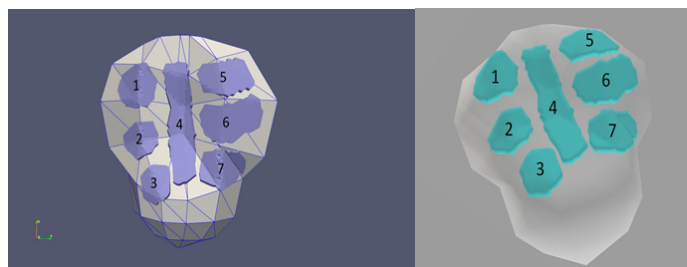


Рисунок 5. а. Вид поверхностных сеток фасеток надколенника в программе 6. Фасетки надколенника в биомеханической модели.

Были проведены следующие эксперименты:

- включены все связки;
- MPFL отключена;

Результаты экспериментов для сгибания колена на угол 30 градусов приведены на рисунках 6 и 7. На рисунке 7 продемонстрирован график, показывающий значительное латеральное смещение надколенника при угле сгибания 30 градусов. Данный результат соответствует вывиху надколенника при повреждении/разрыве MPFL.

Заключение

Разработана биомеханическая модель для исследования движений надколенника. Было проведено моделирование пассивного сгибания колена при деактивации стабилизатора MPFL. В современной литературе на данный момент отсутствуют исследования по моделированию различных патологических состояний работы капсульно-связочного аппарата коленного сустава. Результаты проведенного эксперимента

на биомеханической модели коленного сустава показали совпадение движения надколенника с клиническим опытом при повреждении MPFL. [4,6] Отмечено избыточное латеральное отклонение надколенника в позиции 30-ти градусного сгибания коленного сустава, вплоть до подвывиха и вывиха.

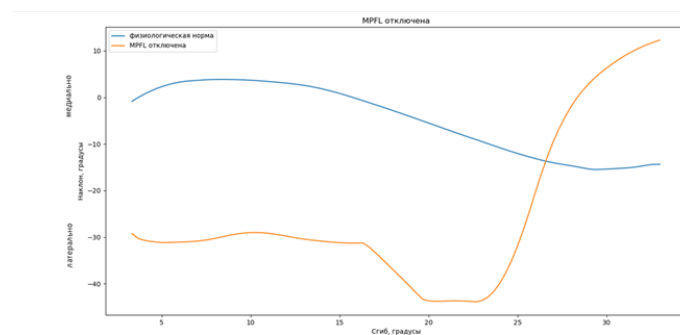


Рисунок 6. Латерально-медиальный наклон надколенника (в градусах) во время сгибания колена (в градусах) при отключении стабилизаторов надколенника.

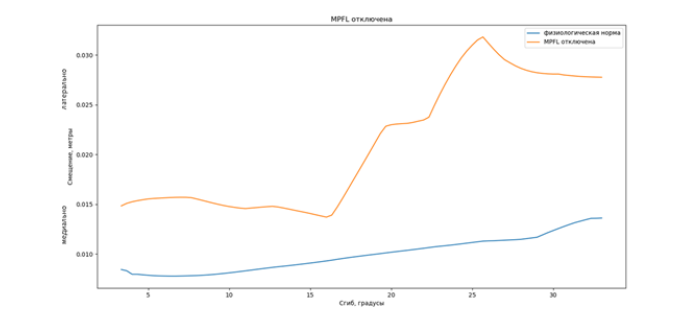


Рисунок 7. Латерально-медиальное смещение надколенника (в метрах) во время сгибания колена (в градусах) при отключении стабилизаторов надколенника.

Представленная биомеханическая модель позволяет детально проанализировать нормальную динамику надколенника и роль различных анатомических структур в его функционировании. Кроме того, с помощью серии экспериментов были продемонстрированы биомеханические изменения, возникающие при повреждении MPFL.

Модель доступна для бесплатного скачивания по адресу <https://simtk.org/projects/kneepatfemjoint>.

Список литературы / References:

1. Duthon VB. Acute traumatic patellar dislocation. Orthop Traumatol Surg Res. 2015 Feb;101 <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.12.0012>.
- Nomura E, Inoue M, Osada N. Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment. Knee Surg

Sports Traumatol Arthrosc. 2005 Oct;13(7):510–5 <https://doi.org/10.1007/s00167-004-0607-4>

3. Hendawi T, Godshaw B, Flowers C, Stephens I, Haber L, Waldron S. Autograft vs Allograft Comparison in Pediatric Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Ochsner J*. 2019 Summer;19(2):96–101 <https://doi.org/10.31486/toj.18.0081>

4. Rosinski A, Chakrabarti M, Gwosdz J, McGahan PJ, Chen JL. Double-Bundle Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction With Allograft. *Arthrosc Tech*. 2019 May;8(5):e513–e520 <https://doi.org/10.1016/j.eats.2019.01.011>

5. Sillanpaa PJ. First-time patellar dislocation: surgery or conservative treatment? *Sport Med Arthrosc*. 2012;20(3): 128–135 <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e318256bbe5>

6. Sanchis-Alfonso V. How to Deal With Chronic Patellar In- stability: What Does the Literature Tell Us?. *Sports Health*. 2016 Jan-Feb;8(1):86–90 <https://doi.org/10.1177/1941738115604156>

7. Schöttle PB, Fucentese SF, Romero J. Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament re- construction with a semitendinosus autograft for patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2005 Oct;13(7):516–21 <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0659-0>

8. Howells NR, Barnett AJ, Ahearn N, Ansari A, Eldridge JD. Medial patellofemoral ligament reconstruction: a prospective outcome assessment of a large single centre series. *J Bone Joint Surg Br*. 2012 Sep;94(9):1202–8 <https://doi.org/10.1302/0301-620X.94B9.28738>

9. Buckens CF, Saris DB. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for treatment of patellofemoral instability: a systematic review. *Am J Sports Med*. 2010 Jan;38(1):181–8 <https://doi.org/10.1177/0363546509353132>

10. Jibri Z, Jamieson P, Rakhra KS, Sampaio ML, Dervin G. Patellar maltracking: an update on the diagnosis and treatment strategies. *Insights Imaging*. 2019 Jun 14;10(1):65. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0755-1>

11. Enderlein D, Nielsen T, Christiansen SE, Faunø P, Lind M. Clinical outcome after reconstruction of the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014 Oct;22(10):2458–64 <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3164-5>

12. Schöttle PB, Hensler D, Imhoff AB (2010) Anatomical double bundle MPFL reconstruction with an aperture fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18:147–151 <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0868-z>

13. Wang CH, Ma LF, Zhou JW, Ji G, Wang HY, Wang F, Wang J. Double-bundle anatomical versus single-bundle isometric medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar dislocation. *Int Orthop*. 2013 Apr;37(4):617–24 <https://doi.org/10.1007/s00264-013-1788-6>

14. Fujino K, Tajima G, Yan J, Kamei Y, Maruyama M, Takeda S, Kikuchi S, Shimamura T. Morphology of the femoral insertion site of the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Apr;23(4):998–1003 <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2797-0>

15. Schöttle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A. Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2007 May;35(5):801–4 <https://doi.org/10.1177/0363546506296415>

16. Shah JN, Howard JS, Flanigan DC, Brophy RH, Carey JL, Lattermann C. A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament re- construction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med*. 2012 Aug;40(8):1916–23 <https://doi.org/10.1177/0363546512442330>

17. Rajagopal A., Dembia C.L., DeMers M.S., et al. Full-body musculoskeletal model for muscle-driven simulation of human gait. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2016 Oct; 63(10): 2068–2079. <https://doi.org/10.1109/TBME.2016.2586891>. Epub 2016 Jul 7. PMID: 27392337; PMCID: PMC5507211

18. Bedo B.L.S, Catelli D.S., Lamontagne M., Santiago P.R.P. A custom musculoskeletal model for estimation of medial and lateral tibiofemoral contact forces during tasks with high knee and hip flexions. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2020 Aug; 23(10): 658–663. <https://doi.org/10.1080/10255842.2020.1757662>. Epub 2020 May 12. PMID: 32393120

19. Saxby D.J., Modenese L., Bryant A.L., et al. Tibiofemoral contact forces during walking, running and sidestepping. *Gait Posture*. 2016 Sep; 49: 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.06.014>. Epub 2016 Jun 21. PMID: 27391249

20. Lee M.R., Hicks J.L., Wren T.A.L., Delp S.L. Independently ambulatory children with spina bifida experience near-typical knee and ankle joint moments and forces during walking. *Gait Posture*. 2023 Jan; 99: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.10.010>. Epub 2022 Oct 18. PMID: 36283301; PMCID: PMC9772073

21. Adouni M., Alkhatib F., Gouissem A., Faisal T.R. Knee joint biomechanics and cartilage damage prediction during landing: A hybrid MD-FE-musculoskeletal modeling. *PLoS One*. 2023 Aug 3; 18(8): e0287479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287479>. PMID: 37535559; PMCID: PMC10399834

22. Schmitz A., Piovesan D. Development of an open-source, discrete element knee model. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2016 Oct; 63(10): 2056–2067. <https://doi.org/10.1109/TBME.2016.2585926>. Epub 2016 Jun 28. PMID: 27362757

23. Seth A., Hicks J.L., Uchida T.K., et al. OpenSim: Simulating musculoskeletal dynamics and neuromuscular control to study human and animal movement. *PLoS Comput Biol*. 2018 Jul 26; 14(7): e1006223. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006223>. PMID: 30048444; PMCID: PMC6061994

24. Delp S.L., Anderson F.C., Arnold A.S., et al. OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2007 Nov; 54(11): 1940–1950. <https://doi.org/10.1109/TBME.2007.901024>. PMID: 18018689

25. Hayden D.J., Doshi C., Parikh S.N. Lateral patellar retinaculum Z-lengthening. *Arthrosc Tech*. 2021 Jun 28; 10(7): e1883–e1887. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2021.04.010>. PMID: 34336590; PMCID: PMC8322702

26. Frodl A., Lange T., Siegel M., et al. Individual influence of trochlear dysplasia on patellofemoral kinematics after isolated MPFL reconstruction. *J Pers Med*. 2022 Dec 12; 12(12): 2049. <https://doi.org/10.3390/jpm12122049>. PMID: 36556269; PMCID: PMC9786691

27. Abbaszadeh A., Saeedi M., Hoveidaei A.H., et al. Combined medial patellofemoral ligament and medial patellotibial ligament reconstruction in recurrent patellar instability: A systematic review and meta-analysis. *World*

J Clin Cases. 2023 Jul 6; 11(19): 4625-4634. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v11.i19.4625>. PMID: 37469731; PMCID: PMC10353511

28. Ahrens J., Geveci B., Law C. 36 - ParaView: An end-user tool for large data visualization. Editors: Charles D. Hansen, Chris R. Johnson. The visualization handbook. Butterworth-Heinemann, 2005, 717-731. ISBN 9780123875822. <https://doi.org/10.1016/B978-012387582-2/50038-1>

29. Geuzaine C., Remacle J.-F. Gmsh: A 3-D finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities. Int. J. Numer. Meth. Engng., 2009; 79: 1309-1331. <https://doi.org/10.1002/nme.2579>

Информация об авторах:

Калинский Евгений Борисович – доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия ORCID: 0000-0002-8103-5613 e-mail kalinskiy_e_b@staff.sechenov.ru

Юрова Александра Сергеевна – канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник ФГБН Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4288-9069> e-mail alexandra.yurova@gmail.com

Лычагин Алексей Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. ORCID: 0000-0002-2202-8149 E-mail: lychagin_a_v@staff.sechenov.ru

Кавалерский Геннадий Михайлович – доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: gkavalerskiy@mail.ru

Василевский Юрий Викторович – доктор физ.-мат. наук, заместитель директора по науке ФГБН Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук; зав. кафедрой высшей математики, механики и математического моделирования ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4718-1377> yuri.vassilevski@gmail.com

Тягунова Александра Игоревна – магистрант ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет); Научно-технологический университет «Сириус» ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6921-6423> alexa.tyagunova@gmail.com

Логинев Федор Борисович – магистрант ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет). ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3901-750X> loginov.f@mail.ru

Грицюк Андрей Анатольевич – доктор мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Первого МГМУ им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет). ORCID: 0000-0003-4202-4468 e-mail: drgamma@gmail.com.

Тарабарко Иван Николаевич – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия.

Алиев Руслан Исаевич – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия.

Богданов Максим Михайлович – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия.

Липина Марина Михайловна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: lipina_m_m@staff.sechenov.ru; ORCID: 0000-0003-1240-4064.

Азаркин Кирилл Михайлович – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: wilopt@mail.ru; ORCID: 0009-0005-4882-3553.

Анна Анатольевна Бабкова – доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет). e-mail: babkova_a_a@staff.sechenov.ru. ORCID: 0000-0003-4857-8621

Автор, ответственный за переписку: Азаркин Кирилл Михайлович, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: wilopt@mail.ru ORCID: 0009-0005-4882-3553.

Information about the authors:

Eugene B. Kalinsky – MD, PhD, Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991 Moscow, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-8103-5613 e-mail kalinskiy_e_b@staff.sechenov.ru

Alexandra S. Yurova – PhD, researcher, Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4288-9069>

Alexey V. Lychagin – Doctor of Medical Sciences, 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; ORCID: 0000-0002-2202-8149.

Gennadiy M. Kavalersky – Doctor of Medical Sciences, 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: gkavalerskiy@mail.ru

Yuri V. Vassilevski – Dr. of Sci. (Mathematics), Deputy Director for science, Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Acad-

emy of Sciences; Head of Mathematics, Mechanics and Mathematical Modelling Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4718-1377>

Alexandra I. Tyagunova – student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Sirius University.ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6921-6423>

Fedor B. Loginov – student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3901-750X>

Andrey A. Gritsyuk – MD, PhD, Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991 Moscow, Russian Federation ORCID: 0000-0003-4202-4468 e-mail: drgaamma@gmail.com.

Ivan N. Tarabarko – assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, First Moscow State Medical University named after. I.M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia.

Ruslan I. Aliev – assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, First Moscow State Medical University named after. I.M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia.

Maxim M. Bogdanov – assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, First Moscow State Medical University named after. I.M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia.

Marina M. Lipina – PhD, assistant professor at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia.ORCID: 0000-0003-1240-4064 E-mail: lipina_m_m@staff.sechenov.ru;

Kirill M. Azarkin – postgraduate student at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia.E-mail: wilopt@mail.ru; ORCID: 0009-0005-4882-3553.

Anna A. Babkova – Ph.D., Assistant professor of the Radiology department, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University , e-mail: babkova_a_a@staff.sechenov.ru

Corresponding author: Kirill M. Azarkin, postgraduate student at Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: wilopt@mail.ru; ORCID: 0009-0005-4882-3553.

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-53-62>

УДК 617-089.844

© Мурылев В.Ю., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Музыченков А.В., Алексеев С.С., Яковлев К.Г., Жучков А.Г., Ватников Ю.А., Бобров Д.С. 2024

Оригинальная статья / Original article



АНАЛИЗ БИОСОВМЕСТИМОСТИ СПЛАВА Тi6Al4V ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ «IN VIVO»

В.Ю. МУРЫЛЕВ^{1,2}, Г.А. КУКОВЕНКО^{1,2}, П.М. ЕЛИЗАРОВ^{1,2}, А.В. МУЗЫЧЕНКОВ^{1,2}, С.С. АЛЕКСЕЕВ², К.Г. ЯКОВЛЕВ², А.Г. ЖУЧКОВ², Ю.А. ВАТНИКОВ³, Д.С. БОБРОВ¹

¹ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия

² ГБУЗ Городская клиническая больница им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы 2-й Боткинский пр-д, д. 5, 125284, Москва, Россия

³ ФГАОУ ВО "Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы" ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198 г. Москва Россия

Обоснование: С ростом количества первичного эндопротезирования неуклонно растет и потребность в ревизионном эндопротезировании суставов, что в свою очередь требует новых подходов таких как 3D печать и материалов для их реализации. Одним из основных направлений 3D-печати медицинских имплантатов из биосовместимых материалов на сегодняшний день является титановый сплав Ti6Al4V.

Цели исследований. Оценить степень остеоинтеграции титанового сплава Ti6Al4V в зависимости от структурной пористости в исследовании in vivo.

Методы: нами был применен граф пористой структуры на основе Ti6Al4V, необходимо изучить биологические характеристики, включая клеточную адгезию, клеточную морфологию, клеточную пролиферацию и остеоинтеграцию, что мы оценили в эксперименте in vivo. Образцы были выполнены в виде цилиндров габаритами Ø 4 мм и высотой 8 мм в нескольких экземплярах и различной ширины ячейки пористой структуры. Ширина ячейки пористой структуры входит в четыре различных диапазона значений от 0,3 до 0,59 мм: группа 1 - 0,3-0,39 мм; группа 2 - 0,4-0,45 мм; группа 3 - 0,46-0,49; группа 4 - 0,5-0,59. Толщина балок, образующих пористую структуру во всех образцах одинаковая и составляет 0,45-0,5 мм. Так было сформировано четыре группы. В эксперимент было введено 10 клинически здоровых животных которым было установлены графы на срок до 30 суток.

Результаты: на основании проведенного экспериментального исследования in vivo нами доказано, что образцы титанового сплава Ti6Al4V с пористостью 0,4-0,49 мм обеспечивают лучшее прорастание костной ткани.

Заключение: Полученный результат можно связать с корреляцией размеров костных пор с пористостью графов, тем не менее это требует дальнейшего изучения вопроса и проведения следующих исследований. Полученные результаты могут быть использованы для восполнения костных дефектов при персонализированном эндопротезировании 3D компонентами и позволяют рассчитывать на долгий срок службы.

Ключевые слова: Тотальное эндопротезирование, Костная ткань, Тестирование материалов, Биосовместимость

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

Финансирование. Исследование выполнено в рамках гранта 2212-1/22-2НИР от «29» апреля 2022 г. «Применение 3D-технологий в реконструктивных операциях при обширных костных дефектах в травматологии и ортопедии»

Для цитирования: Мурылев В.Ю., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Музыченков А.В., Алексеев С.С., Яковлев К.Г., Жучков А.Г., Ватников Ю.А., Бобров Д.С., АНАЛИЗ БИОСОВМЕСТИМОСТИ СПЛАВА Тi6Al4V ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ «IN VIVO». *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 2(56). С. 53–62 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-53-62>

Этическая экспертиза. Исследование выполнено в соответствии с планом исследования, этическими принципами гуманного обращения с животными, регламентировано действующим законодательством РФ и нормативными документами

BIOCOMPATIBILITY ANALYSIS OF Ti6Al4V ALLOY FOR RECONSTRUCTION OF BONE DEFECTS "IN VIVO"

V.YU. MURYLEV^{1,2}, G.A. KUKOVENKO^{1,2}, P.M. ELIZAROV^{1,2}, A.V. MUZYCHENKOV^{1,2}, S.S. ALEKSEEV², K.G. YAKOVLEV², A.G. ZHUCHKOV², YU.A. VATNIKOV³

¹ FGAOU IN the First Moscow State University I.M. Sechenov Medical University (Sechenov University) Ministry of Health of the Russian Federation, 8 Trubetskaya str., building 2, 119991, Moscow, Russia

² GBUZ S.P. Botkin City Clinical Hospital of the Moscow Department of Health 2nd Botkinsky Ave., 5, 125284, Moscow, Russia

³ Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Miklukho-Maklay str., 6, 117198 Moscow, Russia

Abstract

Introduction: With the increase in the number of primary arthroplasty, the need for revision joint arthroplasty is steadily growing, which in turn requires new approaches such as 3D printing and materials for their implementation. One of the main areas of 3D printing of medical implants from biocompatible materials today is titanium alloy Ti6Al4V.

Objectives: To evaluate the degree of osseointegration of titanium alloy Ti6Al4V depending on structural porosity in an in vivo study.

Methods: We used a graph of a porous structure based on Ti6Al4V to study biological characteristics. These included cell adhesion, cell morphology, and cell proliferation, as well as osseointegration. We evaluated these in an in vivo experiment by creating samples in the form of cylinders with a diameter of 4 mm and a height of 8 mm, in several copies with different cell widths. The cell width of the porous structure was included in four different ranges: 0.3-0.39 mm, 0.4-0.45 mm, 0.46-0.49, and 0.5-0.59. All samples had a beam thickness of 0.45-0.5 mm, so four groups were formed. Ten clinically healthy animals were used in the experiment, and the graphs were observed for up to 30 days.

Results: Based on an in vivo experimental study, we have proven that Ti6Al4V titanium alloy samples with a porosity of 0.4–0.49 mm provide better bone tissue regeneration.

Conclusion: The obtained results can be associated with the correlation between bone pore sizes and graph porosity. However, this requires further research into the issue and subsequent studies. The findings obtained can be utilized to fill bone defects during personalized endoprosthetics using 3D components, allowing for a long-lasting service life.

Key words: Total Arthroplasty, Bone Tissue, Materials Testing, Biocompatible

Conflict of interests: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Funding: The study was carried out within the framework of grant 2212-1/22-2NIR dated April 29, 2022. "Application of 3D technologies in reconstructive surgery for extensive bone defects in traumatology and orthopedics"

For citation: Murylev V.Y., Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Muzichenkov A.V., Alekseev S.S., Yakovlev K.G., Zhuchkov A.G., Vatnikov Y.A., Bobrov D.S., BIOCOMPATIBILITY ANALYSIS OF Ti6Al4V ALLOY FOR RECONSTRUCTION OF BONE DEFECTS "IN VIVO". *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 2. pp. 53–62 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-53-62>

Ethical expertise: The study was carried out in accordance with the research plan, the ethical principles of humane treatment of animals, and is regulated by the current legislation of the Russian Federation and regulatory documents.

Введение

Количество операций по эндопротезированию крупных суставов у пациентов возрастает, как во всем мире, так и в России. С ростом количества первичного эндопротезирования неуклонно растет и потребность в ревизионном эндопротезировании суставов, которая требует персонализированного подхода в связи некомпенсируемым стандартными имплантами возникшего костного дефекта. Вместе с этим, в травматологии и ортопедии получило широкое распространение применения индивидуальных имплантатов, изготовленных для пациентов на основании их антропометрических данных, полученных на основании данных КТ и/или МРТ пациентов, при обширных костных дефектах при первичном и ревизионном эндопротезировании. Одним из основных направлений 3D-печати медицинских имплантатов из биосовместимых материалов на сегодняшний день является титановый сплав Ti6Al4V. [1,3]

Наиболее распространенными методами 3D-печати, используемыми для изготовления титановых сплавов, являются селективное лазерное плавление (SM), селективное лазерное спекание, электронно-лучевое плавление. В многочисленных исследованиях использовались каркасы из пористого титана с

различными механическими свойствами, такими как проницаемость, усталость и модульность, которые были тщательно изучены. [2,4]

Тем не менее, лишь в нескольких исследованиях [2,3,4,6] изучалось влияние материала на костную ткань in vivo, а также способность к интеграции кости у реципиента. В этой связи, следует отметить, что кость представляет собой ткань, которая обладает способностью заживать и регенерировать, тем не менее иногда костный дефект требует реконструктивно-восстановительной процедуры. [6,7,8]

Для успешной реконструкции кости необходимы остеопродукция, остеиндукция, остеокондукция, механическая стимуляция, и васкуляризация. Так же, препараты, влияющие на костный метаболизм, могут играть важную роль в вращении кости. [12,14] Аутогенная губчатая кость является в настоящее время золотым стандартом лечения потери костной массы по ряду причин, включая остеогенные, остеокондуктивные и остеиндуктивные свойства аутоотрансплантата. Однако у использования аутологичной кости есть серьезные недостатки, такие как ограниченная доступность и изменчивое качество, увеличение времени операции и кровотечения, хроническая боль в донорской области и дополнительные затраты. [20,14,16]

Из-за этих ограничений растущая потребность в реконструкции кости сопровождается ростом интереса к дисциплине костных заменителей и тканевой инженерии. [25,29,7]

Клиническая практика, показывает, что в идеале биоматериалы для тканевой инженерии должны соответствовать нескольким требованиям: поверхность должна допускать адгезию клеток, способствовать росту клеток позволяя сохранить дифференцированные клеточные функции; и сам материал и его побочные продукты распада должны быть биосовместимыми, не вызывающим иммунный ответ не провоцирующие воспаление или интоксикацию *in vivo*. В конечном счете идеальный материал должен быть биоразлагаемым, что безусловно не подходит для металлических биоматериалов. В свою очередь пористость должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить достаточное пространство для клеточной адгезии, регенерации внеклеточного матрикса и минимальных диффузионных ограничений во время культивирования, а структура пор должна обеспечивать равномерное пространственное распределение клеток по каркасу для облегчения образования гомогенной ткани.

Таким образом, подбор параметров пористой структуры имплантатов позволит обеспечить дополнительную фиксацию протезов посредством остеоинтеграции, что улучшит показатели выживаемости имплантатов и снизит количество ревизионных операций.

Важный аспект в создание каркаса конструкции включает в себя точный контроль размера пор, их распределения и взаимосвязанность. Тем не менее, стабильные физико-химические свойства делают титановые сплавы трудными для создания пористых структур. Традиционные методы изготовления, (уточнить названия) позволяют регулировать всего несколько параметров, таких как пористость и размер пор. Развитие технологии 3D-печати значительно улучшило контроль над архитектурой конструкции.

Соответственно внутренняя и внешняя форма продуктов 3D-печати может быть ближе к модели компьютерного проектирования, гарантируя, что характеристики пор каркаса будут соответствовать требованиям формирования кости.

Разработка методики имплантации нового поколения биосовместимых стандартных и персонифицированных материалов для имплантатов, обеспечивающих высокую специфичность действия для реконструкции костных дефектов в травматологии и ортопедии, и изучение биосовместимости [18,27,28] позволит внести значительный вклад в здравоохранение и повышение качества жизни граждан. Ожидается, что предлагаемая технология увеличит шансы проведения успешных операций за счет уменьшения послеоперационного воспаления, осложнений и ревизионных оперативных вмешательств.

Цели исследований. Оценить степень остеоинтеграции титанового сплава Ti6Al4V в зависимости от структурной пористости в исследовании *in vivo*.

Материалы и методы

В данной работе нами был применен граф пористой структуры на основе Ti6Al4V. Нам было необходимо изучить биологические характеристики, включая клеточную адгезию, клеточную морфологию, клеточную пролиферацию и остеоинтеграцию, что мы оценили в эксперименте *in vivo*. В рамках поиска параметров пористых структур были разработаны несколько видов ячеек различной ширины. Основой пористой структуры был выбран граф в виде правильного додекаэдра. Правильный додекаэдр один из пяти возможных правильных многогранников. Додекаэдр составлен из двенадцати правильных пятиугольников, являющихся его гранями. Каждая вершина додекаэдра является вершиной трёх правильных пятиугольников. Таким образом, додекаэдр имеет 12 граней (пятиугольных), 30 рёбер и 20 вершин (в каждой сходятся 3 ребра). Образцы были выполнены в виде цилиндров габаритами Ø 4 мм и высотой 8 мм в нескольких экземплярах и различной ширины ячейки пористой структуры. Ширина ячейки пористой структуры входит в четыре различных диапазона значений от 0,3 до 0,59 мм: группа 1- 0,3-0,39 мм; группа 2- 0,4-0,45мм; группа 3 – 0,46-0,49; группа 4-0,5-0,59. Толщина балок, образующих пористую структуру во всех образцах одинаковая и составляет 0,45-0,5 мм. Таким образом было сформировано четыре группы. [28]

Таблица 1

Параметры и количество исследуемых образцов

Номер группы образцов	Параметры ячейки, мм
1	0,3-0,39
2	0,4-0,45
3	0,46-0,49
4	0,5-0,59

При обращении с обследуемыми животными соблюдались «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных» (Приказ Министерства высшего и среднего специального образования СССР № 742 от 13.11.1984 г.) а также «Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях».

Для проведения клинической части эксперимента использовали лабораторных кроликов, самцов, возраст – 6 месяцев и более, массой от 3.3 кг. Все животные предварительно содержались на карантине (21 день). Количество животных, используемых в исследовании, является минимально возможным с точки зрения регуляторных требований при сохранении достоверности получаемых результатов и гуманного отношения к животным.

Содержание- стандартное клеточное, кормление сено, комбикорм для кроликов, вода в свободном доступе. Животные

клинически обследованы, проведен общий клинический и биохимический анализы крови. В качестве ингаляции, для борьбы с оппортунистической микрофлорой верхних дыхательных путей, на время карантина, назначен марбофлоксацин (5 мг/кг в стерильном растворе 0.9% раствора NaCl 5 -7).

В день проведения экспериментальной операции стандартно проводили клинический осмотр животного. Во время нахождения животных, в отрезке времени клинического эксперимента – ежедневный клинический осмотр, после вывода животных из эксперимента проведено вскрытие с фото документацией и отправкой материала на морфологическое исследование.

Итого в эксперимент было введено 10 клинически здоровых животных.

Каждое животное было промаркировано. В процессе эксперимента имплантаты устанавливались в обе большеберцовые кости конечности экспериментальных животных.

Распределение животных по группам осуществлялось методом случайных чисел с использованием массы тела в качестве ведущего признака. В рамках отобранных 10 био-моделей получилось соответственно 20 тазовых конечностей для установки импланта. Каждому образцу в область бугристости большеберцовой кости был внедрен цилиндр одного из типов пористости. После подготовки оперативного поля в асептических условиях осуществлялся хирургический доступ к бугристости большеберцовой кости. С помощью костного сверла подготавливалось костное ложе для установки импланта, далее имплант импактировался в подготовленное ложе. Рана послойно ушивалась наглухо, обрабатывалась растворами антисептиков.

После выполнения оперативного пособия за био-моделями осуществлялось наблюдение в течение 30 суток. Проводились перевязки и динамическое наблюдение за течением раневого процесса. Ни одна из био-моделей не вышла из исследования. После чего согласно протоколу исследования на 30 сутки осуществляли взятие образцов костной ткани.

Для гистологического исследования большеберцовую кость после удаления мягких тканей фиксировали в 10 % растворе формалина на фосфатном буфере не менее 1 суток (1, 3). Последующую декальцинацию костей проводили раствором на основе ЭДТА, что минимизирует влияние раствора на структуры тканей. Декальцинацию прекращали при размягчении кости (1,3). Далее кости обезжизняли в этаноле возрастающей концентрации, просветляли в ксилоле и заключали в пластифицированный парафин по следующей схеме (1,3): - этанол 50 %, этанол 70 %, этанол 80 %, этанол 90 %. Длительность нахождения костного фрагмента в растворе каждой концентрации не менее 2 часов. Завершающим этапом было погружение костных фрагментов в этанол 96 % концентрации-этанол 96 % в смеси с бензолом 1:1 -этанол 96 % в смеси с бензолом 1:1 –бензол – бензол в смеси с парафином 1:1 – и дальнейшая парафинизация разогретым парафином в течение 2 часов. Далее проходило окрашивание костного препарата гематоксилином и эозином. Процесс

окрашивания включал следующие шаги: Депарафинизация и целлоидинг. Пропитывание гематоксилином. Промывка и сушка. Окрашивание эозином. Далее с помощью микроскопа Nikon Coolscope II на всех увеличениях проводилась оценка препарата.

Результаты исследования. В рамках проведенного эксперимента *in vivo* было получена статистически достоверная разница в качестве остеointegrации в зависимости от степени пористости. Основываясь на полученных данных результатов гистологического исследования мы можем сделать выводы, что образцы с пористостью 0,4-0,49 мм (т.е. вторая и третья группы) обеспечивают лучшее прорастание костной ткани, чем образцы с пористостью 0,3-0,39 и 0,5-0,59 мм.

Исследование гистопрепаратов **1 группы** продемонстрировало снижение интенсивности полнокровия сосудов, образование фиброзной ткани в зоне дефекта, в ряде случаев увеличилось количество васкуляризированных участков с вращением сосудов в кортикальное вещество и образование новых слоев костной ткани. Наблюдаются признаки компактизации кости и начала формирования остеонов. вследствие снижения васкуляризации, в условиях пониженного кровоснабжения происходит замещение мезенхимальных клеток в хондробласты, с последующим формированием хрящевой ткани, вместо трабекулярной.

Во всех случаях в **Группе №2** гистологически наблюдалось выраженное полнокровие сосудов, усиленная васкуляризация кости за счет развивающейся сети капилляров, местами с вращением сосудов в кортикальное вещество кости. По периферии материала густая ретикулофиброзная ткань с фокусами образования грануляционной ткани. Определяются очаги молодой хрящевой ткани, дифференциация клеток, выявлена локальная лимфогистиоцитарная инфильтрация.

Высокая васкуляризация очага формирования костного дефекта с участками активно образующихся костных матриц-сов, остеокитами и кровеносными сосудами наблюдались в **Группе №3** Большое количество трабекул новообразованной костной ткани. Лейкоцитарной инфильтрации, как и других признаков воспалительной реакции не выявлено. Пролиферирующие остеогенные клетки дифференцируются в остеобласты, формирующие новые костные трабекулы, грубоволокнистая кость первичной мозоли замещается пластинчатой костью. Остеогенные клетки при наличии хорошего кровоснабжения дифференцируются в остеобласты, формирующие трабекулы.

В гистологических препаратах **Группы №4** в области надкостницы наблюдается преобладание волокнистых структур. Зона полостного дефекта (импланта) окружена новообразованными трабекулами, наблюдается небольшое количество остеокитов, сохраняются очаги лейкоцитарной инфильтрации и грануляционной ткани. Новообразованный костный массив (3.1), с характерным пластинчатым строением, формирование трабекулярной кости.

Через 30 суток после прекращения исследования участки диафиза во всех случаях имели костномозговую полость и компактизирующуюся корковую пластинку. Костномозговая полость была заполнена преимущественно жировым костным мозгом с очагами кроветворения и немногочисленными небольшими по площади костными трабекулами, локализуемыми преимущественно в срединной части регенерата.

Видимое вращение кости наблюдалось не только внутри пористых каркасов, но и на границе между костью и

пористыми каркасами в каждой группе. Балки каркасов были окружены костью, между новой костью и балками отмечались крошечные зазоры. Вокруг балок наблюдалось большое количество клеток костной выстилки, что свидетельствовало об уже активированной регенерации кости. В некоторых областях также наблюдалось наличие хрящеподобной ткани. Балки пористых графов были окружены новой костью.

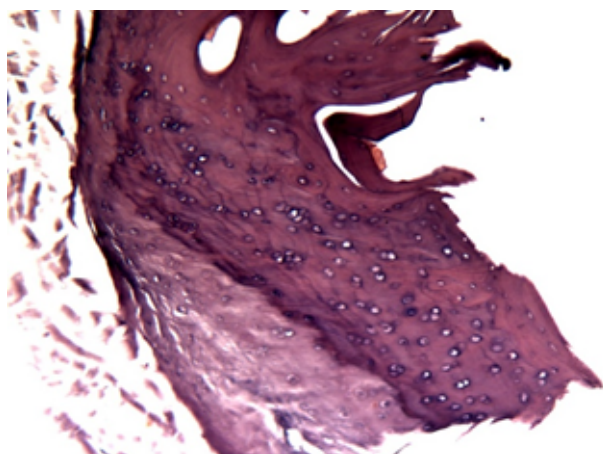


Рис.1 (кр. 1 пр л) Образец группы №1

На образце представлены трабекулы вновь образованной ретикулофиброзной костной ткани, формировавшие костный регенерат, остеоциты в лакунах окр. Г.-э.х100

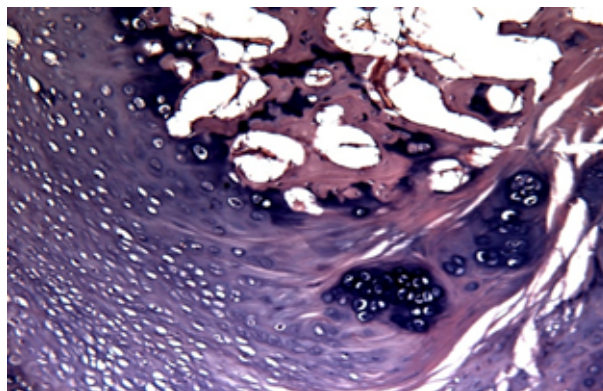


Рис.2 (кр 2 лев л) образец группы 1

На рисунке 2 представлена вновь образованная ретикулофиброзная костная ткань в периферической зоне дефекта, обилие остеоцитов и сосуды, образующиеся в новой ткани окр. Г.-э.х100

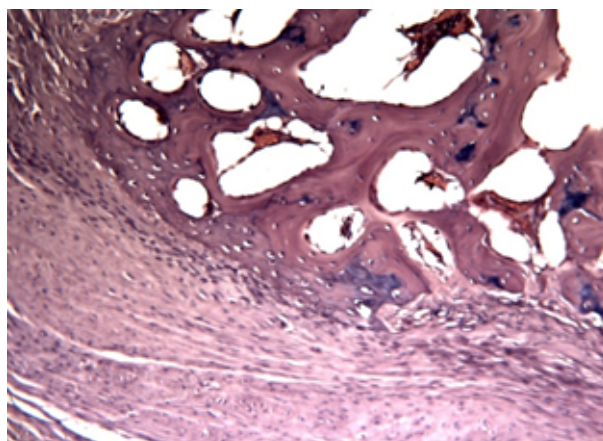


Рис 3 (кр 3 лев л) Образец группы 2

Представленное на срезе обилие остеоцитов, кровеносных сосудов и фрагментов незрелой кости, свидетельствует о ранних стадиях заживления (рис 3) окр. Г.-э.х100

Дефекты хорошо заживают благодаря новообразованной сплетенной кости, богатой клеточной активностью (остеоид), на наличие собственной коллагеновой сетки по всей ткани

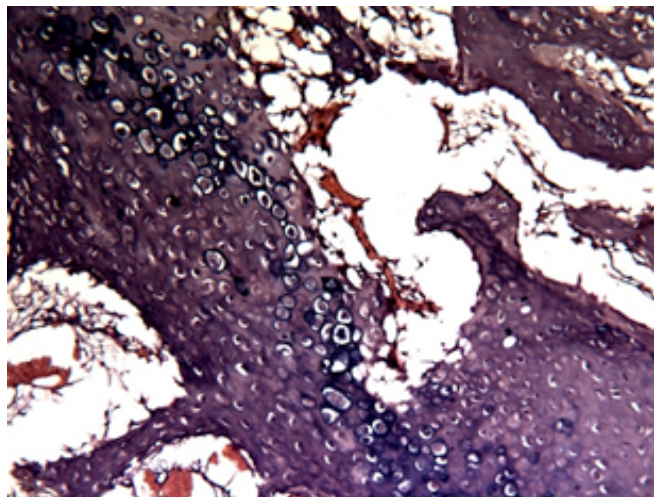


Рис 4. Образец группы 2

Представленное на рисунке 4 обилие остеоцитов, кровеносных сосудов и фрагментов незрелой кости, свидетельствует о ранних стадиях заживления костной ткани окр. Г.-э.х100

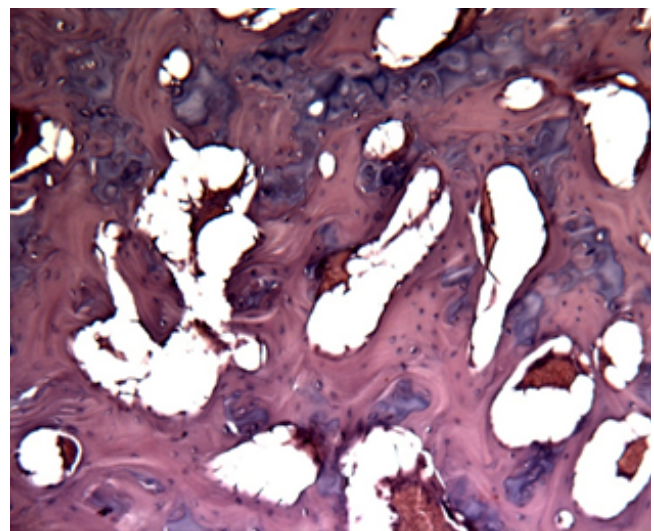


Рис.5 (кр 5 пр л) Образец группы 3

На рисунке 5 обилие вновь образованных трабекул и остеоцитов, кровеносных сосудов и фрагментов незрелой кости, свидетельствует о на ранних стадиях заживления окр. Г.-э.х100. Дефекты хорошо заживают благодаря новообразованной сплетенной кости, богатой клеточной активностью (остеоид), коллагеновую сетку по всему ткани.

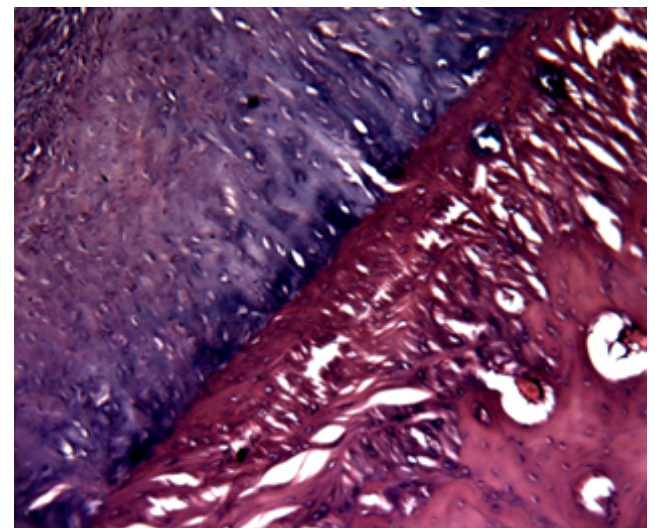


Рис. 6. (кр 9 лев л) Образец группы 3

На образце (рис 6) отмечается пролиферация хрящевых колонок, формирование кровеносных сосудов, Участок активной регенерации надкостницы в зоне формирования костного дефекта (имплантации) окр. Г.-э.х100

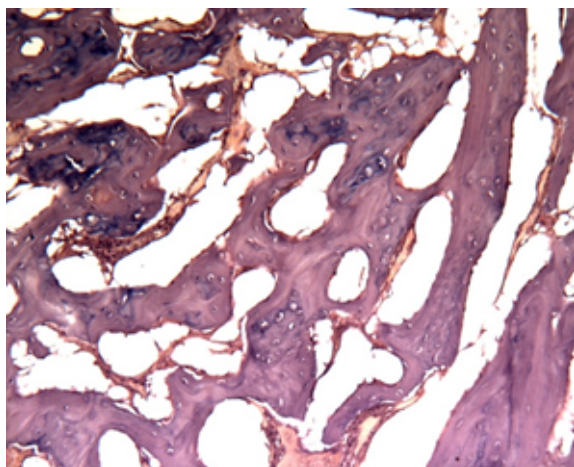


Рис.7. (кр 5 лев л) образец группы 4

Отмечается обилие балок новообразованной костной ткани с активными остеобластами на поверхности, отложениями остеоида (рис 7.) окр. Г.-э.х100

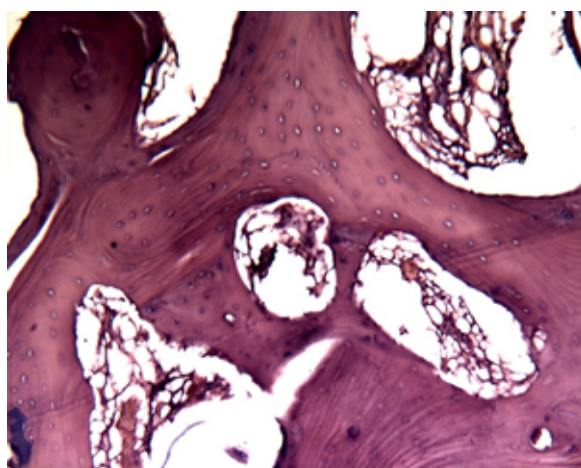


Рис.8 (кр 10 лев л)

Образец группы 4

В ряде образцов группы 4 выявлена высокая активность остеобластов на поверхности новообразованной кости с переходом на остеопластический материал (см рис. 8) окр. Г.-э.х100

Обсуждение

Остеоинтеграция является одним из важнейших критериев при выборе типа материала в ортопедии. В рамках нашего исследования были получены убедительные данные подтверждающие выдающиеся характеристики вставания как в целом при использовании Ti6Al4V. Тем не менее задача исследования было выполнена получены достоверные данные о лучшем качестве вставания групп 2 и 3. Регенерация кости представляет собой сложный, хорошо организованный физиологический процесс, на который могут влиять многие потенциальные факторы, включая остеогенную активность графов, секрецию биоактивных молекул и механические параметры [24, 25].

Биологическая и механическая среда *in vivo* является очень сложной. Поэтому мы имплантировали недавно разработанные графы кроликам в бутристорость голени, а для оценки остеоинтеграции применяли визуализацию и гистологическую оценку. Наши результаты показывают интеграцию костных каркасов тест систем, хотя на гистологических срезах было несколько щелей между каркасами и новой костью что ярче всего отмечалось в группе 1 и 4

Тем не менее необходимо отметить, что имплантация на 30 суток является относительно короткой чтобы демонстрировать различия между группами, в то время как более продленная имплантация может нейтрализовать отклонения. Что безусловно можно отнести к дефектам нашего исследования.

Дальнейшее более всеобъемлющее и более продолжительное исследование с целью оптимизации конструкции графов безусловно необходимо.

По нашему мнению, остеоинтеграционная активность данных пористых каркасов является результатом взаимодействия внутренней биоактивности, адаптируемых механических свойств и пористой стереоскопической пространственной структуры.

Особенностями реакции костной ткани на пористые имплантаты является: быстрое ремоделирование гематомы и воспаления вокруг имплантата; образование и рост костной ткани одновременно во многих порах в виде отдельных ядер, которые постепенно разрастаются, заполняя поры и соединяющие их каналы и образуя высокопрочное соединение «имплантат – костная ткань». Что обеспечивает довольно успешное применение подобных имплантатов в реконструктивной ортопедии. Созданные и исследованные имплантаты

позволят легко создать необходимые конструкции благодаря 3d-технологиям что обеспечат высокие остеокондуктивные качества имплантата и его биологическую инертность по отношению к окружающим тканям.

Костная репарация характеризуется прогрессирующей пролиферацией и дифференцировкой клеточных элементов, вырабатывающих органическую основу костного регенерата. При оптимальных условиях образуется остеонидная ткань, при менее благоприятных - хондронидная, которая впоследствии замещается костной. По мере развития и обызвествления костной ткани происходит резорбция хондронидных и фибробластических структур. Во всех группах между вновь образованной костной тканью и фрагментами имплантированных материалов, локализованными у краев костного дефекта, наблюдался контакт без формирования прослойки из кровоснабжаемой реактивно измененной волокнистой соединительной ткани. Хрящевая мозоль подвергается васкуляризации, ремоделированию и замещению грубоволокнистой губчатой костью, данный процесс наиболее выражен у животных в исследуемых группах №3, №2 и менее выражен в гр.№1, наименьшая васкуляризация, активность остеоцитов и формирование трабекул наблюдалось у животных из четвертой опытной группы.

Вывод. На основании проведенного экспериментального исследования *in vivo* нами доказано, что образцы титанового сплава Ti6Al4V с пористостью 0,4–0,49 мм обеспечивают лучшее прорастание костной ткани. Вероятнее всего подобный результат можно объяснить корреляцией с размерами костных пор с пористостью подготовленных графов, однако подобное заявление требует дальнейшего изучения вопроса проведения следующих исследований. В перспективе полученные результаты могут быть использованы для восполнения костных дефектов при персонифицированном эндопротезировании 3D компонентами и рассчитывать на долгий срок их службы.

Список литературы:

1. Fu J, Xiang Y, Ni M, Qu X, Zhou Y, Hao L, Zhang G, Chen J. In Vivo Reconstruction of the Acetabular Bone Defect by the Individualized Three-Dimensional Printed Porous Augment in a Swine Model. *Biomed Res Int*. 2020 Nov 30;2020:4542302. doi: 10.1155/2020/4542302. PMID: 33335923; PMCID: PMC7723487.
2. New biomaterials for bone regeneration Fabrizio Matassi1 Lorenzo Nistri2 Diana Chicon Paetz2 Massimo Innocenti2 *Clin Cases Miner Bone Metab*. 2011 Jan-Apr; 8(1): 21–24. PMCID: PMC3230919 PMID: 22461799
3. Vu, N., Truong, N., Dang, L. et al. In vitro and in vivo biocompatibility of Ti-6Al-4V titanium alloy and UHMWPE polymer for total hip replacement. *Biomed Res Ther* 3, 14 (2016). <https://doi.org/10.7603/s40730-016-0014-8>
4. Т.И. Власова, Е.В. Арсентьева, Г.Д. Худайберенова, Д.И. Полякова СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСТНЫХ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ УСИЛЕНИЯ ИХ ОСТЕОГЕННОСТИ КЛЕТОЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ [Т.И. Власова, Е.В. Арсентьева, Г.Д. Худайберенова, Д.И. Полякова СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСТНЫХ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ УСИЛЕНИЯ ИХ ОСТЕОГЕННОСТИ КЛЕТОЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ]
5. Li L, Shi J, Zhang K, Yang L, Yu F, Zhu L, Liang H, Wang X, Jiang Q. Early osteointegration evaluation of porous Ti6Al4V scaffolds designed based on triply periodic minimal surface models. *J Orthop Translat*. 2019 Apr 6;19:94-105. doi: 10.1016/j.jot.2019.03.003. PMID: 31844617; PMCID: PMC6896722.
6. Lei P, Qian H, Zhang T, Lei T, Hu Y, Chen C, Zhou K. Porous tantalum structure integrated on Ti6Al4V base by Laser Powder Bed Fusion for enhanced bony-ingrowth implants: In vitro and in vivo validation. *Bioact Mater*. 2021 Jun 16;7:3-13. doi: 10.1016/j.bioactmat.2021.05.025. PMID: 34430760; PMCID: PMC8367833.
7. Новые технологии в хирургии позвоночника с использованием пористых имплантатов с памятью формы Н. Г. Фомичев, В. Э. Гюнтер, Н. В. Корнилов [и др.]. Томск : СТТ, 2002. 130 с. ISBN 5-93629-121-9. [Novye tekhnologii v khirurgii pozvonochnika s ispol'zovaniem poristyykh implantatov s pamyat'yu formy / N. G. Fomichev, V. E. Gyunter, N. V. Kornilov [i dr.]. Tomsk : STT, 2002. 130 s. ISBN 5-93629-121-9]
8. Ирьянов, Ю. М. Замещение дефекта кости в условиях чрескостного остеосинтеза и применения имплантата из никелида титана Ю. М. Ирьянов, Т. Ю. Ирьянова *Морфология*. 2012;142(4):83-86 [Ir'yanov, Yu. M. Zameshchenie defekta kosti v usloviyakh chreskostnogo osteosinteza i primeneniya implantata iz nikelida titana /Yu. M. Ir'yanov, T. Yu. Ir'yanova *Morfologiya*. 2012;142(4):83-86]
9. Исследование особенностей интеграции различных биоматериалов в мягких и костной тканях организма А. В. Чернов, Ю. М. Ирьянов, С. А. Радченко [и др.] *Гений ортопедии*. 2012;1: 97-101. [Issledovanie osobennostei integratsii razlichnykh biomaterialov v myagkikh i kostnoi tkanyakh organizma A. V. Chernov, Yu. M. Ir'yanov, S. A. Radchenko [i dr.] *Genii ortopedii*. 2012;1: 97-101]
10. Тактика хирургического лечения травматических повреждений средней зоны лица на основе применения имплантатов из сетчатого никелида титана Ю. А. Медведев, С. В. Шамаева, Л. С. Шамаева [и др.] *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2013; 1(51):78–79. [Taktika khirurgicheskogo lecheniya travmaticheskikh povrezhdenii srednei zony litsa na osnove primeneniya implantatov iz setchatogo nikelida titana Yu. A. Medvedev, S. V. Shamanaev, L. S. Shamanaeva [i dr.] *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal*. 2013; 1(51):78–79]
11. Медицинский нитинол: друг или враг? Еще раз о биосовместимости никелида титана С. А. Муслов, О. А. Шумилина *Фундаментальные исследования*. 2007;10: 87-89. [Meditsinskii nitinol: drug ili vrage? Eshche raz o biosovmestimosti nikelida titana S. A. Muslov, O. A. Shumilina *Fundamental'nye issledovaniya*. 2007;10: 87-89]
12. Никелид титана. Медицинский материал нового поколения В. Э. Гюнтер, В. Н. Ходоренко, Ю. Ф. Ясенчук [и др.]. Томск : ООО «Научно-производственное предприятие «МИЦ», 2006:296 ISBN 5-98589-020-1. [Nikelid titana. Meditsinskii material novogo pokoleniya V. E. Gyunter, V. N. Khodorenko, Yu. F. Yashenchuk [i dr.]. Tomsk : ООО «Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie «MITs», 2006:296 ISBN 5-98589-020-1]

13. Применение биологически и механически совместимых имплантатов из нитинола для хирургического лечения повреждений и заболеваний позвоночника и спинного мозга Е. А. Давыдов, А. Ю. Мушкин, И. В. Зуев [и др.] Гений ортопедии. 2010;1:5-11. [Primenenie biologicheskii i mekhanicheskii sovmestimykh implantatov iz nitinola dlya khirurgicheskogo lecheniya povrezhdenii i zabolevanii pozvonochnika i spinного mozga / E. A. Davydov, A. Yu. Mushkin, I. V. Zuev [i dr.] // Genii ortopedii. 2010;1:5-11]
14. Применение нанотехнологически структурированного никелида титана в медицине А. В. Федоров, М. Ю. Коллеров, С. С. Рудаков, П. А. Королев Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2009;2:71-74. [Primenenie nanotekhnologicheskii strukturirovannogo nikelida titana v meditsine A. V. Fedorov, M. Yu. Kollerov, S. S. Rudakov, P. A. Korolev Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova. 2009;2:71-74]
15. Функциональные покрытия для имплантационных материалов С. В. Гнеденков, Ю. П. Шаркеев, С. Л. Синебрюхов [и др.] Тихоокеанский медицинский журнал. – 2012;1(47):12-19. [Funksional'nye pokrytiya dlya implantatsionnykh materialov S. V. Gnedenkov, Yu. P. Sharkeev, S. L. Sinebryukhov [i dr.] Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal. – 2012;1(47):12-19]
16. Экспериментальное исследование биологической инертности сплава никеля и титана с памятью формы Д.Е. Мацко, А.В. Омелченко, Ж.С. Жанаидаров, Е.Л. Давыдов, Л.В. Климах Морфология. 2005;6:57–60. [Eksperimental'noe issledovanie biologicheskoi inertnosti splava nikelya i titana s pamyat'yu formy D.E. Matsko, A.V. Omelchenko, Zh.S. Zhanaidarov, E.L. Davydov, L.V. Klimash Morfologiya. 2005;6:57–60]
17. Eriksson C, Ohlson K, Richter K, Billerdahl N, Johansson M, Nygren H. Callus formation and remodeling at titanium implants. J Biomed Mater Res A. 2007 Dec 15;83(4):1062-1069. doi: 10.1002/jbma.a.31433. PMID: 17584899.
18. Борзунов Д.Ю., Петровская Н.В., Дьячкова Г.В., Дьячков К.А. Замещение дефекта проксимального метафиза большеберцовой кости сетчатым имплантатом из никелида титана Фундаментальные исследования. 2014;10(7):1274-1279; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36103> [Borzunov D.Yu., Petrovskaya N.V., D'yachkova G.V., D'yachkov K.A. Zameshchenie defekta proksimal'nogo metafiza bol'shebertsovoi kosti setchatym implantatom iz nikelida titana Fundamental'nye issledovaniya. 2014;10(7):1274-1279; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36103>]
19. Iriyanov YM, Chernov VF, Radchenko SA, Chernov AV. Plastic efficiency of different implants used for repair of soft and bone tissue defects. Bull Exp Biol Med. 2013 Aug;155(4):518-21. doi: 10.1007/s10517-013-2191-4. PMID: 24143381.
20. Junge K, Rosch R, Klinge U, Saklak M, Klosterhalfen B, Peiper C, Schumpelick V. Titanium coating of a polypropylene mesh for hernia repair: effect on biocompatibility. Hernia. 2005 May;9(2):115-9. doi: 10.1007/s10029-004-0292-8. Epub 2004 Dec 4. PMID: 15583967.
21. Kuttnerberger JJ, Hardt N. Long-term results following reconstruction of craniofacial defects with titanium micro-mesh systems. J Craniomaxillofac Surg. 2001 Apr;29(2):75-81. doi: 10.1054/jcms.2001.0197. PMID: 11465437.
22. Фокин В.Г. Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела: Учеб. пособие В.Г. Фокин. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. 131 с.: ил. [Fokin V.G. Metod konechnykh elementov v mekhanike deformiruemogo tverdogo tela: Ucheb. posobie V.G. Fokin. Samara: Samar. gos. tekhn. un-t, 2010. 131 s.: il]
23. 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. [Primenenie individual'nykh vertluzhnykh komponentov pri revizionnom endoprotezirovani tазobedrennogo sustava. Kavalerskii G.M., Murylev V.Yu., Rukin Ya.A., Lychagin A.V., Elizarov P.M. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2016;22(4):114-121. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-114-121]
24. Технология эндопротезирования суставов М. Дж. Кросс, Дж. Спайчер, ин, 2008. [Tekhnologiya endoprotezirovaniya sustavov M. Dzh. Kross, Dzh. Spaicher, in, 2008]
25. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015. - М.: Стандартинформ, 2018:12. [Additivnye tekhnologicheskie protsessy. Bazovye printsipy. Chast' 1. Terminy i opredeleniya GOST R 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015. - M.: Standartinform, 2018:12]
26. Аддитивные технологии в машиностроении М.В. Нарайцев, В.М. Довбыш пособие для инженеров. М. ГИЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с. [Additivnye tekhnologii v mashinostroenii M.V. Nagaitsev, V.M. Dovbysh posobie dlya inzhenerov. - M. GNTs RF FGUP «NAMI» 2015. 220 s]
27. SLM (Selective Laser Melting) — технология 3D-печати – URL: https://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/slm-tech/
28. «Замещение дефектов области вертлужной впадины индивидуальными имплантатами с заданной геометрической структурой поверхности». Базлов В.А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. [«Zameshchenie defektov oblasti vertluzhnoi vpadiny individual'nymi implantatami s zadannoi geometricheskoi strukturoi poverkhnosti». Bazlov V.A. Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata meditsinskikh nauk]
29. Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния эндопротеза тазобедренного сустава при двухопорном стоянии А.И. Боровков, Л.Б. Маслов, М.А. Жмайло, И.А. Зелинский, И.Б. Войнов, И.А. Керестень, Д.В. Мамчиц, Р.М. Тихилов, А.Н. Коваленко, С.С. Билык, А.О. Денисов. Российский журнал биомеханики. 2018;22 (4): 437–458. [Konechno-elementnyi analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya endoproteza tazobedrennogo sustava pri dvukhopornom stoyanii A.I. Borovkov, L.B. Maslov, M.A. Zhmailo, I.A. Zelinskii, I.B. Voinov, I.A. Keresten', D.V. Mamchits, R.M. Tikhilov, A.N. Kovalenko, S.S. Bilyk, A.O. Denisov. Rossiiskii zhurnal biomekhaniki. 2018;22 (4): 437–458.]

Информация об авторах:

Мурылев Валерий Юрьевич – проф., д. м. н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ИКМ

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия nmuril@yandex.ru

Куковенко Григорий Андреевич – доцент, к.м.н. доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия gkukovenko@gmail.com

Елизаров Павел Михайлович – доцент, к. м. н. доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ИКМ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия elizarov_07@mail.ru

Музыченков Алексей Владимирович – к. м. н. ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ИКМ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия amuzychenkov@inbox.ru

Бобров Дмитрий Сергеевич – доцент, к. м. н. доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ИКМ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия dr.bobroff@gmail.com

Ватников Юрий Анатольевич – проф., д.в.н. Профессор, директор департамента ветеринарной медицины, департамент ветеринарной медицины ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198 г. Москва Россия vatnikov@yandex.ru

Алексеев Семен Сергеевич – к.м.н. врач травматолог-ортопед ГБУЗ Городская клиническая больница им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы 2-й Боткинский пр-д, д. 5, 125284, Москва, Россия dr.knee@yandex.ru

Жучков Александр Геннадьевич – к. м. н. врач травматолог-ортопед ГБУЗ Городская клиническая больница им. С. П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы 2-й Боткинский пр-д, д. 5, 125284, Москва, Россия nas1674249@yandex.ru

Яковлев Константин Гариевич – врач-ординатор ГБУЗ Городская клиническая больница им. С. П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы 2-й Боткинский пр-д, д. 5, 125284, Москва, Россия konstantinyakovlev2503@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Музыченков Алексей Владимирович

Information about the authors:

Murylev Valery Yuryevich – Professor, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Dis-

ter Surgery of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Ministry of Health of the Russian Federation, 8 Trubetskaya str., building 2, 119991, Moscow, Russia nmuril@yandex.ru

Kukovenko Grigory Andreevich – Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Ministry of Health of the Russian Federation, 8 Trubetskaya str., building 2, 119991, Moscow, Russia gkukovenko@gmail.com

Elizarov Pavel Mikhailovich – Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Catastrophes of the Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University) Ministry of Health of the Russian Federation, 8 Trubetskaya str., building 2, 119991, Moscow, Russia elizarov_07@mail.ru

Muzychenkov Alexey Vladimirovich – PhD in Medicine, Assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Catastrophes of the Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University) Ministry of Health of the Russian Federation, 8 Trubetskaya str., building 2, 119991, Moscow, Russia amuzychenkov@inbox.ru

Bobrov Dmitry Sergeevich – Associate Professor, PhD, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of the ICM of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Ministry of Health of the Russian Federation, 8 Trubetskaya str., building 2, 119991, Moscow, Russia dr.bobroff@gmail.com

Vatnikov Yuri Anatolyevich – Professor, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Director of the Department of Veterinary Medicine, Department of Veterinary Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Miklukho-Maklay str., 6, 117198 Moscow Russia vatnikov@yandex.ru

Alekseev Semyon Sergeevich – Ph. D in Medicine., orthopedic traumatologist, GBUZ S.P. Botkin City Clinical Hospital of the Moscow Department of Health 2nd Botkinsky Ave., 5, 125284, Moscow, Russia dr.knee@yandex.ru

Zhuchkov Alexander Gennadievich – Ph.D.in Medicine, Orthopedic Traumatologist, GBUZ S.P. Botkin City Clinical Hospital of the Moscow Department of Health, 2nd Botkinsky Ave., 5, 125284, Moscow, Russia nas1674249@yandex.ru

Yakovlev Konstantin Gariyevich – Resident Physician of the State Medical Institution S.P. Botkin City Clinical Hospital of the Moscow Department of Health, 2nd Botkin Ave., 5, 125284, Moscow, Russia konstantinyakovlev2503@mail.ru

Corresponding author: Muzychenkov Alexey Vladimirovich

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-63-66>

УДК 616.768.9-002-007.271-089

© С.В.Быстров, В.А.Карасев, А.Ю.Власов. 2024

Клинический случай / Clinical case

ЛЕЧЕНИЕ СТЕНОЗИРУЮЩЕГО ТЕНДОВАГИНИТА СУХОЖИЛИЯ ДЛИННОГО СГИБАТЕЛЯ ПЕРВОГО ПАЛЬЦА СТОПЫ

С.В.БЫСТРОВ^{1,2}, В.А.КАРАСЕВ¹, А.Ю.ВЛАСОВ³

¹отделение травматологии и ортопедии ГБ №1 им. В.В.Успенского, Тверь, 170006, Россия

²кафедра хирургии, анестезиологии и реаниматологии ТГМУ, Тверь, 170100, Россия

³кафедра травматологии и ортопедии ТГМУ, 170100, Россия

Аннотация

Введение. Стенозирующий тендовагинит первого пальца стопы – очень редко встречающееся заболевание, сопровождающееся болями в области голеностопного сустава и блокированием движения первого пальца. Чаще встречается у танцоров и профессиональных спортсменов. В зарубежной литературе присутствуют описательные случаи лечения пациентов различными способами без углубленного исследования эпидемиологии заболевания.

Цель исследования. Описание хирургического лечения редкого случая двустороннего стенозирующего тендовагинита первого пальца стопы у молодого пациента.

Клинический случай. Нами представлен случай успешного хирургического лечения двустороннего стенозирующего тендовагинита первого пальца стопы у молодого пациента, чья работа не была связана с профессиональными факторами риска или тяжелым физическим трудом. Было проведено последовательное рассечение оболочек сухожилия и удерживающих его спаек на обеих стопах. В результате комплексного хирургического и последующего реабилитационного лечения исчезли хруст и щелчки, восстановились движения первых пальцев в полном объеме.

Заключение. Развитие дегенеративных и воспалительных изменений в оболочках сухожилия длинного сгибателя первого пальца, приводящее к блокированию движений не всегда связано с профессиональными перегрузками. Оперативное лечение позволяет быстро достичь клинического улучшения.

Ключевые слова: Hallux saltans; flexor hallucis longus; тендовагинит

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Быстров С.В., Карасев В.А., Власов А.Ю., ЛЕЧЕНИЕ СТЕНОЗИРУЮЩЕГО ТЕНДОВАГИНИТА СУХОЖИЛИЯ ДЛИННОГО СГИБАТЕЛЯ ПЕРВОГО ПАЛЬЦА СТОПЫ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 2(56). С. 63–66 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-63-66>

TREATMENT OF STENOSING TENOSYNOVITIS OF THE FLEXOR HALLUCES LONGUS OF THE FIRST TOE

SERGEI V. BYSTROV^{1,2}, VLADIMIR A. KARASEV¹, ALEXEY YU. VLASOV³

¹ Department of Traumatology and Orthopedics, City Hospital № 1 named after. V.V. Uspensky Tver, 17006, Russia

² Department of surgery, anesthesiology and reanimation, Tver, 170100, Russia

³ Department of Traumatology and Orthopedics, Tver, 170100, Russia

Annotation

Introduction. Stenosing tenosynovitis of the first toe is a very rare disease, accompanied by pain in the ankle joint and blocking the movement of the first toe. More common among dancers and professional athletes. Foreign literature contains descriptive cases of treating patients with various methods without an in-depth study of the epidemiology of the disease.

Purpose of the study. Description of surgical treatment of a rare case of bilateral stenosing tenosynovitis of the first toe in a young patient.

Clinical case. We present a case of successful surgical treatment of bilateral stenosing tenosynovitis of the first toe in a young patient whose work was not associated with occupational risk factors or heavy physical work. Sequential dissection of the tendon sheath and its supporting adhesions was performed on both feet. As a result of complex surgical and subsequent rehabilitation treatment, crunching and clicking disappeared, and the movements of the first fingers were restored in full.

Conclusion. The development of degenerative and inflammatory changes in the sheaths of the flexor pollicis longus tendon, leading to blocking of movements, is not always associated with occupational overload. Surgical treatment allows rapid clinical improvement.

Keywords: Hallux saltans; flexor hallucis longus; tenosynovitis

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Bystrov S.V., Karasev V.A., Vlasov A.Y., TREATMENT OF STENOSING TENOSYNOVITIS OF THE FLEXOR HALLUCES LONGUS OF THE FIRST TOE. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 2, pp. 63–66 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-63-66>

Стенозирующий лигаментит пальцев кисти (болезнь Нотта, trigger finger) – распространенное заболевание у пациентов. Частота в г. Санкт-Петербург составляет 64 на 100 000 человек [1], и это одно из самых распространенных заболеваний в практике амбулаторных кистевых хирургов (до 15% всех операций в амбулатории) [2]. Аналогичная проблема на стопе получила название Hallux saltans. Встречается крайне редко, и чаще всего у танцоров балета и ряда спортсменов, вследствие перегрузки сухожилия длинного сгибателя пальца flexor hallucis longus (FHL) [3,4]. В положении стопы на пуантах происходит микротравматизация и развитие дегенеративных процессов в сухожилии, локальное его воспаления во влагалище и удерживателе сгибателей на уровне медиальной лодыжки или в области опоры таранной кости (sustentaculum tali). Проявляется болями позади внутренней лодыжки и / или хрустом и щелчками при движениях 1 пальца, приводя к болезненному блокированию сгибания и разгибания пальца. Впервые клинический случай был описан в 1940 году Lewin. [5]. В литературе присутствуют только описательные работы по лечению единичных больных или небольших групп пациентов [4,6,7,8]. Наибольшее количество пациентов - 37 и 81 проанализировано в работах Hamilton в 1996г [9] и Michelson [10]. Хирургическое лечение может выполняться открытым способом [10,11, 12] или артроскопически [13]. Другой ещё более редкой причиной развития стенозирующего тендовагинита сухожилия длинного сгибателя первого пальца являются дегенеративные процессы в области сесамовидных костей первого плюснефалангового сустава, связанные с травмой. [10,14, 15]. По мнению большинства авторов хирургическое лечение имеет преимущество над консервативным.

Клиническое наблюдение. Пациент 28 лет. Обратился с жалобами на боли и затруднение движений в 1 пальцах обеих стоп, больше выраженные слева. Считает себя больным в течение 2 лет. Травм не отмечает. Работает физически, много приходится ходить. Консервативно не лечился, кроме использования противовоспалительных мазей. Заболевание прогрессировало постепенно. При осмотре движения (сгибание, и особенно разгибание) 1 пальца обеих стоп затруднены, со-

провождаются хрустом и щелчком, слышным на расстоянии. Движения иногда сочетаются блокированием скольжения 1 пальца в положении сгибания. Пальпация 1 плюснефалангового сустава и позади медиальной лодыжки слегка болезненная. Нарушений чувствительности на стопе не определяется. До операции оценка по шкале AOFAS [16] составила 72 балла, функциональный индекс стопы FFI 52% [17].

В процессе обследования выполнено УЗИ мягких тканей стопы: УЗ-признаки теносиновита сухожилия длинного сгибателя 1 пальца стопы. Аналогичное заключение получено при МРТ исследовании стопы.

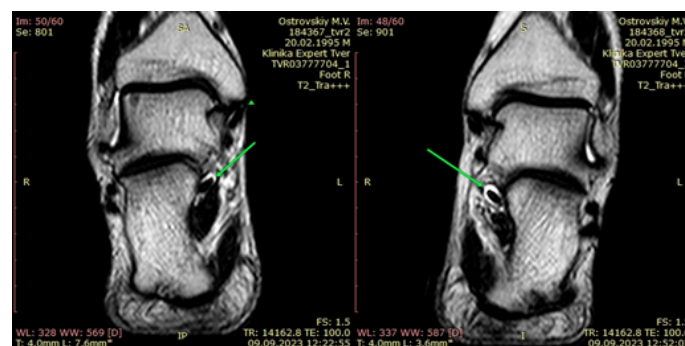


Рисунок 1. МР картина теносиновита сухожилий длинных сгибателей 1 пальцев на обеих стопах.

После стандартного предоперационного обследования пациенту было выполнено вмешательство на левой стопе. Под регионарной анестезией раствором ропивакаина 7,5 мг/мл 25 мл по методике «angle block» выполнено рассечение утолщенной фиброзной оболочки и частично - удерживателя сгибателей сухожилий на уровне внутренней лодыжки. При ревизии сухожилия flexor hallucis longus (FHL) выявлено локальное его утолщение и прозрачный выпот в оболочке сухожилия. После рассечения удерживающих сухожилие спаек исчезли хруст и щелчки при движениях 1 пальца. В послеоперационном периоде осложнений не было. Проведен курс физиолечения (магнитотерапия и лечебная физкультура. Через 1,5 месяца была

выполнена аналогичная операция на правой стопе. Пациент осмотрен через 10 месяцев после последней операции. Боли в первых пальцах и голеностопных суставах на обеих стопах не беспокоят, объём движений в пальцах восстановился. Оценка по AOFAS составила 100 баллов, а функциональный индекс стопы FFI оказался равен 0, что свидетельствует о полном восстановлении функции.



Рисунок 2. Вид сухожилия длинного сгибателя 1 пальца в ране после рассечения перетяжек и оболочки сухожилия.

Обсуждение. Hallux saltans - стенозирующий тендовагинит первого пальца стопы очень редко встречающееся заболевание, сопровождающее болезненным блокированием движений 1 пальца на уровне тарзального канала или сесамовидных костей плюснефалангового сустава. В отечественной литературе отсутствуют материалы, посвященные данной проблеме. В иностранной литературе присутствуют описательные статьи об отдельных случаях или сериях из небольшого числа пациентов, профессионально занимающихся спортом или балетом. Описанное клиническое наблюдение интересно тем, что заболевание имело двустороннюю локализацию и развилось у молодого пациента без внешних предрасполагающих факторов (профессиональная перегрузка, тяжелый физический труд). Проведенное оперативное лечение позволило полностью решить данную проблему и способствовало скорейшему выздоровлению пациента.

Выводы. Необходимо широкое информирование врачей хирургов и ортопедов о существовании редкого заболевания стенозирующего тендовагинита первого пальца стопы, о причинах его возникновения и вариантах лечения. Для подтверждения диагноза необходимо выполнение ультразвукового и магниторезонансного исследования стопы. Оперативное лечение позволяет быстро достичь клинического улучшения состояния и облегчения симптомов.

Список литературы:

1. Шапиро К.И. Медико-социальные аспекты заболеваний кисти в Санкт Петербурге // Амбулаторная хирургия. 2002; 3: 3-4. [Shapiro K.I. Medical and social aspects of hand diseases in St. Petersburg. Ambulatory surgery. 2002;3:3-4]
2. Жигало А.В., Силаев А.К., Почтенко В.В., Бушмакин А.С., Морозов В.В., Чернов В.Д., Новая малоинвазивная методика лечения больных со стенозирующим лигаментитом// Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2017;2(61):53-60. [Zhigalo A.V., Silaev A.K., Pochtenko V.V., Bushmakina A.S., Morozov V.V., Chernov V.D. A new minimally invasive method for treating patients with stenosing ligamentitis. Questions of reconstructive and plastic surgery. 2017;2(61):53-60]
3. Theodore G.H., Kolettis G.J., Micheli L.J. Tenosynovitis of the flexor hallucis longus in a long-distance runner // Med Sci Sports Exerc.1996; 28(3): 277-279. DOI : 10.1097/00005768-199603000-00001
4. Kolettis G.J. , Micheli Lyle J., Klein J.D., Boston, Massachusetts. Release of the Flexor Hallucis Longus Tendon in Ballet Dancers // The Journal of Bone & Joint Surgery September. 1996;78(9):1386-90. DOI: 10.2106/00004623-199609000-00014.
5. Lewin P. The foot and ankle. Their injuries, diseases, deformities and disabilities // Lea and Febiger, Philadelphia. 1940: 207-208
6. Purushothaman R, Karuppall R, Inassi J, Valsalan R. Hallux saltans due to flexor hallucis longus entrapment at a previously unreported site in an unskilled manual laborer: a case report // J. Foot Ankle Surg. 2012; 51(3): 334-336. DOI: 10.1053/j.jfas.2012.02.014.
7. Schindler M, Reinhard J, Grifka J, Leiss F, Schwarz T. Hallux saltans-rare diagnosis, often overlooked // Orthopadie. 2022 Nov;51(11): 939-942. German. DOI: 10.1007/s00132-022-04311-z. Epub 2022 Oct 6. PMID: 36201008.
8. Oloff L.M, Schulhofer S.D. Flexor hallucis longus dysfunction // J Foot Ankle Surg. 1998 Mar-Apr; 37(2):101-9. DOI: 10.1016/s1067-2516(98)80088-4. PMID: 9571456.
9. Hamilton W.G., Geppert M. J. , Thompson F. M., New York., Pain in the Posterior Aspect of the Ankle in Dancers. Differential Diagnosis and Operative Treatment // The Journal of Bone & Joint Surgery 1996;78(10):1491-1500. DOI: 10.2106/00004623-199610000-00006.
10. Michelson J, Dunn L. Tenosynovitis of the flexor hallucis longus: a clinical study of the spectrum of presentation and treatment // Foot Ankle Int. 2005 Apr;26 (4):291-303. doi: 10.1177/107110070502600405
11. Mohd F. M., Mohd Y.B., Abdul M. Ali , Azammuddin Al. S. Case Report. Trigger Hallux: A Rare Case of Stenosing Tenosynovitis of Flexor Hallucis Longus in a Ballet Dancer // JKIMSU . October-December 2018;7(4):101-104
12. Lereim P. Trigger toe in classical-ballet dancers // Arch. Orth. Traum. Surg. 1985;104: 325-326. DOI: 10.1007/BF00435951.
13. Mehmet Ali T., Ulunay K., Abdurrahman V., Muhammet B. A., Aliyekber Y., Yilmaz E.. Endoscopic treatment of bilateral hallux saltans in an ordinary woman // Joint diseases & related surgery. 2019; 30(3):322-324. DOI: 10.5606/ehc.2019.70192

14. Gould N. Stenosing tenosynovitis of the flexor hallucis longus tendon at the great toe // Foot Ankle. 1981 Jul; 2(1):46-8. DOI: 10.1177/107110078100200108.

15. Sanhudo JA. Stenosing tenosynovitis of the flexor hallucis longus tendon at the sesamoid area // Foot Ankle Int. 2002 Sep; 23(9):801-3. DOI: 10.1177/107110070202300905.

16. Kitaoka, H.B., et al., Clinical rating systems for the anklehindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes//Foot Ankle Int, 1994;5(7):349-53. DOI: 10.1177/107110079401500701.

17. Budiman-Mak E, Conrad K.J., Roach K.E.. The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability // J Clin. Epidemiol. 1991; 44(6):561-70. DOI: 10.1016/0895-4356(91)90220-4.

Информация об авторах:

Быстров Сергей Викторович – к.м.н., врач высшей категории, **врач травматолог-ортопед, ГБУЗ ГБ №1 им. В.В.Успенского**, Тверь, 170006, Россия; ассистент кафедры хирургии, анестезиологии и реаниматологии ФГБУ ВПО Тверской государственный медицинский университет, Тверь, 170100, Россия. E-mail: 19bs76@mail.ru

Карасев Владимир Александрович - врач высшей категории, врач травматолог-ортопед, ГБУЗ ГБ №1 им. В.В.Успенского, Тверь, 170006, Россия. E-mail: matakara@rambler.ru

Алексей Юрьевич Власов – к.м.н., врач высшей категории, врач травматолог-ортопед, доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГБУ ВПО Тверской государственный медицинский университет, Тверь, 170100, Россия. E-mail: vlasov-ort@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: Быстров Сергей Викторович – E-mail: 19bs76@mail.ru

Information about authors:

Sergey V. Bystrov – PhD in medicine, Doctor of the highest category, orthopedic traumatologist, V.V.Uspensky GBUZ GB No.1, Tver, 170006, Russia; Assistant at the Department of Surgery, Anesthesiology and Intensive Care at the Tver State Medical University Tver, 170100, Russia. E-mail: 19bs76@mail.ru

Karasev V. Alexandrovich - a doctor of the highest category, an orthopedic traumatologist, GBUZ GB No. 1 named after V.V.Uspensky, Tver, 170006, Russia. E-mail: matakara@rambler.ru

Alexey Y. Vlasov – PhD in medicine, doctor of the highest category, orthopedic traumatologist, Associate professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Tver State Medical University, Tver, 170100, Russia. E-mail: vlasov-ort@yandex.ru

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-67-74>

УДК 617.3

© Фань Жулу, Лычагин А. В., Бобров Д.С., Кавалерский Г.М., Шубкина А.А., 2024

Обзор литературы / Literature review

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА АСЕПТИЧЕСКОГО (АВАСКУЛЯРНОГО) НЕКРОЗА И СТРЕСС-ПЕРЕЛОМА СЕСАМОВИДНОЙ КОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

ЖУЛУ ФАНЬ, А.В. ЛЫЧАГИН, Д.С. БОБРОВ, Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ, А.А. ШУБКИНА

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Аннотация. Цель: уточнить роль визуальной дифференциальной диагностики в выявлении асептического (аваскулярного) некроза и стресс-перелома сесамовидной кости. **Методика написания обзора.** Найдены 42 научные работы с использованием для поиска баз данных Cochrane Library, Scopus, PubMed по запросам: «сесамовидные кости», «асептический некроз», «аваскулярный некроз», «остеонекроз», «стресс-перелом». Для обзора отобрано 27 источников. Временной интервал анализируемой литературы: 2000–2023 гг. **Заключение.** Сделан вывод о важности проведения дифференциальной диагностики асептического некроза и стресс-перелома сесамовидной кости в различных локализациях. Незначительное усиление склероза, обнаруженное на компьютерной томографии, подтверждает наличие остеонекроза сесамовидной кости, тогда как неправильной формы фрагмент с плохо кортифицированными краями на рентгенограмме указывает на перелом. Радиологические исследования, включая рентгенографию, КТ и МРТ, предоставляют полезную информацию о наличии и патологии, затрагивающей эти кости, и должны использоваться совместно с клиническими данными для руководства ведением пациента.

Ключевые слова: сесамовидные кости, асептический некроз, аваскулярный некроз, остеонекроз, стресс-перелом

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Фань Ж., Лычагин А.В., Бобров Д.С., Кавалерский Г.М., Шубкина А.А., ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА АСЕПТИЧЕСКОГО (АВАСКУЛЯРНОГО) НЕКРОЗА И СТРЕСС-ПЕРЕЛОМА СЕСАМОВИДНОЙ КОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 2(56). С. 67–74 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-67-74>

DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF ASEPTIC (AVASCULAR) NECROSIS AND STRESS FRACTURE OF THE SESAMOID BONE (REVIEW)

RULU FAN, ALEXEY V. LYCHAGIN, DMITRY S. BOBROV, GENNADY M. KAVALERSKY, ALENA A. SHUBKINA

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. Objective: Clarify the role of visual differential diagnosis in detecting aseptic (avascular) necrosis and stress fracture of the sesamoid bone. **Review writing methodology.** A total of 42 scientific papers were found using Cochrane Library, Scopus, and PubMed databases for search using the queries: "sesamoid bone", "aseptic necrosis", "avascular necrosis", "osteonecrosis", "stress fracture". Twenty-nine sources were selected for the review. The time interval of the analyzed literature: 2000–2023. **Conclusion.** It is concluded that it is important to perform differential diagnosis of aseptic necrosis and stress fracture of the sesamoid bone in different localizations. Slight sclerosis enhancement detected on computed tomography confirms the presence of osteonecrosis of the sesamoid bone, whereas an irregularly shaped fragment with poorly corticated edges on the radiograph indicates a fracture. Radiologic studies, including radiography, CT, and MRI, provide useful information about the presence and pathology involving these bones and should be used in conjunction with clinical findings to guide patient management.

Keywords: sesamoid bones, aseptic necrosis, avascular necrosis, osteonecrosis, stress fracture

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Fan R., Lychagin A.V., Bobrov D.S., Kavalersky G.M., Shubkina A.A., DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF ASEPTIC (AVASCULAR) NECROSIS AND STRESS FRACTURE OF THE SESAMOID BONE (REVIEW). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 2, pp. 67–74 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-67-74>

Введение. Дополнительные анатомические структуры, такие как, например, сесамовидные кости, обычно представляют собой случайные результаты визуализации [7]. Наличие сесамовидной кости является уникальной проблемой при патологических процессах, затрагивающих конкретную область. Поэтому знание их присутствия и морфологических вариаций важно для предотвращения ошибочной интерпретации их как переломов [9]. Сесамовидные кости также могут быть источником патологий, таких как болезненные синдромы или дегенеративные изменения вследствие чрезмерной нагрузки или травм [14]. Радиологические исследования при этом могут дать представление о развитии патологического процесса этих костей и дать возможность провести дифференциальную диагностику с целью дальнейшей тактики ведения пациента [30].

Актуальным в связи с этим является современное состояние проблемы дифференциальной диагностики различных патологических состояний в области потенциальных анатомических вариантов сесамовидной кости, в частности асептического (аваскулярного) некроза и стресс-перелома.

Цель: уточнить роль визуальной дифференциальной диагностики в выявлении асептического (аваскулярного) некроза и стресс-перелома сесамовидной кости.

Методика написания обзора. Найдены 42 научные работы с использованием для поиска баз данных Cochrane Library, Scopus, PubMed по запросам: «сесамовидные кости», «асептический некроз», «аваскулярный некроз», «остеонекроз», «стресс-перелом». Для обзора отобрано 27 источников. Из выборки были исключены материалы конференций, главы книг и монографии. Для написания работы были использованы оригинальные исследования, опубликованные в рецензируемых научных изданиях в период с 2000 по 2023 г. на русском и английском языке.



Результаты

Анатомическая характеристика сесамовидных костей.

Сесамовидные кости развились из центра окостенения и являются распространенными вариациями скелета. В анатомическом понимании сесамовидная кость имеет размер от 5 до 10 мм, круглую или овальную форму, обычно визуализируется в мышце или сухожилии вблизи суставных поверхностей, с очагами окостенения и функцией снижения напряжения. В отличие от стандартных костей, которые с мышцами соединяются через суставы, сесамовидные кости соединяются с мышцами через сухожилия, частично или полностью погруженные в них, и чаще всего располагаясь на стопе, кисти и запястье [4].

Формирование сесамовидных костей связано с естественным ростом организма и различными стрессовыми воздействиями на него. Большинство сесамовидных костей, начинающихся как хрящевые узелки, подвергаются эндохондральному окостенению в препубертатном возрасте. Дальнейшая кальцификация проявляется в период полового созревания, причем у женщин сесамовидные кости появляются гораздо раньше. Отсутствие формирования сесамовидных костей часто указывает на задержку полового созревания и может быть полезно для контроля за его развитием. В то время как большинство сесамовидных костей, по-видимому, развиваются в ответ на различные стрессовые факторы, надколенник присутствует у всех людей. Его развитие играет важнейшую роль в формировании и функционировании нижних конечностей [5].

В зависимости от расположения и прикрепления сесамовидные кости можно разделить на две большие категории. Сесамовидные кости первого типа прилегают к суставу, становясь частью его капсулы. Типичные примеры этого типа включают сесамовидные кости большого пальца стопы, а также надколенник [6]. Сесамовидные кости второго типа лежат над костным выступом и разделены подлежащей бурсой. Примером сесамовидной кости этого типа является кость сухожилия длинной малоберцовой мышцы (малоберцовой кости) [7]. Оба типа сесамовидных костей обладают биомеханическими свойствами и выполняют уникальные функции. Волокнисто-хрящевая сесамовидная кость позволяет сохранять структуру сухожилия и обеспечивает огромную гибкость волокнистого компонента и эластичность хрящевой ткани [8].

У большинства людей обычно имеется по пять сесамовидных костей в каждой верхней конечности. Две сесамовидные кости расположены в дистальных частях первых пястных костей кисти, точнее, в сухожилиях короткого сгибателя и приводящей мышцы большого пальца. Третья сесамовидная кость находится в межфаланговом суставе. Кроме того, две другие

сесамовидные кости присутствуют в дистальной части второй пястной кости и дистальной части пятого пястного сустава. В запястье наличие гороховидной кости, расположенной внутри сухожилия локтевого сгибателя запястья, привело к спорам о том, существует ли она как сесамовидная кость или это рудиментарная кость [9].

В нижних конечностях самой крупной сесамовидной костью является надколенник. Другие сесамовидные кости нижних конечностей, которые можно рассматривать как варианты нормы у человека, включают фавеллу (часто возле латеральной головки икроножной мышцы), цимеллу (внутри сухожилия подколенной мышцы), добавочную малоберцовую кость (расположена внутри сухожилия длинной малоберцовой мышцы) и парную сесамовидную кость большого пальца стопы (по одной на медиальной и латеральной стороне первой плюсневой кости стопы) [10].

Так согласно данным Kalbouneh H. и соавт. добавочная малоберцовая кость была обнаружена в 22%, а везалиева кость – в 1,6% стандартных косых боковых и/или переднезадних рентгеновских снимков (из 624 стоп подростков и взрослых пациентов). Установлено, что возраст значимо коррелирует с наличием добавочной малоберцовой кости, причем наибольшая распространенность (30%) выявлена в группе пожилых людей. Среди 137 стоп с малоберцовой костью 54,0% имели размер от 4 до 8 мм, 67,2% располагались близко к бугорку кубовидной кости, 32,8% располагались на уровне пяточно-кубовидного сустава, 81,8% были одиночными. Среди 10 стоп с везалиевой костью I тип выявлен у 40%, II тип – у 60% [11].

Особенности кровоснабжения сесамовидных костей. Сесамовидные кости имеют ограниченное кровоснабжение и подвержены потенциальному аваскулярному некрозу [12]. Надколенник, наоборот, является единственной сесамовидной костью с обильным кровоснабжением из-за его размера и функции в организме человека. Надколенник питает разветвленная внекостная и внутрикостная сеть кровеносных сосудов. Другие, например, сесамовидные кости большого пальца стопы, могут иметь различное кровоснабжение [13]. Pretterklieber M.L. и Wanivenhaus A. исследовали 29 рассеченных человеческих стоп, показав, что медиальная подошвенная артерия разветвляется в пальцевые подошвенные артерии большого пальца стопы, а затем дает начало сесамовидным артериям. Авторы пришли к выводу, что количество сесамовидных артерий, идущих к кости, увеличивается с увеличением размера сесамовидной кости между стопами разного размера [14]. Эти различия в анатомии имеют решающее значение для оценки аномалий между разными людьми и дальнейшего понимания потенциального аваскулярного некроза сесамовидных костей.

Заболевания сесамовидных костей и особенности их диагностики. Сесамовидные кости поглощают удар, распределяют весовую нагрузку, уменьшают трение, защищают сухожилие, что позволяет увеличить вес и переносимость нагрузки, перераспределяя усилия на мышцу или сухожилие,

тем самым защищая их от значительного растяжения и травм [15]. Болезненное состояние сесамовидных костей может быть обусловлено такими процессами, как: переломы (острые или стрессовые), сесамойдоз, остеонекроз, инфекции, артриты, тендиниты и т.д. Когда у пациентов обнаруживается боль в суставе, согласно рекомендациям Doğan Y., необходимо учитывать наличие сесамовидных костей. Сесамовидные кости необходимо дифференцировать от многих диагнозов, таких как переломы, рассекающий остеохондрит, кальцинирующий тендинит и синовиальный хондроматоз. Так, например, травмы костей, менисков или связок могут иметь сходные клинические характеристики с переломом фавеллы (сесамовидная кость, расположенная в латеральной головке икроножной мышцы), которые включают разрыв латерального мениска, перелом бедренной или большеберцовой кости, или повреждение заднелатеральных структур коленного сустава [16]. По этим причинам пациентам следует обследовать путем тщательного физического, рентгенологического обследования и, в отдельных случаях, дополнительных исследований, таких как МРТ или КТ. В описанном Burçian A. и соавт. случае МРТ подтвердила поперечный перелом фавеллы и выявила участки отека кости без дополнительных повреждений связок или менисков и отсутствия дополнительных переломов в пораженном суставе [17].

Сесамовидные кости могут имитировать перелом соседней кости или сами подвергаться перелому в результате острой или хронической повторяющейся травмы. Стрессовые переломы часто возникают из-за внезапного увеличения физической активности, изменения интенсивности или продолжительности упражнений, а также неожиданного изменения их характера. Они характеризуются постепенным нарастанием боли и легкой припухлостью. Признаки включают дискомфорт во время движения и отдыха, отек тканей в области повреждения, чувствительность к прикосновениям в этой области [18].

Сесамовидные кости большого пальца стопы играют важную роль в функционировании большого пальца стопы, поглощая весовую нагрузку стопы, уменьшая трение и защищая сухожилие короткого сгибателя большого пальца стопы [19]. Травму сесамовидных мышц большого пальца стопы можно наблюдать при травмах замедления, передающих большую силу через сесамовидные кости, вторичной по отношению к осевой нагрузке, например, при падении с высоты, а также в сочетании с травмами подошвенной пластины [20]. Анатомическое расположение сесамовидных отростков большого пальца стопы и их функциональная сложность делают их уязвимыми к травмам, что может вызвать постоянную боль в переднем отделе стопы.

Асептический некроз можно определить как группу заболеваний, общим знаменателем которых является некроз костей. Обычно они появляются в период роста и главным образом в тех точках скелета, которые подвергаются особому стрессу. При этом на сегодняшний день существует большое количество терминов, характеризующих асептический некроз, таких

как ишемический некроз, аваскулярный некроз, остеонекроз, инфаркт кости. Аваскулярный некроз сесамовидных костей может быть идиопатическим, либо является вторичным по отношению к другим заболеваниям, вызывающим нарушение кровоснабжения сесамовидных костей и приводящим к локальной ишемии [4]. Это происходит, когда кровоснабжение кости нарушено и кость не может реваскуляризоваться. Существуют различия между кистью и стопой в отношении возникновения патологических изменений в суставах. На большом пальце пястно-фаланговый сустав макроскопически поражается в 75% случаев и только в 13% рентгенограмм, при этом патологические изменения локализуются в той или иной части сустава. При большом пальце стопы в 40% случаев поражаются как макроскопически, так и на рентгенограммах, но поражаются все отделы сустава. Большинство пациентов – подростки или молодые люди, причем женщины болеют чаще, чем мужчины [21].

Появление некроза тканей вызвано недостаточным кровоснабжением и ишемией пораженного участка кости. Исследования показывают, что после прекращения кровоснабжения кроветворные клетки гибнут в течение первых 12-14 часов, в то время как клетки костной ткани могут сохранять жизнеспособность до 2 дней, а жировые клетки костного мозга – от 2 до 5 дней [11]. В случаях асептического некроза часто бывает трудно определить конкретные источники проблемы. Возможно, асептический некроз может быть вызван дисбалансом между кровоснабжением данного участка костной ткани и уровнем нагрузки, которой она подвергается. Иссечение одной сесамовидной кости может вызвать аномальную биомеханическую нагрузку на остаточную сесамовидную кость, что также увеличивает риск как стрессового перелома, так и асептического некроза [22].

Распространенность этого, казалось бы, редкого состояния неизвестна. Факторы, способствующие этиологии аваскулярного некроза сесамовидной кости большого пальца стопы, могут включать хронические микротравмы, приводящие к нарушению кровотока, и механическую перегрузку от физической активности или нарушения положения стопы, такие как вальгусная деформация заднего отдела стопы и т.п. [10] Хотя медиальная сесамовидная кость может испытывать повышенные контактные силы, чем латеральная сесамовидная кость во время нормального цикла походки, неясно, какая из сесамовидных костей подвергается большему риску развития аваскулярного некроза [21]. Основным симптомом является механическая боль, которая начинается постепенно и отражается на подошвенной поверхности головки первой плюсневой кости, при пальпации, при нагружении большого пальца стопы и в конечной фазе цикла походки. Оно усугубляется принудительным тыльным сгибанием большого пальца стопы вплоть до потери трудоспособности. Отмечается анталгическая супинация переднего отдела стопы при ходьбе [17].

Дифференциальная диагностика асептического некроза и стресс-перелома сесамовидной кости. Остеонекроз сесамовидных костей имеет неизвестную распространенность и, вероятно, недостаточно диагностируется. Поскольку эти костные структуры сами по себе малы, идентификация травмы может быть затруднена. Обзорные рентгенограммы имеют низкую чувствительность (15–35%) при травмах на ранней стадии, которая повышается при травмах на поздней стадии (30–70%) из-за возможного образования костной мозоли [22]. В течение первых нескольких недель после появления симптомов рентгеновские снимки пораженного участка могут выглядеть нормально. Тем не менее определенные рентгенологические признаки можно использовать для диагностики острой травмы. Хорошо кортикарированная структура с гладкими границами с меньшей вероятностью является вторичной по отношению к острой травме [11].

Рентгенография является первой процедурой для дифференциальной диагностики стресс-перелома и асептического некроза сесамовидных костей. Она должна включать передне-задний, профильный и аксиальный виды по Вальтеру-Мюллеру. Сканирование костей позволяет определить локализацию заболевания в сесамовидных костях и дифференцировать патологические сесамовидные кости от двухсторонних, однако следует учитывать, что у 26-29% всех бессимптомных случаев имеются очаги стресс-переломов в сесамовидных костях [23]. Рентгенография показывает стресс-перелом только через три недели после появления симптомов. Первоначальные рентгенограммы при асептическом некрозе сесамовидной кости нормальные, и может пройти от шести до двенадцати месяцев, прежде чем на рентгеновском снимке появятся отклонения от нормы [24].

Травма (стресс-перелом) сесамовидной кости при рентгенологической диагностике визуализируется как аномалия в форме костного фрагмента с нечеткими краями, присутствуют доказательства смещения, наличие донорского участка и отек мягких тканей [25]. Клиническая корреляция с очаговой болезненностью также полезна при определении острого повреждения. Когда рентгенологические и клинические данные неоднозначны, КТ и МРТ могут помочь идентифицировать истинные переломы, обнаруживая косые неровные границы, которые разделяют неполностью кортикарированные фрагменты. Применение КТ сопряжено со значительной лучевой нагрузкой и не очень информативно при диагностике остеонекроза. Но КТ демонстрирует стресс-переломы и дегенеративные изменения, а также может оценить усиление склероза, наблюдаемого при остеонекрозе. Метод позволяет очень четко визуализировать участки разрушения кости и может быть полезен при планировании операции. МРТ наиболее полезна при оценке патологии, связанной с сесамовидными костями. Результаты КТ относительно специфичны для переломов, а МРТ обеспечивает превосходную оценку соседних мягких тканей в связи с чем позволяет проводить раннюю диагностику, дифференцировать

заболевания мягких тканей и костно-суставного аппарата, а также часто позволяет поставить специфический диагноз. В настоящее время это исследование является методом выбора при большинстве патологий сесамовидных костей [26].

МРТ является наиболее чувствительным методом выявления стрессовых переломов, а также может быть полезна для дифференциации связочного/хрящевого повреждения от повреждения кости [27]. Изотопное сканирование костей может продемонстрировать измененное поглощение до того, как рентгенограммы покажут изменения. Сцинтиграфия вызывает повышенное поглощение до развития радиологических изменений, таких как склероз, фрагментация. Сканирование костей может быть полезно в дифференциации сломанной сесамовидной кости от врожденной двудольной сесамовидной кости. Ранняя и точная диагностика нарушений сесамовидного комплекса может предотвратить потенциально опасную длительную дисфункцию суставов [28].

Несмотря на решающую роль сесамовидных костей в механике переднего отдела стопы, жалобы, возникающие из-за патологических состояний этих структур, часто игнорируются или плохо диагностируются и лечатся [29]. Усложняет диагностику этого заболевания тот факт, что дифференцировка тканей этой конкретной сесамовидной кости явно непостоянна. То есть у некоторых людей сесамовидная кость большого пальца стопы может быть полностью окостеневшей, тогда как у других структура может представлять собой не более чем узелок из рыхло упакованного фиброзного хряща, который почти неотличим от окружающих мягких тканей.

Рентгенограммы стопы в прямой и аксиальной проекции лучше всего отображают сесамовидные кости большого пальца стопы. Медиальная сесамовидная кость обычно имеет двудольную вариацию. Двудольные фрагменты сесамовидной кости имеют тенденцию не идеально прилегать друг к другу, что помогает дифференцировать их от стресс-перелома. Визуализационные признаки, позволяющие дифференцировать стресс-перелом сесамовидной кости большого пальца стопы и двудольную сесамовидную кость большого пальца стопы, включают [30]:

- одиночная медиальная сесамовидная кость с переломом немного крупнее латеральной сесамовидной кости, тогда как двудольная медиальная сесамовидная кость гораздо крупнее латеральной сесамовидной кости;

- одиночная медиальная сесамовидная кость с переломом показывает резкую, рентгенопрозрачную, некортикальную линию между двумя фрагментами, тогда как двудольная медиальная сесамовидная кость – два корковых компонента;

- одиночная медиальная сесамовидная кость с переломом показывает наличие двух часто сочетающихся друг с другом фрагментов, тогда как двудольная медиальная сесамовидная кость имеет два компонента не считающиеся друг с другом;

- сцинтиграфия сесамовидной кости с переломом покажет повышенное поглощение, тогда как при двудольной медиаль-

ной сесамовидной кости показатель поглощения находится в пределах нормы;

- МРТ может показать отек костного мозга в недавно сломанной сесамовидной кости, тогда как при двудольной медиальной сесамовидной кости наблюдается отсутствие аномалий сигнала МРТ.

Двудольные сесамовидные кости также могут сломаться в результате травмы, когда синхронно между двумя фрагментами сесамовидных костей препятствует заживлению.

Хроническая боль может быть вызвана не только стрессовым переломом, но и асептическим некрозом сесамовидных костей. Нарушение кровоснабжения сесамовидного костного аппарата приводит к изменениям в структуре кости [19].

Отсутствие проникновения РФП в некротический участок кости на снимках при остеосцинтиграфии и усиления сигнала после применения контрастного вещества при МРТ позволяет говорить о важной роли в развитии асептического некроза нарушений кровообращения после повреждения костей и суставов с разрывами сосудов, а также при гемоглобинопатиях, которые способствуют агрегации эритроцитов и повышению вязкости крови [22].

На начальных этапах развития асептического некроза костей наблюдаются одинаковые стадии (некроз, импрессионный перелом, сплющивание) независимо от возраста больного. В дальнейшем в течении асептического некроза наблюдаются различия между несформированной и сформированной костной структурой [16]. Происходят изменения в хряще и костной ткани, регенеративная способность хряща утрачивается, что замедляет процессы восстановления костной ткани и увеличивает сроки рассасывания некротической кости. Это может привести к развитию тяжелого артроза с дефектом пораженной кости [29].

Остеонекроз не отражается напрямую на рентгеновских снимках и обнаруживается за счет вторичных реактивных изменений в окружающей костной ткани. Повышенная плотность некротической зоны обусловлена ее отсутствием в обмене веществ, что сохраняет ее исходную плотность. В результате она выделяется на фоне остеопении, вызванной усиленной резорбцией окружающей живой костной ткани в области гиперемии. При поражении не всей кости, а лишь ее части, некротический участок отграничивается реактивной зоной от неизменной костной ткани. Рентгенограммы при этой патологии могут показать фрагментацию с участками повышенной плотности кости. Иногда отделяются фрагменты некротической кости, которые начинают свободно перемещаться внутри сустава. Отграничение некротической кости характеризуется развитием грануляционной ткани на границе с зоной некроза и остеосклероза по периферии. На рентгеновском снимке можно увидеть двойную линию вокруг области остеонекроза [31].

Асептический некроз визуализируется на КТ как увеличение склероза. КТ может быть полезна для дифференциации асептического некроза и сесамойдита, поскольку незначитель-

ное увеличение склероза, обнаруженное на КТ, будет способствовать диагностике остеонекроза. Сцинтиграфия костей имеет основополагающее значение для ранней диагностики, поскольку сцинтиграфические отклонения часто предшествуют рентгенологическим данным. Области с очень высоким или даже с очень низким поглощением радиофармпрепарата можно наблюдать в начале процесса некроза. МРТ особенно полезна при визуализации клинически выраженного асептического некроза, поскольку позволяет оценить внутренние аномалии костей и мягких тканей. На МРТ асептический некроз может показывать изменения в характере отека костного мозга, изолированного от сесамовидной кости (ранний период), или диффузное снижение сигнала (поздний период) [32].

Поэтому, важно учитывать различия между остеонекрозом и стресс-переломом при проведении диагностики на основе указанных характеристик. Во время обострения болезни пациент страдает от дискомфорта в суставе и ограничения движений конечности. Характерная черта – интенсивное недомогание, возникающее неожиданно в моменты полного комфорта. В анамнезе необходимо уточнять факторы, которые могут явиться причиной развития асептического некроза либо стресс-перелома. Стресс-перелом – это частая травма, которая возникает у спортсменов из-за перенапряжения, вызванного постоянной нагрузкой на кость в течение продолжительного периода времени. Они связаны с изменениями объема или усиления тренировочной нагрузки. У пациентов, у которых возникли болезненные ощущения или отек после увеличения активности или повторной активности с недостаточным отдыхом, возможно наличие стрессовых переломов, в то время как остеонекроз может проявиться без физической нагрузки на пораженную область. Плохой кровоток приводит к недостаточному снабжению суставных костей питательными веществами и кислородом, из-за чего их свойства ухудшаются. В пораженной зоне происходит постепенное разрушение всех элементов костной ткани [28]. На этом фоне происходит прогрессирование заболеваний суставов, которые вызывают сильные боли, и препятствуют естественному восстановлению. Рентгенограммы являются методом первой линии при диагностике стресс-перелома, позволяя обнаружить изменения в костной ткани до появления явного повреждения. Тогда как обнаружения начальной фазы асептического некроза рентгеновское исследование не является достаточно эффективным. При использовании обычного рентгеновского обследования патологические изменения можно обнаружить только после появления определенного признака на границе между здоровой костью и областью остеонекроза. Для обнаружения ранних фаз асептического некроза костей необходимо провести МРТ сканирование. Существует современный метод обследования, который использует МРТ и T2-картирование, когда уже на ранних стадиях визуализируется разница между измененными и здоровыми его участками. МРТ так же позволяет визуализировать отек костной ткани, который является важнейшим

параметром, лежащим в основе диагностики стресс-перелома. Стресс-переломы часто распространяются на суставную поверхность, в то время как субхондральные серповидные линии переломов при остеонекрозе расположены параллельно суставной поверхности. При остеонекрозе на МРТ присутствует признак двойной линии: серпентинозная наружная темная по T2 линия представлена склерозом и внутренняя светлая линия, представленная грануляционной тканью, а также вторичные дегенеративные изменения [22].

Сонография позволяет диагностировать невидимые для рентгена микротравмы и выявить возможные повреждения сесамовидного комплекса, давая качественную и количественную оценку посттравматических изменений пястно-фалангового сустава I пальца и, следовательно, является достоверной в сочетании с клиническим обследованием и рентгенографией при оценке сесамойдита без необходимости проведения дополнительных исследований [32].

Заключение. Тщательное понимание клинических особенностей течения патологического процесса и его правильная диагностика играют важную роль при выявлении стресс-перелома и асептического некроза сесамовидной кости. Это необходимо для предотвращения неправильного диагноза и ненужных вмешательств. Сбор анамнеза, изучение рода деятельности и хобби, а также обследование и использование соответствующих методов визуализации, вероятно, позволят определить этиологию этих патологий.

Визуализационные методы, в частности такие, как КТ, сцинтиграфия и, прежде всего, МРТ позволяют провести дифференциальную диагностику и установить правильный диагноз стресс-перелома или асептического некроза в наиболее ранние сроки. В связи с чем сцинтиграфия, КТ и МРТ должны использоваться в сочетании с индивидуальными анамnestическими и клиническими данными конкретного пациента для дальнейшего управления патологическим процессом. Кроме того, в дополнение к рентгенографии следует проводить УЗИ. В результате проведенной дифференциальной диагностики можно выявить связь сесамовидной кости с имеющимися и потенциальными жалобами и применить правильные подходы к лечению.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References:

1. Mayorov BA, Belenky IG, Sergeev GD, Grigoryan FS, Oleynik AV. Treatment of a victim with bilateral fractures of the tibial plateau with involvement of the posterior column (clinical case). MEDICAL ALLIANCE. 2023; 11(1): 62-67. (In Russ.) Майоров Б.А., Бельный И.Г., Сергеев Г.Д., Григорян Ф.С., Олейник А.В. Лечение пострадавшего с двусторонними переломами плато большеберцовой кости с вовлеченностью задней его колонны (клинический случай). МЕДИЦИНСКИЙ АЛЛИАНС. 2023; 11(1): 62-67.

2. Prokhorova ES, Urazgildev RZ, Eremushkin MA, Kolyshekov VA. Modern approaches to the treatment of patients with pseudarthrosis and defects of the long bones of the lower extremities: an analytical review. *Bulletin of restorative medicine*. 2020; 96(2): 84-9. (In Russ.) Прохорова Е.С., Уразгильдеев Р.З., Еремусшкин М.А., Колышенков В.А. Современные подходы к лечению пациентов с ложными суставами и дефектами длинных костей нижних конечностей: аналитический обзор. *Вестник восстановительной медицины*. 2020; 96(2): 84-9. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-84-89>
3. Imamov AM, Norkin IA, Voskresensky OYu, Emkuzhev OP, Muradaliyev KM, Zotkin VV, Zubavlenko RA. Aspects of mini-invasive surgery of static forefoot deformities. *Saratov Medical Scientific Journal*. 2018; 14(3): 540-5. (In Russ.) Имамов А.М., Норкин И.А., Воскресенский О.Ю., Емкужев О.П., Мурадалиев К.М., Зоткин В.В., Зубавленко Р.А. Аспекты мини-инвазивной хирургии статических деформаций переднего отдела стоп. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018; 14(3): 540-5.
4. Yeung AY, Arbor TC, Garg R. Anatomy, Sesamoid Bones. 2023 Apr 4. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. PMID: 35201699.
5. Aparisi Gómez MP, Aparisi F, Bartoloni A, Ferrando Fons MA, Battista G, Guglielmi G, Bazzocchi A. Anatomical variation in the ankle and foot: from incidental finding to inductor of pathology. Part II: midfoot and forefoot. *Insights Imaging*. 2019; 10(1): 69. doi: 10.1186/s13244-019-0747-1.
6. Al Shabibi A, Sirasanagandla SR, Al Thuhli Z, Al Dhuhli H, Al Mushaiqri M, Jaju S. Radiological Study on Sesamoid Bones of the Foot among Omani Subjects. *Oman Med J*. 2020; 35(4): e163. doi: 10.5001/omj.2020.105.
7. Brüser P. Die Pathologie der Sesambeine an der Hand [Pathology of the sesamoid bones of the hand]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1994; 26(6): 302-6. German. PMID: 7867981.
8. Martin Oliva X, Viladot Voegeli A. Aseptic (avascular) bone necrosis in the foot and ankle. *EFORT Open Rev*. 2020; 5(10):684-90. doi: 10.1302/2058-5241.5.200007.
9. Miller TT, Staron RB, Feldman F, Parisien M, Glucksman WJ, Gandolfo LH. The symptomatic accessory tarsal navicular bone: assessment with MR imaging. *Radiology*. 1995; 195(3): 849-53. doi: 10.1148/radiology.195.3.7754020
10. Toussierot É, Jeunet L, Michel F, Kantelip B, Wendling D. Avascular necrosis of the hallux sesamoids update with reference to two case-reports. *Jt Bone Spine*. 2003; 70(4): 307-9. doi: 10.1016/S1297-319X(03)00061-7.
11. Kalbouneh H, Alajoulin O, Shawaqfeh J, Abu-Hassan D, Al-Juboori S, Jaber S, Alshabat L, Massad T, Alsalem M. The anatomical variations of the lateral sesamoid bones of the foot: a retrospective radiographic analysis. *Folia Morphol (Warsz)*. 2022; 81(4): 983-90. doi: 10.5603/FM.a2021.0100.
12. Kiter E, Demirkan F, Kiliç BA, Erkula G. Beşinci metatarsofalangeal eklem sesamoidinin stres kırığı [Stress fracture of the fifth metatarsophalangeal sesamoid bone: a case report]. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2002; 36(5): 449-50. Turkish. PMID: 12594355.
13. Ozkoç G, Akpınar S, Ozalay M, Hersekli MA, Pourbagher A, Kayaselçuk F, Tandogan RN. Hallux sesamoid osteonecrosis: an overlooked cause of forefoot pain. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2005; 95(3): 277-80. doi: 10.7547/0950277.
14. Pretterklieber ML, Wanivenhaus A. The arterial supply of the sesamoid bones of the hallux: the course and source of the nutrient arteries as an anatomical basis for surgical approaches to the great toe. *Foot Ankle*. 1992; 13(1): 27-31. doi: 10.1177/107110079201300105.
15. Doğan Y. Radiographic and Ultrasonographic Evaluation of the Rare Sesamoid Bone of the Elbow: Os Subepicondylare Mediale. *Curr Med Imaging*. 2023. doi: 10.2174/1573405620666230405094331.
16. Buruian A, Pinheiro V, Fonseca F, Matos P. Fracture of the fabella with radiologic and MRI. *BMJ Case Rep*. 2023;16(11):e251811. doi: 10.1136/bcr-2022-251811.
17. Barral CM, Félix AM, Magalhães LN, Carvalho LA, Machado FS. The bone scintigraphy as a complementary exam in the diagnosis of the avascular necrosis of the sesamoid. *Rev Bras Ortop*. 2015; 47(2): 241-5. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30093-8.
18. Civan O, Şekerci R, Erciç N, Özer Ş, Güvenç İ, Keleş Çevik N, Özcanlı H. Sesamoid bones of the hand: A multicenter study. *Jt Dis Relat Surg*. 2020; 31(1): 68-72. doi: 10.5606/ehc.2020.70955.
19. Sims AL, Kurup HV. Painful sesamoid of the great toe. *World J Orthop*. 2014; 5(2): 146-50. doi: 10.5312/wjo.v5.i2.146.
20. Bartosiak K, McCormick JJ. Avascular Necrosis of the Sesamoids. *Foot Ankle Clin*. 2019; 24(1): 57-67. doi: 10.1016/j.fcl.2018.09.004.
21. Scala VA, Kikuchi CK. Sesamoid Avascular Necrosis and Stress Fracture Treated with Core Decompression and Biologic Augmentation. *Hawaii J Health Soc Welf*. 2022; 81(3 Suppl 1): 16-18.
22. Kim HG, Choi HY, Park JS, Ryu KN, Park SY, Jin W. Clinical Features and Radiological Differential Diagnoses of Symptomatic Sesamoid Bones and Accessory Ossicles: A Pictorial Essay. *Taehan Yongsang Uihakhoe Chi*. 2021; 82(1): 82-98. Korean. doi: 10.3348/jksr.2020.0020.
23. Pupiç-Bakrač J, Kajić M, Pupiç-Bakrač A. Differential-diagnostic approach to sesamoid injuries of foot: case report. *Medicina Fluminensis [Internet]*. 2018; 54(1): 80-4. https://doi.org/10.21860/medflum2018_192888
24. Choi YS, Lee KT, Kang HS, Kim EK. MR imaging findings of painful type II accessory navicular bone: correlation with surgical and pathologic studies. *Korean J Radiol*. 2004; 5(4): 274-9. doi: 10.3348/kjr.2004.5.4.274.
25. Becciolini M, Bonacchi G. Fracture of the sesamoid bones of the thumb associated with volar plate injury: ultrasound diagnosis. *J Ultrasound*. 2015; 18(4): 395-8. doi: 10.1007/s40477-015-0166-1.
26. Moon J, Graham R, Kushner D, Ling S, Jonnagalladda P, Ali S. Symptomatic Accessory Ossicles of the Foot and Ankle. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2023; 52(4): 300-11. doi: 10.1067/j.cpradiol.2023.03.009.
27. Tabatabaee RM, Saberi S, Parvizi J, Mortazavi SMJ, Farzan M. Combining Concentrated Autologous Bone Marrow Stem Cells Injection With Core Decompression Improves Outcome for Patients with Early-Stage Osteonecrosis of the Femoral Head: A Comparative Study. *J Arthroplasty*. 2015; 30(9): 11-15. doi: 10.1016/j.arth.2015.06.022.
28. Mellado JM, Ramos A, Salvadó E, Camins A, Danús M, Saurí A. Accessory ossicles and sesamoid bones of the ankle and foot: imaging findings, clinical significance and differential diagnosis. *Eur Radiol*. 2003; 13 Suppl 4: L164-77. doi: 10.1007/s00330-003-2011-8. PMID: 15018183.
29. Melvin JS, Mehta S. Patellar fractures in adults. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011; 19(4): 198-207. doi: 10.5435/00124635-201104000-00004.

30. Renander A. Two Cases of Typical Osteochondropathy of the Medial Sesamoid Bone of the First Metatarsal. Acta Radiol. 1924; Original S(6): 521-7. doi: 10.1177/028418512400300607.

31. Wood VE. The sesamoid bones of the hand and their pathology. J Hand Surg Br. 1984; 9(3): 261-4. doi: 10.1016/0266-7681(84)90038-x. PMID: 6512360.

32. Glorioso M, Perri S, Lombardo V, Di Brino M, Giovagnorio F. Ultrasound evaluation of the first finger's sesamoid bones: diagnostic value of sesamoid and subsesamoid indices. J Ultrasound. 2022; 25(1): 67-71. doi: 10.1007/s40477-020-00556-6.

Статья поступила в редакцию 27.04.2024; одобрена после рецензирования 00.00.2023; принята к публикации 00.00.2023.

The article was submitted 27.04.2024; approved after reviewing 00.00.2023; accepted for publication 00.00.2023.

Информация об авторах:

Жулу Фань – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), e-mail: tzxhfrl@163.com, ORCID 0009-0006-0975-5962

Алексей Владимирович Лычагин – профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), директор клиники травматологии, ортопедии и патологии суставов, e-mail: Lychagin7543@outlook.com, ORCID: 0000-0002-2202-8149

Дмитрий Сергеевич Бобров – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), e-mail dsbmed@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1190-7498.

Алёна Александровна Шубкина – врач – травматолог-ортопед отделения медицинской реабилитации УКБ№2 клинического центра ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский Университет), e-mail: alenashubkina@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Жулу Фань, e-mail: tzxhfrl@163.com

Information about the authors:

Rulu Fan – postgraduate Doctor of Physician, Department of Traumatology, Orthopedics and Catastrophic Surgery, email: tzxhfrl@163.com

Alexey V. Lychagin – Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Catastrophic Surgery, Director of the Clinic of Traumatology, Orthopedics and Joint Pathology, email: Lychagin7543@outlook.com.

Dmitry S. Bobrov – Ph, Associate Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Catastrophic Surgery, Moscow, Russia 119435, email:dsbmed@mail.ru.

Alena A. Shubkina – PhD, doctor of trauma I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, e-mail: alenashubkina@gmail.com

Corresponding author – Fan Rulu, Tel: +79256776581, E-mail: tzxhfrl@163.com

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-75-84>

УДК 611.728.3

© А.Д. Репетюк, Е.Е. Ачкасов, Э.П. Пикулев, К.А. Ааль, 2024

Обзор литературы / Literature review



PATELLA ALTA КАК АКТУАЛЬНЫЙ ФАКТОР РИСКА НЕСТАБИЛЬНОСТИ НАДКОЛЕННО-БЕДРЕННОГО СУСТАВА: ВОПРОСЫ ЭТИОЛОГИИ, БИОМЕХАНИКИ, ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.Д. РЕПЕТЮК, Е.Е. АЧКАСОВ, Э.П. ПИКУЛЕВ, К.А. ААЛЬ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва, Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

Аннотация

Введение. В настоящее время patella alta или высокий надколенник является важным и независимым фактором риска развития нестабильности надколенника и может приводить к развитию патологий коленного сустава, таких как: вывих надколенника, остеоартрит, тендинопатия собственной связки надколенника, синдром пателлофemorальной боли, разрыв передней крестообразной связки и болезнь Осгуда-Шляттера.

Материалы и методы. Наше исследование включает в себя анализ данных литературы поисковых систем PubMed и отечественной электронной библиотеки научных публикаций eLIBRARY с целью оценки распространённости patella alta, особенностей влияния данного фактора риска на биомеханику коленного сустава и на развитие нестабильности надколенно-бедренного сустава, методов диагностики, дальнейших методов комплексного лечения и возможности возвращения к спортивной деятельности на профессиональном уровне (особенно у физически активных детей в период скачка роста).

Выводы. Клинико-лучевая диагностика patella alta не представляет трудностей, в настоящий момент определены надёжные рентгенологические индексы –модифицированный индекс Инсолла–Сальвати и Катона–Дешама, при этом применение последнего показало высокую надёжность, в том числе у детей. Также чаще всего patella alta не является изолированным фактором риска и наблюдается в сочетании с другими наиболее частыми факторами риска нестабильности надколенника.

В связи с этим требуется комплексный подход в изучении patella alta при различных патологиях коленного сустава, в выборе консервативного лечения, а также дифференцированный подход к оперативному вмешательству при вывихе надколенника с данным фактором риска в виде выбора вида оперативного лечения (в том числе с учетом возрастных особенностей) между пластикой медиальной пателлофemorальной связки, или комбинированной пластики медиальной пателлофemorальной связки и медиальной надколенно-большеберцовой связки, или дистализации бугристости большеберцовой кости, или имбрикации сухожилия надколенника.

Ключевые слова: patella alta; высокий надколенник; нестабильность надколенно-бедренного сустава; травматический вывих надколенника

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

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Репетюк А.Д., Ачкасов Е.Е., Пикулев Э.П., Ааль К.А., PATELLA ALTA КАК АКТУАЛЬНЫЙ ФАКТОР РИСКА НЕСТАБИЛЬНОСТИ НАДКОЛЕННО-БЕДРЕННОГО СУСТАВА: ВОПРОСЫ ЭТИОЛОГИИ, БИОМЕХАНИКИ, ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).

Кафедра травматологии и ортопедии. 2024. № 2(56). С. 75–84 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-75-84>

PATELLA ALTA AS AN ACTUAL RISK FACTOR OF PATELLOFEMORAL INSTABILITY: ASPECTS OF ETIOLOGY, BIOMECHANICS, DIAGNOSIS AND TREATMENT (LITERATURE REVIEW)

ALEXEY D. REPETYUK, EVGENY E. ACHKASOV, EDUARD P. PIKULEV, KSINIA A. AAL

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

Introduction. Patella alta or high-riding patella is important and independent risk factor of patellar instability and can lead to development of pathologies of knee joint: patellar dislocation, osteoarthritis, patellar tendinopathy, patellofemoral pain syndrome, rupture of the anterior cruciate ligament and Osgood-Schlatter disease.

Materials and methods. Our research includes data analysis of literature of PubMed and Russian national electronic scientific library eLIBRARY with the aim of assessing the prevalence of patella alta, specificities of the influence of this risk factor to the biomechanics of the knee joint and to the development

of patellofemoral joint instability, diagnostic methods, further methods of complex treatment and the possibility of returning to sports activities at the professional level (especially in physically active children).

Conclusion. Clinical and radiological diagnostics of patella alta doesn't present difficulties. Reliable radiological indexes have been determined – modified Insall – Salvati index and Caton – Deschamps index. The last one has shown high reliability in children as well. In most cases patella alta is not isolated risk factor and it is observed in the combination with the most common risk factors of patellar instability.

The comprehensive approach is required in the study of patella alta in various pathologies of the knee joint, conservative treatment and the differential approach to a surgery of patellar dislocation with this risk factor between the reconstruction of the medial patellofemoral ligament, or combined reconstruction of the medial patellofemoral ligament and the medial patellotibial ligament, or distalization of the tuberosity of the tibia, or imbrication of the patellar tendon.

Key words: patella alta; high-riding patella; instability of the patella-femoral joint; traumatic patellar dislocation.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Repetyuk A.D., Achkasov E.E., Pikulev E.P., Aal K.A., PATELLA ALTA AS AN ACTUAL RISK FACTOR OF PATELLOFEMORAL INSTABILITY: ASPECTS OF ETIOLOGY, BIOMECHANICS, DIAGNOSIS AND TREATMENT (LITERATURE REVIEW). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 2. pp. 75–84 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-2-75-84>

Введение

Высокое стояние надколенника или patella alta – это патологическое состояние, при котором надколенник находится высоко над блоковой бороздой, и наблюдается удлинение собственной связки надколенника. [1]

В литературе это состояние часто упоминается в отношении остеоартрита коленного сустава, нестабильности или хондромалии надколенника, пателлофemorальной боли, тендинопатии собственной связки надколенника с отложением депозитов кальция, а также развитию patella alta у подростков во время скачка роста. [2] По мнению Shabshin N. и соавторов, patella alta может являться нормальной анатомической вариацией и у многих пациентов остаётся бессимптомной. [3]

Patella alta является известным фактором риска нестабильности надколенника, приводящим к широкому спектру травм в спорте у физически активных лиц. [4,5]

В частности, рецидивирующая нестабильность надколенника при наличии patella alta является сложной проблемой, возникающей у лиц с незрелым скелетом и требующая внимания как со стороны диагностики, так и со стороны подходов к лечению. [6,7]

Также актуален вопрос о возможности возвращения спортсменов на прежний уровень активности в элитном спорте после хирургического лечения вывиха надколенника, который может произойти и при patella alta. [7]

Этиология и эпидемиология

Patella alta может быть наследственной или приобретённой проблемой опорно-двигательного аппарата, в том числе после спортивной травмы у детей. [4,8,9] Среди приобретенных причин в литературе выделяют развитие patella alta после вывиха надколенника, однако точно неизвестно является ли patella alta, действительно, причиной или осложнением вывиха. [9] Среди других приобретенных причин выделяют травматическое на-

рушение медиальной пателлофemorальной связки. [10] Shannon и соавторы сообщают, что существует проблема, которая не позволяет определить patella alta как первичный или вторичный фактор риска развития вывиха надколенника. [11] К другим приобретенным причинам развития patella alta также относят перестройку опорно-двигательного аппарата в период скачка роста у детей. [8]

В литературе неврологической практики описывают наличие patella alta при детском церебральном параличе (ДЦП). По данным исследования Davids J. и соавторов, patella alta установлена у 61% пациентов с диагнозом ДЦП, при этом реже встречалась с односторонним ДЦП (в 47% случаев) и с двусторонним ДЦП (в 74% случаев). [12]

Наиболее часто patella alta наблюдают при вывихе надколенника, как результат нестабильности надколенника. Сообщается, что patella alta присутствует у 50–60% пациентов с впервые выявленным вывихом надколенника и примерно у 30% пациентов с рецидивирующим вывихом надколенника. [6] По данным Neyret P. и соавторов, patella alta при нестабильности надколенника определяется у 48% пациентов при использовании индекса Катона-Дешама. [13]

В большинстве случаев patella alta является не единственным фактором риска нестабильности надколенника. Помимо patella alta, основными факторами, значимо способствующими развитию нестабильности надколенника, являются: дисплазия мыщелков бедренной кости и увеличение расстояния между бугристостью большеберцовой кости и блоковой бороздой. [14,15] Существуют и другие факторы нестабильности надколенно-бедренного сустава: недостаточность медиальной надколенно-бедренной связки, гипермобильность суставов, варусная деформация коленного сустава. В то же время связь этих анатомических факторов и их влияние на нестабильность надколенно-бедренного сустава чётко не определены. [15,16]

Биомеханические предпосылки нестабильности надколенно-бедренного сустава при patella alta

Стабильность надколенника в коленном суставе обеспечивается взаимодействием костных и мягкотканых структур. [17] Patella alta является одним из важных факторов риска нестабильности надколенника [6], увеличивая риск её возникновения от 1,6 до 10,6 раз. [18]

При patella alta чем более проксимально располагается надколенник, тем больше угол сгибания в коленном суставе, при котором происходит его вхождение в борозду блока бедренной кости, и меньше стабильность надколенника. [19] Более проксимальное расположение надколенника ведет к снижению биомеханических контактных сил между надколенником и блоком до 3% на каждый миллиметр увеличения высоты надколенника. [11] После 10–15° сгибания надколенник, попадая в борозду бедренной кости, получает дополнительно костное сопротивление вывиху при нормальной сформированной борозде. При patella alta этого не происходит до тех пор, пока колено не согнется до 20–30°, что ведет к риску непопадания надколенника в борозду и, как следствие, к вывиху. [17] Позднее вхождение в блоковую борозду, способствующее снижению сопротивления латеральному перемещению надколенника [6], и увеличенная длина сухожилия надколенника, приводящая к патологическому увеличению движения надколенника во фронтальной плоскости, способствуют возникновению латеральной нестабильности надколенника. [11,20]

Уменьшение площади контакта надколенника с суставной поверхностью бедренной кости, в свою очередь, ведет к повышению нагрузки на коленные суставы и увеличению предрасположенности к пателлофemorальной дисфункции с повреждением суставного хряща. [21] Отмечается, что риск развития остеоартрита у пациентов с patella alta выше в 6 раз, по сравнению с пациентами без данного фактора риска. [22]

Особенности диагностики Patella alta

Patella alta клинически связана с рецидивирующим вывихом надколенника и синдромом пателлофemorальной боли, чаще возникающих в молодом возрасте и, в большинстве случаев, представляющих результат спортивной травмы. [7,23] С другой стороны, patella alta также может быть нормальным анатомическим вариантом и не имеет клинических проявлений, если нет других факторов нестабильности. [23]

Patella alta может являться случайной находкой при визуализационных методах исследования или может быть диагностирована как сопутствующее нарушение опорно-двигательного аппарата при диагностике других патологий, например, таких как: вывих надколенника, тендинопатия собственной связки надколенника, разрыва передней крестообразной связки и болезни Осгуда-Шляттера. [3,6,13,24]

Для диагностики высоты надколенника используют многочисленные методы и определяют соответствующие соотношения. [25] Широко используемыми методами визуализации являются традиционная рентгенография, компьютерная томография (КТ)

и магнитно-резонансная томография (МРТ). Giovagnorio и соавторы предложили ультразвуковой метод исследования как хороший метод визуализации для измерения высоты надколенника, уменьшая необходимость в других методах визуализации. [26]

В литературе описаны пять индексов надколенно-бедренной нестабильности для оценки высоты надколенника: индекс Инсолла-Сальвати (ISI); Модифицированный индекс Инсолла-Сальвати (MISI); Индекс Катона-Дешама (CDI); Индекс Блэкберна-Пила (BPI); и трохлеарный индекс (PTI). (рисунок 1) [15,26] Эти методы либо связывают положение надколенника с бедренной костью (прямая оценка), либо связывают положение надколенника с большеберцовой костью (косвенная оценка). [25]

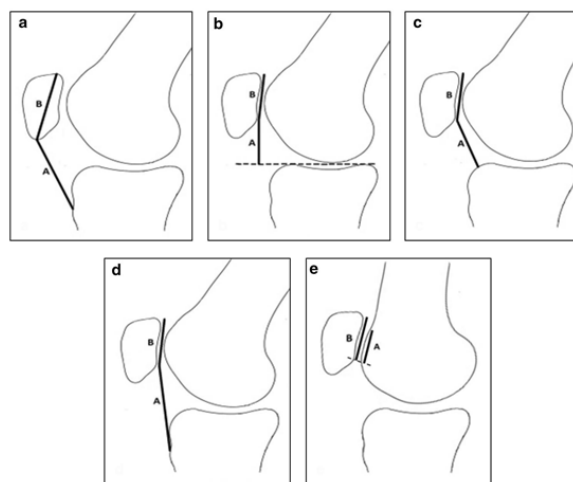


Рисунок 1. Методы измерения высоты надколенника

- а. Индекс Инсолла-Сальвати:** отношение длины сухожилия надколенника (измеряется от дистального полюса надколенника до бугристости большеберцовой кости) (А) к максимальной длине надколенника (измеряется от дистального полюса до проксимального полюса надколенника) (В)
 - б. Индекс Блэкберна-Пила:** отношение высоты дистального полюса суставной поверхности надколенника над линией плато большеберцовой кости (А) к длине суставной поверхности надколенника (В)
 - с. Индекс Катона-Дешама:** соотношение расстояния между передне-верхней точкой плато большеберцовой кости и дистальным полюсом суставной поверхности надколенника (А) к длине суставной поверхности надколенника (В)
 - д. Модифицированный индекс Инсолла-Сальвати:** отношение расстояния между дистальным полюсом суставной поверхности надколенника и бугристостью большеберцовой кости (А) к длине суставной поверхности надколенника (В).
 - е. Трохлеарный индекс:** процент перекрытия хряща блоковой поверхности бедренной кости (измеряется от самой верхней части хряща блоковой поверхности по отношению к нижней части суставного хряща надколенника с использованием прямого угла и параллельных линий) (А) и суставного хряща надколенника (В)
- Изображение копировано из статьи: Verhulst F. V. et al. Patellar height measurements: Insall-Salvati ratio is most reliable method // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2020. Vol. 28, № 3. P. 869-875.)

В литературе нет единого мнения относительно методов измерения и пороговых значений измерения высоты надколенника и определения patella alta, которые важны для подтверждения диагноза и принятия верной тактики лечения. [23] Для каждого индекса определены крайние значения, при которых можно говорить о наличии patella alta (Таблица 1). [23,25]

Таблица 1

Крайние значения индексов для определения Patella alta и нормы

Индекс	Нормальный над- коленник	Patella alta
Инсолла-Сальвати	0,8-1,2	>1,2
Модифицированный Инсолла-Сальвати	Не определены	>2,0
Блэкберна-Пила	0,8-1,0	>1,0
Катона-Дешама	0,6-1,3	>1,3
Трохлеарный	12,5-50,0%	<12,5%

Индекс Инсолла-Сальвати, модифицированный индекс Инсолла-Сальвати, индекс Блэкберна-Пила, индекс Катона-Дешама изначально были разработаны для измерения высоты надколенника на рентгенограмме. Эти методы также можно применять к изображениям КТ или МРТ, и в этом случае могут использоваться другие нормальные значения. [26]

Если считается, что аномальная высота надколенника (высокая или низкая) является основной патологией надколенно-бедренного сустава, вызывающей нестабильность или боль, то рекомендуется МРТ, особенно если консервативное лечение не было успешным, и можно рассмотреть возможность хирургического вмешательства. Кроме того, МРТ является безопасным методом вследствие отсутствия ионизирующего излучения и может активно применяться у подростков. [2] При этом в случае выявления patella alta при вывихе надколенника, согласно МРТ классификации по Frosch, этот вывих стоит отнести к 3b типу вывиха надколенника. [27]

Среди индексов при всех методах визуализации лучшую надежность показывают индекс Катона-Дешама и модифицированный индекс Инсолла-Сальвати. Также пателло-трохлеарный индекс показывает хорошую надежность при МРТ. [26] При этом показатель индекса Катона-Дешама от 1,2 до 1,3 свидетельствуют о легкой patella alta, а при индексе 1,3–1,4 — о тяжелой. [19]

При стандартной рентгенографии среди наиболее применяемых индексов для оценки высоты надколенника самым надёжным оказался индекс Инсолла-Сальвати. Однако несмотря на то, что он показал второй лучший показатель надежности,

авторы рекомендуют использовать модифицированный индекс Инсолла-Сальвати, поскольку, согласно данным литературы, он имеет более высокую достоверность. [25]

У детей индекс Инсолла-Сальвати ненадежен и значительно превышает определение диагноза patella alta. Более надежным рентгенологическим методом определения у пациентов с неокостеневшим скелетом является индекс Катона-Дешама, при котором определяется сильная корреляция взаимосвязи количественной оценки patella alta с возрастом пациентов. [6,16]

Невозможно с точностью утверждать, какой метод более достоверно описывает истинную высоту надколенника. Определяется тенденция, что некоторые индексы более склонны к определению нормальной высоты надколенника, patella alta или patella baja. Основываясь на результатах исследований, нельзя достоверно интерпретировать эти данные, и требуется дополнительная информация для сравнения здоровых, нездоровых и прооперированных коленей. [9]

Кроме того, Nizic и соавторы предлагают новый метод диагностики patella alta, который является простым, точным и воспроизводимым. Также они утверждают, что измерение высоты надколенника с использованием бедренной контрольной точки лучше, чем метод, основанный на использовании измерения точек большеберцовой кости, при подозрении на patella alta. [26]

В боковой проекции рентгенограммы коленного сустава длинная ось наложенных яйцеобразных мышечков бедренной кости была нарисована и перемещена вверх, чтобы пройти через точку, где встречаются задние контуры диафиза бедренной кости и мышечки бедренной кости (задняя контрольная точка), чтобы стать новой контрольной линией (рис. 2 и 3). Любая часть надколенника, пересекающая эту новую линию, свидетельствует о patella alta. По данным авторов, новая референтная линия и наиболее распространенные соотношения высоты надколенника одинаково точны. [28]

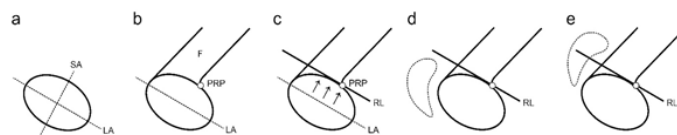


Рисунок 2. Новая контрольная линия в диагностике patella alta на цифровых боковых рентгенограммах колена.

- Наложённые тени мышечков бедренной кости имеют короткую ось (SA) и длинную ось (LA).
- В боковой проекции рентгенограммы коленного сустава наложенные тени мышечков бедренной кости имеют вид яйцевидной структуры с длинной осью (LA). Точка пересечения задних контуров диафиза бедренной кости (F) и мышечков бедренной кости является задней контрольной точкой (PRP).
- Последовательно была проведена длинная ось (LA) наложенных мышечков бедренной кости и перемещена вверх (стрелки), чтобы пройти через заднюю контрольную точку (PRP) и стать новой контрольной линией (RL).
- Нормально расположенный надколенник не пересекает новую контрольную линию (RL).

е. Надколенник при patella alta, пересек новую контрольную линию (RL).
(Изображение копировано из статьи: Nizić D., Pervan M., Kovačević B. A new reference line in diagnosing a high-riding patella on routine digital lateral radiographs of the knee // Skeletal Radiol. 2014. Vol. 43, № 8. P. 1129-1137.)

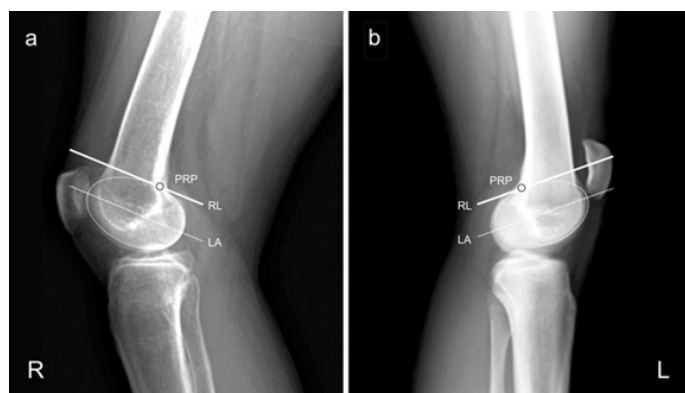


Рисунок 3. Новая контрольная линия в диагностике patella alta на цифровой боковой рентгенограмме колена.

a. Нормальное положение надколенника **b.** Patella alta. L левое колено, LA длинная ось наложенных яйцевидных теней мыщелков бедренной кости, PRP задняя контрольная точка, где встречаются задние контуры диафиза бедренной кости и мыщелки бедренной кости, R правое колено, RL новая контрольная линия

(Изображение копировано из статьи: Nizić D., Pervan M., Kovačević B. A new reference line in diagnosing a high-riding patella on routine digital lateral radiographs of the knee // Skeletal Radiol. 2014. Vol. 43, № 8. P. 1129-1137.)

Лечебная тактика и возвращение в спорт при наличии Patella alta

Лечение Patella alta чаще начинают при развитии острых вывихов надколенника. Консервативное лечение является методом выбора начального лечения впервые возникших острых вывихов надколенника при отсутствии костно-хрящевых повреждений с целью уменьшения боли, отека, ранней двигательной активности в коленном суставе. Комплексное лечение нестабильности надколенника составляют: физиотерапия в виде криотерапии и электростимуляции с упражнениями на четырехглавую мышцу бедра, модификация физической активности, силовые тренировки и ношение шины или ортеза, стабилизирующие надколенник. Нет единого мнения насчет иммобилизации: с одной стороны есть рекомендации по стабилизации надколенника на срок до 3 недель и раннюю активизацию, с другой – длительный период иммобилизации более 4 недель с целью заживления поврежденных структур медиальной пателлофemorальной связки (Medial Patellofemoral Ligament, MPFL). Коленный ортез можно зафиксировать либо в разогнутом положении, либо в положении 20° градусов сгибания, так как это положение создает наименьшую нагрузку на травмированную MPFL. Иммобилизация позволяет контролировать боль и начать заживление тканей после острого

эпизода. В это время разрешается использовать костыли для снижения нагрузки. [7,16,29,30]

После третьей недели иммобилизации рекомендуются ранние активные движения и укрепление медиальной широкой мышцы бедра (*m. vastus medialis*) или всей четырехглавой мышцы бедра (*m. quadriceps femoris*). Также рекомендуется достижение динамической стабильности в ягодичных мышцах, мышцах задней поверхности бедра, трехглавой мышце голени. При сохранении боли, выпота в коленном суставе, нестабильности или невозможности возвращения к занятию спортом от 6 недель до 3 месяцев, необходимо рассмотреть тактику оперативного лечения. [30,31] Применяя протокол консервативного лечения, стоит помнить, что частота повторных подвывихов и вывихов может достигать 49–85%. [32,33]

Раньше хирургическое лечение проводилось при показателе индекса Катона-Дешама более 1,2, в настоящее время некоторые авторы предлагают проведение коррекции patella alta при показателе индекса Катона-Дешама более 1,4 или 1,3. [19]

Существуют и другие показания для проведения хирургического лечения patella alta. В связи с тем, что patella alta, блоковая дисплазия высокой степени и возраст < 21 года являются независимыми факторами риска развития нестабильности надколенника с суммирующим эффектом, то при наличии 2 и более факторов возможно проведение хирургического лечения. [34]

В случае отсутствия эффекта от консервативного лечения при острых вывихах рекомендуется проведение восстановления MPFL. [31] Предполагается, что реконструкция MPFL, помимо восстановления медиальных динамических стабилизаторов, уменьшает высоту надколенника за счёт дополнительного нижнего векторного угла. Восстановление MPFL может рассматриваться как метод первой линии терапии при рецидивирующих вывихах надколенника. Также предлагается проведение комбинированной реконструкции MPFL и медиальной надколенно-большеберцовой связки (Medial Patellotibial Ligament, MPTL), которая связана с уменьшением высоты надколенника при его нестабильности. [11]

У пациентов с тяжелой формой patella alta, такой как: Катона-Дешам $\geq 1,3$, боковое смещение (Tibial tuberosity to trochlear groove distance, TT-TG) ≥ 20 мм или дисплазией мыщелков бедренной кости высокой степени, - необходимо рассматривать не только проведение реконструкции MPFL (или комбинированную реконструкцию MPFL и MPTL), но и остеотомию бугорка большеберцовой кости. [11]

При отсутствии эффективности реконструкции MPFL при patella alta показана дистализация бугристости большеберцовой кости. [7] Однако дистализация бугристости большеберцовой кости не может быть рекомендована у лиц с незрелым скелетом из-за риска остановки роста большеберцовой кости. [6]

Также предлагаются новые методики лечения нестабильности надколенно-бедренного сустава при patella alta, такие как имбрикация сухожилия надколенника. Этот метод позволяет надежно корректировать patella alta и обеспечивает

стабильность надколенника без осложнений в течении 2 лет после остеотомии. Преимуществом данного метода является возможность проведения операции у пациентов с незрелым скелетом. [35,36] Хирургическое лечение patella alta, независимо от выполняемых вспомогательных процедур, приводит к улучшению стабильности надколенника и бедренной кости. [31]

Говоря про возвращение к участию в соревнованиях после лечения нестабильности надколенника (Return to play, RTP), стоит руководствоваться достижением следующих критериев: полное клинико-рентгенологическое выздоровление, индекс симметрии конечностей более 85% при прыжковых тестах, психологическая готовность к спорту, полная или почти полная амплитуда движений, адекватная производительность во время спортивных упражнений и адекватный контроль во время динамических движений. [37]

Platt BN. и соавторы сообщают о среднем времени возвращения в спорт (RTS) после реконструкции MPFL и указывают широкий диапазон (3 - 12 месяцев), который может быть связан с разными протоколами послеоперационной реабилитации. [38] В нескольких исследованиях сообщалось о RTS после реконструкции MPFL. Ronga и соавторы обнаружили, что только 9 из 28 (33%) пациентов смогли возобновить соревновательный уровень до травмы, в том числе 3 (10%) — на более высоком уровне, остальные 16 пациентов (57%) опустили на более низкий уровень. [39]

Заключение

Таким образом, результаты проведённого нами обзора показывают, что patella alta является значимым предрасполагающим фактором риска развития нестабильности надколенника, которая может привести к таким травмам и заболеваниям как: вывих надколенника, хондромалиция и остеоартрит. Patella alta может быть случайной находкой при инструментальных методах диагностики. Применение индекса Катона-Дешама у пациентов с высоким стоянием надколенника в дальнейших научных исследованиях позволит стратифицировать риск развития нестабильности надколенника в зависимости от степени patella alta. Особенно важно учитывать этот фактор у юных спортсменов, так как нестабильность и последующий вывих надколенника может стать угрозой на пути к спортивному совершенствованию.

Стратификация риска у таких пациентов в российской литературе недостаточно изучена по сравнению с зарубежными научными источниками, требуются дополнительные исследования по определению вероятности травматических событий и критериев продолжения спортивной карьеры у юных спортсменов с диагностированной patella alta без сопутствующего вывиха надколенника, а также исследования о методах первичной профилактики для предотвращения травматизма в виде наиболее частой проблемы - травматического вывиха надколенника, при котором patella alta

присутствует у 50-60% пациентов с впервые выявленным вывихом и примерно у 30% пациентов с рецидивирующим вывихом.

Современные рекомендации у пациентов с patella alta при впервые диагностированном вывихе надколенника основываются на консервативной тактике лечения в течении первых 6 недель и до 3 месяцев. В случае неудовлетворительных результатов и развития рецидивирующего вывиха рекомендуется оперативное лечение.

Список литературы / References

1. Diederichs G, Issever AS, Scheffler S. MR imaging of patellar instability: injury patterns and assessment of risk factors [published correction appears in Radiographics. 2011 Mar-Apr;31(2):624]. Radiographics. 2010;30(4):961-981. doi:10.1148/rg.304095755
2. Biedert RM, Albrecht S. The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar height. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006;14(8):707-712. doi:10.1007/s00167-005-0015-4
3. Shabshin N, Schweitzer ME, Morrison WB, Parker L. MRI criteria for patella alta and baja. Skeletal Radiol. 2004;33(8):445-450. doi:10.1007/s00256-004-0794-6
4. Bruijn JD, Sanders RJ, Jansen BR. Ossification in the patellar tendon and patella alta following sports injuries in children. Complications of sleeve fractures after conservative treatment. Arch Orthop Trauma Surg. 1993;112(3):157-158. doi:10.1007/BF00449996.
5. Sanders TL, Pareek A, Hewett TE, Stuart MJ, Dahm DL, Krych AJ. Incidence of First-Time Lateral Patellar Dislocation: A 21-Year Population-Based Study. Sports Health. 2018;10(2):146-151. doi:10.1177/1941738117725055.
6. Hampton M., Ali F, Nicolaou N. Management of recurrent patellofemoral instability with patella alta in the skeletally immature. Journal of Arthroscopy and Joint Surgery. 2021;8(2):184-192.
7. Samelis PV, Koulouvaris P, Savvidou O, Mavrogenis A, Samelis VP, Papagelopoulos PJ. Patellar Dislocation: Workup and Decision-Making. Cureus. 2023;15(10):e46743. Published 2023 Oct 9. doi:10.7759/cureus.46743
8. Micheli L.J. et al. Patella alta and the adolescent growth spurt. Clin Orthop Relat Res. 1986;213:159-162.
9. Anagnostakos K, Lorbach O, Reiter S, Kohn D. Comparison of five patellar height measurement methods in 90° knee flexion. Int Orthop. 2011;35(12):1791-1797. doi:10.1007/s00264-011-1236-4
10. Yang Y, Zhang Q. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament and reinforcement of the medial patellotibial ligament is an effective treatment for patellofemoral instability with patella alta. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2019;27(8):2599-2607. doi:10.1007/s00167-018-5281-z
11. Shih SSW, Kuo CL, Lee DYH. MPFL reconstruction corrects patella alta: a cohort study. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2022;32(5):883-889. doi:10.1007/s00590-021-03056-3
12. Davids JR, Kulkarni VA, Bagley AM, et al. Patella Alta in Ambulatory Children With Cerebral Palsy: Prevalence and Functional

Significance. *J Pediatr Orthop.* 2020;40(10):e963-e971. doi:10.1097/BPO.0000000000001664

13. Neyret P, Robinson AH, Le Coultre B, Lapra C, Chambat P. Patellar tendon length--the factor in patellar instability?. *Knee.* 2002;9(1):3-6. doi:10.1016/s0968-0160(01)00136-3

14. Kwak YH, Nam JH, Koh YG, Kang KT. Correlation of Femoral Trochlear Dysplasia With Anterior Cruciate Ligament Injury in Skeletally Immature Patients. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(9):23259671211022690. Published 2021 Sep 2. doi:10.1177/23259671211022690

15. Barbosa RM, da Silva MV, Macedo CS, Santos CP. Imaging evaluation of patellofemoral joint instability: a review. *Knee Surg Relat Res.* 2023;35(1):7. Published 2023 Mar 13. doi:10.1186/s43019-023-00180-8

16. Ries Z, Bollier M. Patellofemoral Instability in Active Adolescents. *J Knee Surg.* 2015;28(4):265-277. doi:10.1055/s-0035-1549017

17. Лукаш А.А., Писклаков А.В., Пономарев В.И., Ситко Л.А., Ларькин И.И. оценка рисков повторного вывиха надколенника при его первичном травматическом вывихе у детей. *Вятский медицинский вестник.* 2022;2 (74):37-42. doi: 10.24412/2220-7880-2022-274-37-42. [Lukash A.A., Pisklavov A V. Assessment of the risk of patella recurrent dislocation in children. 2022;2 (74):37-42. doi: 10.24412/2220-7880-2022-274-37-42. (in Russian)]

18. Martin RK, Leland DP, Krych AJ, Dahm DL. Treatment of First-time Patellar Dislocations and Evaluation of Risk Factors for Recurrent Patellar Instability. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2019;27(4):130-135. doi:10.1097/JSA.0000000000000239.

19. Хоминец, В. В., Конокотин, Д. А., Рикун, О. В., Федотов, А. О., Гранкин, А. С., Воробьев, А. С. Современные подходы к диагностике и лечению нестабильности надколенника: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России* 2023;29(2):C.130-143. doi: 10.17816/2311-2905-2355. [Khominec V. V. et al. Current Concepts in Diagnostics and Treatment of Patellar Instability: Review // Traumatology and Orthopedics of Russia. 2023;29(2):P. 130-143. doi: 10.17816/2311-2905-2355. (in Russian)]

20. Mayer C, Magnussen RA, Servien E, et al. Patellar tendon tenodesis in association with tibial tubercle distalization for the treatment of episodic patellar dislocation with patella alta. *Am J Sports Med.* 2012;40(2):346-351. doi:10.1177/0363546511427117

21. Ward SR, Powers CM. The influence of patella alta on patellofemoral joint stress during normal and fast walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2004;19(10):1040-1047. doi:10.1016/j.clinbiomech.2004.07.009

22. Knapik DM, Kunze KN, Azua E, Vadhera A, Yanke AB, Chahla J. Radiographic and Clinical Outcomes After Tibial Tubercle Osteotomy for the Treatment of Patella Alta: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2022;50(7):2042-2051. doi:10.1177/03635465211012371.

23. Biedert RM, Tscholl PM. Patella Alta: A Comprehensive Review of Current Knowledge. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2017;46(6):290-300.

24. Akgün AS, Agirman M. Associations between Anterior Cruciate Ligament Injuries and Patella Alta and Trochlear Dysplasia in Adults Using Magnetic Resonance Imaging. *J Knee Surg.* 2021;34(11):1220-1226. doi:10.1055/s-0040-1702198

25. van Duijvenbode D, Stavenuit M, Burger B, van Dijke C, Spermon J, Hoozemans M. The reliability of four widely used patellar height

ratios. *Int Orthop.* 2016;40(3):493-497. doi:10.1007/s00264-015-2908-2

26. Verhulst FV, van Sambeek JDP, Olthuis GS, van der Ree J, Koëter S. Patellar height measurements: Insall-Salvati ratio is most reliable method. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(3):869-875. doi:10.1007/s00167-019-05531-1

27. Frosch KH, Akoto R, Schmeling A. Patellaluxation bei Sportlern [Patella dislocation in athletes]. *Chirurg.* 2014;85(10):879-887. doi:10.1007/s00104-014-2772-4.

28. Nizić D, Pervan M, Kovačević B. A new reference line in diagnosing a high-riding patella on routine digital lateral radiographs of the knee. *Skeletal Radiol.* 2014;43(8):1129-1137. doi:10.1007/s00256-014-1825-6

29. Kim HK, Parikh S. Patellofemoral Instability in Children: Imaging Findings and Therapeutic Approaches. *Korean J Radiol.* 2022;23(6):674-687. doi:10.3348/kjr.2021.0577.

30. Moiz M, Smith N, Smith TO, Chawla A, Thompson P, Metcalfe A. Clinical Outcomes After the Nonoperative Management of Lateral Patellar Dislocations: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(6):2325967118766275. Published 2018 Jun 11. doi:10.1177/2325967118766275.

31. Vivekanantha P, Cohen D, Peterson D, de Sa D. Patellofemoral Instability in the Pediatric Population. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2023;16(7):255-262. doi:10.1007/s12178-023-09836-0

32. Grimm NL, Levy BJ, Jimenez AE, Crepeau AE, Lee Pace J. Traumatic Patellar Dislocations in Childhood and Adolescents. *Orthop Clin North Am.* 2020;51(4):481-491. doi:10.1016/j.ocl.2020.06.005.

33. Redler LH, Wright ML. Surgical Management of Patellofemoral Instability in the Skeletally Immature Patient. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(19):e405-e415. doi:10.5435/JAAOS-D-17-00255.

34. Martinez-Cano JP, Chica J, Martinez-Arboleda JJ, et al. Patellofemoral Dislocation Recurrence After a First Episode: A Case-Control Study. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(1):2325967120981636. Published 2021 Jan 28. doi:10.1177/2325967120981636.

35. Kakazu R, Luczak SB, Grimm NL, et al. Patellar Tendon Imbrication for Patella Alta. *Arthrosc Tech.* 2021;11(1):e7-e12. Published 2021 Dec 20. doi:10.1016/j.eats.2021.08.029.

36. Patel RM, Gombosh M, Polster J, Andrish J. Patellar Tendon Imbrication Is a Safe and Efficacious Technique to Shorten the Patellar Tendon in Patients With Patella Alta. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(10):2325967120959318. Published 2020 Oct 27. doi:10.1177/2325967120959318.

37. Sherman SL, Deasis DP, Garrone AJ, Voss EE, Oliver HA. Return to Play after Patellar Stabilization. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(2):280-284. doi:10.1007/s12178-018-9484-1.

38. Platt BN, Bowers LC, Magnuson JA, et al. Return to Sport After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2022;50(1):282-291. doi:10.1177/0363546521990004.

39. Krych AJ, O'Malley MP, Johnson NR, et al. Functional testing and return to sport following stabilization surgery for recurrent lateral patellar instability in competitive athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(3):711-718. doi:10.1007/s00167-016-

4409-2.

Информация об авторах:

Репетюк Алексей Дмитриевич – к. м. н., доцент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: repetyuk_a_d@staff.sechenov.ru

Ачкасов Евгений Евгеньевич – д. м. н., профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: achkasov_e_e@staff.sechenov.ru

Пикулев Эдуард Петрович – ординатор кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: e.p.pikulev@gmail.com

Ааль Ксения Андреевна – студент клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: ksumilenium@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Пикулев Эдуард Петрович, E-mail: e.p.pikulev@gmail.com

Information about authors:

Alexey D. Repetyuk – Ph.D in Medicine, Associate professor at the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: repetyuk_a_d@staff.sechenov.ru

Evgeny E. Achkasov – D.Sc in Medicine, Professor, Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: achkasov_e_e@staff.sechenov.ru

Eduard P. Pikulev – resident of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: e.p.pikulev@gmail.com

Ksenia A. Aal – student of N.F. Filatov Institute of Child Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: ksumilenium@mail.ru

Corresponding author: Eduard P. Pikulev, e-mail: e.p.pikulev@gmail.com

