

КАФЕДРА ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

ТЕМЫ НОМЕРА

- КЛИНИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ И РОТАЦИОННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ АРТРОСКОПИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ, ДОПОЛНЕННОМ ПЛАСТИКОЙ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ ИЛИ ЭКСТРААРТИКУЛЯРНЫМ ТЕНОДЕЗОМ У СПОРТСМЕНОВ
- ВЛИЯНИЕ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АРТРОСКОПИИ НА СОСТОЯНИЕ СИНОВИАЛЬНОЙ СРЕДЫ ГОЛЕНСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С НАЧАЛЬНЫМИ СТАДИЯМИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО КРУЗАРТРОЗА
- РОЛЬ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ ПРИ РЕВЕРСИВНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ



№ 2

ПРОФОРТОПЕДИЯ

ТРАДИЦИИ • РАЗВИТИЕ • ИННОВАЦИИ

UNIC®

Evolutis
CREATEUR FABRICANT



ПРОФОРТОПЕДИЯ

+7.495.230.05.84

info@profort.ru

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

№2 · 2022

Основан в 2012 году

Учредители: ФГАОУ ВО ПЕРВЫЙ МГМУ
ИМ. И.М.СЕЧЕНОВА МИНЗДРАВА
РОССИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ),
ООО «ПРОФИЛЬ — 2С»
123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 78;
тел./факс (499) 196-18-49;
E-mail: sp@profill.ru

Издатель: ООО «ПРОФИЛЬ — 2С»
123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 78;
тел./факс (499) 196-18-49;
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 (499) 196-18-49;
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: 28.06.2022

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

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

Журнал выходит с периодичностью 4 выпуска в год.

Распространение: Россия, зарубежные страны.

Цель журнала – освещение современных тенденций и технологий лечения 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

Голубев Валерий Григорьевич — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Российской медицинской академии последипломного образования, Москва, РОССИЯ

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

Егиазарян Карен Альбертович — д.м.н., доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, РОССИЯ

Иванников Сергей Викторович — 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) Минздрава России, Москва, РОССИЯ

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

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

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

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

Слияков 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, доктор медицинских наук, руководитель центра биологической реконструкции, трансляционной ортопедии коленного сустава, научно-исследовательского госпиталя Humanitas, Милан, ИТАЛИЯ

Ярвела Тимо — Профессор, доктор медицинских наук, травматолог - ортопед, Университетская клиника г. Тампере, центр артроскопии и ортопедии г. Хатанпаа, ФИНЛЯНДИЯ

The Department of Traumatology and Orthopedics

№2 · 2022

Founded in 2012

Founders: I.M. Sechenov First Moscow State
Medical University (Sechenov University)
LLC «Profill — 2S»
123007, Moscow, Khoroshevskoe highway, 78;
tel/fax (499) 196-18-49,
E-mail: sp@profill.ru

Publisher: LLC «Profill — 2S»
123007, Moscow, Khoroshevskoe highway, 78;
tel/fax (499) 196-18-49,
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 (499) 196-18-49,
e-mail: sp@profill.ru

<http://www.jkto.ru>

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

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



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

Circulation 1000 copy

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

© The Department of Traumatology and Orthopedics,
2022

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

The price contractual

Sent for press: 28.06.2022

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

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

Frequency: 4 issues per year.

Distribution: RUSSIA, foreign countries.

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

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

Chief editor:

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

Scientific editor:

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

Editorial board:

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

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

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

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

Valery G. Golubev — Dr. of Med. Sci., Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Russian Medical Academy of Postgraduate Education, 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, Moscow, RUSSIA

Karen A. Eghiazaryan — Dr. of Med. Sci., Associate Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery. N.I. Pirogov Ministry of Health of Russia, Moscow, RUSSIA

Sergey V. Ivannikov — Dr. of Med. Sci., Professor, of the Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery of Sechenov University, Moscow, RUSSIA

Andrey A. Kardanov — Doctor of Medical Sciences, 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

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

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

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

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

Editorial Council:

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Е.Н. ГОНЧАРОВ*, К.И. ЗАХАРОВ, А.А. ВЕТОШКИН, О.А. КОВАЛЬ, А.А. ПОВАЛИЙ КЛИНИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ И РОТАЦИОННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ АРТРОСКОПИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ, ДОПОЛНЕННОМ ПЛАСТИКОЙ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ ИЛИ ЭКСТРААРТИКУЛЯРНЫМ ТЕНОДЕЗОМ У СПОРТСМЕНОВ	7
Д.В. ДАВЫДОВ, Н.С. ЮРМИНА*, В.В. ДОРОШКИН, А.А. ГРИЦЮК ВЛИЯНИЕ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АРТРОСКОПИИ НА СОСТОЯНИЕ СИНОВИАЛЬНОЙ СРЕДЫ ГОЛЕНСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С НАЧАЛЬНЫМИ СТАДИЯМИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО КРУЗАРТРОЗА	19
Д.В. ДАВЫДОВ, М.А. АЛЬ-ХАНИХ*, Л.К. БРИЖАНЬ ЛЕЧЕНИЕ АТРОФИЧЕСКИХ ЛОЖНЫХ СУСТАВОВ КЛЮЧИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГЕЛЯ	26
В.Э. ДУБРОВ, Д.А. ГРЕЧУХИН*, Л.К. БРИЖАНЬ, Г.Ф. ГУБАЙДУЛЛИНА СРЕДНЕСРОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ДИСТАЛЬНОГО МЕТАЭПИФИЗА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ С АРТРОСКОПИЧЕСКИМ СОПРОВОЖДЕНИЕМ: ПРОСПЕКТИВНОЕ СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	34
С.В. ИВАННИКОВ, А.В. ЛЫЧАГИН, Д.С. БОБРОВ, В.И. ЮСУПОВ, Е.Д. СТАРЦЕВА, В.В. СУРИН, А.И. НАИМАНН, Т.А. ЖАРОВА, Р.Х. ЯВЛИЕВА, Я. ЯН ТЕРМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ СУСТАВНОГО ХРЯЩА	43
Б.И. МАКСИМОВ РЕВЕРСИВНЫЕ ПЕРЕЛОМЫ БАРТОНА: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ..	53
А.М. МАННАНОВ*, Н.В. ЗАГОРОДНИЙ, Л.Г. МАКИНЯН, Ф.С. АУДЕ, Ч.К. МОЛДАМЫРЗАЕВ, В.М. АБУЗААЛАН ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БРАХИМЕТАТАРЗИИ ПУТЕМ ОДНОМОМЕНТНОГО УДЛИНЕНИЯ ПЛЮСНЕВОЙ КОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АУТОТРАНСПЛАНТАТА ИЗ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ СТОПЫ	62
ПАН ЧЖЭНЮЙ*, А.В. ЛЫЧАГИН, Я.А. РУКИН, А.А. ГРИЦЮК ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СГИБАТЕЛЬНОГО ПРОМЕЖУТКА ПРИ ПЕРВИЧНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА	69
М.В. ПАРШИКОВ, И.М. УЖАХОВ*, Н.В. ЯРЫГИН, В.В. ГУРЬЕВ, А.А. ПРОСВИРИН, М.В. ГОВОРОВ, Т.Г. КУЗБАШЕВА, К.И. БУРЫКИН ОПЫТ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА	78

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Р.И. ЗАКИРОВ*, И.Ф. АХТЯМОВ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕСТАБИЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ЗАДНЕГО ПОЛУКОЛЬЦА ТАЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	89
А.В. ЛЫЧАГИН, П.С. ТИМАСHEV, Д.А. ПОГОСЯН*, М.М. ЛИПИНА, Э.Э. МУРДАЛОВ, Ю.Р. ГОНЧАРУК, И.В. ЕРМИЛОВ, М.М. БОГДАНОВ, А.М. МАГДАНОВ ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ КАК ФАКТОР РИСКА ОСТЕОАРТРИТА КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	95
А.Н. ПАНТЕЛЕЕВ*, С.А. БОЖКОВА, П.М. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ ДИАГНОСТИКА ПЕРИПРОТЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	106

CONTENTS

ORIGINAL RESEARCH

E.N. GONCHAROV*, K.I. ZAKHAROV, A.A. VETOSHKIN, O.A. KOVAL, A.A. POVALIY CLINICAL COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT OF ANTERIOR AND ROTATIONAL INSTABILITY OF THE KNEE JOINT IN ARTHROSCOPIC ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT REPAIR, COMPLEMENTED WITH ANTEROLATERAL LIGAMENT PLASTY OR EXTRAARTICULAR TENODESIS IN ATHLETES.	7
D.V. DAVYDOV, N.S. YURMINA*, V.V. DOROSHKIN, A.A. GRITSYUK THE EFFECT OF THERAPEUTIC AND DIAGNOSTIC ARTHROSCOPY ON THE CONDITION OF THE SYNOVIAL ENVIRONMENT OF THE ANKLE JOINT IN PATIENTS WITH THE INITIAL STAGES OF POSTTRAUMATIC CRUSARTHROSIS.	19
D.V. DAVYDOV, L.K. BRIZHAN, M.A. AL-HANIH* TREATMENT OF ATROPHIC PSEUDARTHROSIS OF THE CLAVICULE WITH THE USE OF BIOGEL	26
V.E. DUBROV, D.A. GRECHUKHIN*, I.K. BRIZHAN L.K., G.F. GUBAIDULLINA MID-TERM OUTCOMES OF DISTAL RADIUS FRACTURES TREATMENT WITH ARTHROSCOPIC ASSISTANCE: A PROSPECTIVE COMPARATIVE STUDY	34
S.V. IVANNIKOV, A.V. LYCHAGIN, D.S. BOBROV, V.I. YUSUPOV, E.D. STARTSEVA, V.V. SURIN, A.I. NAIMANN, T.A. ZHAROVA, R.KH. YAVLIEVA, Y. YANBIN HERMAL EFFECTS DURING LASER TREATMENT OF ARTICULAR CARTILAGE.	43
B.I. MAXIMOV REVERSE BARTON'S FRACTURES: INJURY'S CHARACTERISTIC, FEATURES AND THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT	53
A.M. MANNANOV*, N.V. ZAGORODNIY, L.G. MAKINYAN, F.S. AUDE, CH.K. MOLDAMYRZAEV, W.M. ABU ZAALAN SURGICAL TREATMENT OF BRACHYMETATARSIA BY ONE-STAGE LENGTHENING OF THE METATARSAL BONE USING AN AUTOGRAFT FROM TUBULAR BONES OF THE FOOT	62
PANG ZHENGYU*, A.V. LYCHAGIN, A.A. GRITSYUK, YA.A. RUKIN DETERMINING THE SIZE OF THE FLEXION GAP IN PRIMARY KNEE ARTHROPLASTY.	69
M.V. PARSHIKOV, I.M. UZHAKHOV*, N.V. YARIGIN, V.V. GURIEV, A.A. PROSVIRIN, M.V. GOVOROV, T.G. KUZBASHEVA, K.I. BURYKIN EXPERIENCE IN POSTOPERATIVE REHABILITATION OF PATIENTS WITH CHRONIC INSTABILITY OF THE SHOULDER JOINT	78
LITERATURE REVIEW	
R.I. ZAKIROV*, I.F. AHTYAMOV THE CURRENT STATE OF THE PROBLEM OF UNSTABLE POSTERIOR PELVIC RING FRACTURES (LITERATURE REVIEW)	89
A.V. LICHAGIN, P.S. TIMASHEV, D.A. POGOSYAN*, M.M. LIPINA, E.E. MURDALOV, YU.R. GONCHARUK, I.V. ERMILOV, M.M. BOGDANOV, A.M. MAGDANOV SEXUAL DIMORPHISM AS A FACTOR OF OSTEOARTHRITIS IN KNEE JOINT (LITERATURE REVIEW)	95
A.N. PANTELEEV*, S.A. BOZHKOVA, P.M. PREOBRAZHENSKY DIAGNOSIS OF PERIPROSTHETIC JOINT INFECTION IN REVISION TOTAL KNEE ARTHROPLASTY: REVIEW	106

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-7-18>

УДК 617.3

© Гончаров Е.Н., Захаров К.И., Ветошкин А.А., Коваль О.А., Повалий А.А., 2022

Оригинальная статья / Original article

КЛИНИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ И РОТАЦИОННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ АРТРОСКОПИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ, ДОПОЛНЕННОМ ПЛАСТИКОЙ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ ИЛИ ЭКСТРААРТИКУЛЯРНЫМ ТЕНОДЕЗОМ У СПОРТСМЕНОВ

Е.Н. ГОНЧАРОВ^{*1}, К.И. ЗАХАРОВ², А.А. ВЕТОШКИН³, О.А. КОВАЛЬ¹, А.А. ПОВАЛИЙ²

¹ Центральная Клиническая Больница Российской Академии Наук, отделение травматологии и ортопедии, Москва, 117593, Россия.

² Санкт-Петербургский Государственный Университет, Клиника Высоких Медицинских Технологий им. Н.И. Пирогова, 2-е травматологическое отделение, Санкт-Петербург, 19034, Россия.

³ ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, Санкт-Петербург, Отделение травматологии и ортопедии, 197082, Россия.

Аннотация

Актуальность: на сегодняшний день существует две основные хирургические техники стабилизации передненаружного отдела коленного сустава: пластика антеролатеральной связки (АЛС) аутотрансплантатом и экстраартикулярный тенодез (ЭТ) лоскутом из дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта. Данных для оценки клинической эффективности методик и оценки вероятности возврата к спортивным нагрузкам среди спортсменов, и показаний для хирургического лечения на сегодняшний день недостаточно.

Материалы и методы: ретро-проспективное клиническое исследование проводилось на базе отделения травматологии и ортопедии ЦКБ РАН с 2016 по 2019 год. В исследование было включено 69 пациентов, занимающихся спортом на любительском и профессиональном уровнях, с диагнозом «Нестабильность коленного сустава 3 ст. Разрыв передней крестообразной связки коленного сустава». Пациенты были разделены на две группы в зависимости от типа операции: в первую группу вошли пациенты, получившие артроскопическое восстановление ПКС, дополненное ЭТ несвободным лоскутом из дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта, во вторую группу вошли пациенты, которым было выполнено артроскопическое восстановление ПКС, дополненное пластикой АЛС сухожильным аутотрансплантатом. Оценка результатов лечения проводили через 3 года с момента операции.

Результаты: исходы оперативного лечения можно оценить как хорошие и отличные в двух группах. Оба метода укрепления передненаружного отдела коленного сустава с одномоментным восстановлением передней крестообразной связки коленного сустава позволяют восстановить переднюю и ротационную стабильность коленного сустава. Однако, при межгрупповом сравнении результатов хирургического лечения по оцениваемым критериям (шкала Tegner-Lysholm Knee Scoring Scale, объективная и субъективная формы шкалы IKDC-2000), на третий год с момента операции были выявлены статистически значимые различия у пациентов в пользу свободной пластики антеролатеральной связки. Общий рейтинг возврата пациентов к спортивной деятельности составил 73,9%. При этом, в группе 1 на уровень занятий спортом до получения травмы вернулось 70,21% пациентов, в группе 2 – 86,36% пациентов.

Выводы: восстановление ПКС может быть дополнено экстраартикулярным тенодезом или пластикой антеролатеральной связки, что позволяет достичь более высоких функциональных результатов у пациентов, активно занимающихся спортом на различных уровнях (любители, профессионалы). Выполнение свободной пластики антеролатеральной связки коленного сустава может быть рекомендовано для спортсменов-профессионалов ввиду большей анатомичности и меньшей вероятности перегрузки наружного отдела сустава.

Ключевые слова: коленный сустав, передняя крестообразная связка, передненаружный отдел, антеролатеральная связка, экстраартикулярный тенодез.

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Для цитирования: Гончаров Е.Н., Захаров К.И., Ветошкин А.А., Коваль О.А., Повалий А.А., Клиническое сравнение эффективности лечения передней и ротационной нестабильности коленного сустава при артроскопическом восстановлении передней крестообразной связки, дополненном

пластикой антеролатеральной связки или экстраартикулярным тенодезом у спортсменов. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.7-18 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-7-18>

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

CLINICAL COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT OF ANTERIOR AND ROTATIONAL INSTABILITY OF THE KNEE JOINT IN ARTHROSCOPIC ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT REPAIR, COMPLEMENTED WITH ANTEROLATERAL LIGAMENT PLASTY OR EXTRAARTICULAR TENODESIS IN ATHLETES

EVGENIY N. GONCHAROV¹, KIRILL I. ZAKHAROV², ALEKSANDR A. VETOSHKIN³, OLEG A. KOVAL¹, ANDREY A. POVALIY²

¹ Traumatology and Orthopedics Center Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences, 117593, Russia

² St. Petersburg State University, Pirigov N.I. High Medical Technologies Clinic, St. Petersburg, 199034, Russia

³ The Federal State Budgetary Institute "The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine" The Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, St. Petersburg, 197082, Russia

Abstract

Relevance: There are two concepts for stabilizing the anterolateral corner: free anterolateral ligament reconstruction and extra-articular anterolateral tenodesis from iliotibial band. There are currently insufficient data to assess long-term clinical efficacy and indications for surgical treatment.

Materials and methods: A retro- and prospective clinical study was carried out on the basis of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences from 2016 to 2018. The study included 69 patients involved in sports at the amateur and professional levels of occupation: 4 (5.8%) women and 65 (94.2%) men, whose average age was 27.10 ± 6.84 years, with a diagnosis "rupture of the anterior cruciate ligament of the knee". The patients were divided into two groups depending on the type of surgery: one group included patients who underwent arthroscopic ACL repair supplemented with ALL plasty with a tendon autograft; the other group included patients who received arthroscopic reconstruction of the ACL, supplemented by ET from iliotibial band. All patients were questioned on the Tegner-Lysholm scale, a subjective form of the IKDC-2000 questionnaire for the 1st, 2nd and 3rd years after surgery.

Results: According to the research results, the results of surgical treatment can be assessed as good and excellent in two groups. An intergroup comparison of surgical treatment results at the end of the first year from the moment of surgery to the first and third years from the moment of surgery revealed statistically significant differences in patients playing football and wrestling in favor of ALL plasty according to the Tegner-Lysholm scales ($p = 0.000223$), Tegner-Lysholm ($p = 0.000223$) and the subjective form of the IKDC-2000 scale ($p = 0.000005416$), respectively.

Conclusions: Reconstruction of ACL can be supplemented with extra-articular tenodesis or anterolateral ligament plasty, which allows achieving higher functional results in patients actively involved in sports at various levels (amateurs, professionals). Free anterolateral ligament repair of the knee can be recommended for football players and patients involved in sports in which there are multiple changes of movement direction, acceleration and twisting loads.

Keywords: Knee, anterior cruciate ligament, anterolateral ligament, extraarticular tenodesis.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Goncharov E.N., Zakharov K.I., Vetoshkin A.A., Koval O.A., Povalij A.A., Clinical comparison of the effectiveness of treatment of anterior and rotational instability of the knee joint in arthroscopic anterior cruciate ligament repair, complemented with anterolateral ligament plasty or extraarticular tenodesis in athletes. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №2. pp.7-18 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-7-18>

Введение

Артроскопическое восстановление передней крестообразной связки (ПКС) является одним из наиболее распространенных оперативных вмешательств, направленных на восстановление стабильности коленного сустава, которое позволяет пациентам вернуться физической и спортивной деятельности и предотвращает вторичную травматизацию других внутрисуставных структур. Улучшенное понимание анатомии и биомеханики коленного сустава привело к совершенствованию хирургических

методов лечения и хорошие послеоперационные результаты могут быть достигнуты у большинства пациентов после артроскопического восстановления ПКС с использованием современных "анатомических" методик [1,2,3]. Однако, несмотря на технические усовершенствования, методы артроскопического восстановления ПКС не позволяют в точности восстановить нативную анатомию и биомеханику коленного сустава, что может проявляться в остаточной ротационной нестабильности коленного сустава [4,5,6,7]. Кроме того, известно, что возврат спортсменов-профессионалов соревновательный спортивный

уровень на сегодняшний день возможен менее, чем в 63% случаев в течение 2-х лет с момента оперативного лечения [1,8].

«Идеальным» артроскопическим восстановлением ПКС считается восстановление не только передней, но и ротационной стабильности коленного сустава, которые обеспечивает интактная ПКС. Считается, что удовлетворенность пациентов, возвращение к активным физическим нагрузкам и функциональные показатели коленного сустава во многом зависят от ротационной стабильности, нежели от стабильности поступательного движения [9,10], что делает восстановление ротационной стабильности ключевой краткосрочной и среднесрочной целью. Микронеустойчивость коленного сустава, связанная с остаточной ротационной неустойчивостью может приводить к развитию посттравматического гонартроза в долгосрочной перспективе [11].

С развитием хирургии, одно- и двухпучковые техники восстановления ПКС, в некоторой степени позволили уменьшить ротационную нестабильность коленного сустава [12,13,14,15]. Monaco et al., в своём исследовании отметили, что заднебоковой пучок ПКС в не отвечает в полной мере за ротационную стабильность коленного сустава, как принято считать, однако при пересечении передненаружного отдела капсулы сустава, приводит к значимому увеличению ротационной нестабильности коленного сустава [16]. Это и ряд других биомеханических и анатомических исследований привели к возрождению интереса к поиску новых и обновлению существующих хирургических методик, направленных на укрепление передненаружного отдела коленного сустава, что позволяет уменьшить ротационную нестабильность коленного сустава после артроскопического восстановления ПКС.

На сегодняшний день существует две основных концепции для стабилизации передненаружного отдела коленного сустава: свободная пластика антеролатеральной связки и экстраартикулярный тенодез из широкой фасции бедра. Артроскопическое восстановление ПКС, дополненное одной из предложенных хирургических процедур, позволяет уменьшить ротационный компонент передней нестабильности коленного сустава. За последние годы количество клинических и экспериментальных данных по теме ротационной нестабильности увеличилось, однако единого мнения относительно долгосрочных перспектив и показаний для выполнения дополнительных хирургических процедур нет.

Цель исследования: провести сравнительное клиническое исследование использования свободной пластики антеролатеральной связки и экстраартикулярного тенодеза широкой фасцией при артроскопическом восстановлении ПКС у спортсменов.

Материалы и методы

В период с 2016 по 2018 на базе отделения травматологии и ортопедии ЦКБ РАН прооперировано 69 пациентов, занимающихся спортом на различных уровнях, с диагнозом «раз-

рыв передней крестообразной связки коленного сустава». Из них 4 (5,8%) женщины и 65 (94,2%) мужчин, средний возраст пациентов составил $27,10 \pm 6,84$ лет. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от типа операции:

- Первая группа была представлена пациентами, получившими хирургическое лечение в объёме артроскопического восстановления ПКС, дополненного экстраартикулярным тенodesом из широкой фасции бедра. В группе было 46 мужчин (97,87%) и 1 женщина (2,13%), средний возраст пациентов составил $26,51 \pm 6,89$ лет. Из 47 пациентов, 34 (72,34%) пациента занимались спортом на любительском уровне, оставшиеся 13 (27,66%) пациентов являлись спортсменами-профессионалами. В основном, пациенты занимались видами спорта с высокими скручивающими нагрузками: 4 спортсмена представляли баскетбол (8,51%), 25 - футбол (53,19%), 2 - хоккей (4,26%), 5 - единоборства (10,64%), 6 - мотоспорт (12,77%), 5 - волейбол (10,64%).

• Вторая группа была представлена пациентами, получившими хирургическое лечение в объёме артроскопического восстановления ПКС, дополненного свободной пластикой антеролатеральной связки аутооттрансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы бедра. В группе было 19 мужчин (86,36%) и 3 женщины (13,64%), средний возраст пациентов составил $28,36 \pm 6,72$ лет. Из 22 пациентов, 11 (50%) пациента занимались спортом на любительском уровне, оставшиеся 11 (50%) пациентов являлись спортсменами-профессионалами. Аналогично первой группе, пациенты занимались видами спорта с высокими скручивающими нагрузками: 2 спортсмена представляли баскетбол (9,09%), 6 - футбол (27,27%), 3 - единоборства (13,64%), 3 - мотоспорт (13,64%), 3 - волейбол (13,64%), 2 – большой теннис (9,09%), 3 – лёгкая атлетика (13,64%). Основные данные по пациентам предоставлены в таблице 1.

Перед хирургическим лечением каждый пациент был осмотрен травматологом-ортопедом: уточнение жалоб, сбор анамнеза, проведение комплексного клинического осмотра, заполнение шкал Tegner-Lysholm Knee Scoring Scale (100 баллов) и субъективной формы шкалы IKDC-2000 (100 баллов), оценка выполненного МРТ-исследования коленного сустава.

Контрольный осмотр с документацией и анкетированием по вышеуказанным шкалам осуществлялся ежегодно, в течение трёх лет с момента операции.

Критериями включения пациента в исследование были:

- согласие на участие в исследовании;
- пациенты с изолированным разрывом передней крестообразной связки коленного сустава;
- занятие спортом на любительском (не менее 3-х раз в неделю, регулярная основа) и профессиональном уровнях;
- возраст пациента от 18 до 50 лет;
- отсутствие предшествующих хирургических вмешательств на оперируемом коленном суставе;
- выполненное МРТ-исследование коленного сустава до оперативного вмешательства;

- отсутствие неврологических и психических расстройств;
- Критериями исключения были:

- мультилигаментарные повреждения, повреждениями менисков и иных структур коленного сустава;
- полнослойные дефекты суставного хряща коленного сустава.

Таблица 1

Основные данные по пациентам двух групп

	Всего пациентов		Группа № 1		Группа № 2	
Пол	Число	Процент	Число	Процент от группы	Число	Процент от группы
*Мужской	65	94,20%	46	97,87%	19	86,36%
*Женский	4	5,80%	1	2,13%	3	13,64%
Уровень занятий спортом						
*Любитель	45	65,22%	34	72,34%	11	50,00%
*Профессионал	24	34,78%	13	27,66%	19	86,36%
Вид спорта						
*Баскетбол	6	8,70%	4	8,51%	2	9,09%
*Футбол	31	44,93%	25	53,19%	6	27,27%
*Хоккей	2	2,90%	2	4,26%	0	0,00%
*Единоборства	8	11,59%	5	10,64%	3	13,64%
*Мотоспорт	9	13,04%	6	12,77%	3	13,64%
*Лёгкая атлетика	3	4,35%	0	0,00%	3	13,64%
*Большой теннис	2	2,90%	0	0,00%	2	9,09%
*Волейбол	8	11,59%	5	10,64%	3	13,64%

Статистическая обработка данных

Расчет статистических данных мы проводили с использованием программы Statistica v.12 с применением встроенных пакетов расчетов по заданным критериям. Мы применяли критерии Колмогорова и Шапиро-Уилка для определения нормальности распределения выборки по показателям. Для определения непрерывных величин использовался критерий Манна-Уитни для независимых непараметрических выборок и t-критерий Стьюдента для независимых параметрических выборок.

Хирургическая техника

Первым этапом хирургического лечения пациентов обеих групп являлось артроскопическое восстановление передней

крестообразной связки коленного сустава. Доступ в сустав через стандартные артроскопические порты (передне-внутренний и передне-наружный). Первоочередно выполняли диагностическую артроскопию коленного сустава: оценка наружного и внутреннего менисков, суставного хряща, иссечение гипертрофированных складок и синовиальной выстилки сустава, подготовка мест проведения костных каналов. Бедренный канал формировали через стандартный передне-внутренний артроскопический порт при помощи спицы-проводника, специализированных направителей (отступ от заднего края 6-7 мм), при формировании канала ориентировались на анатомическое крепление ПКС и костные структуры внутренней поверхности наружного мыщелка бедренной кости. Канал формировали в зависимости от диаметра аутооттрансплантата. Во всех случаях использовали аутооттрансплантат из связки

надколенника с двумя костными блоками. Большеберцовый канал формировали при помощи большеберцового направлятеля с ориентированием на анатомическое место крепления ПКС. Фиксацию аутотрансплантата в костных каналах во всех случаях выполняли биодegradируемыми интерферентными винтами. Размер интерферентных винтов для фиксации выбирали в зависимости от диаметра сформированных костных каналов (в подавляющем большинстве случаев – диаметр винта для фиксации в костном канале бедра 8х25 мм, для фиксации в большеберцовом канале – 8х30 мм).

Пациенты первой группы: экстраартикулярный тенодез из широкой фасции.

После завершения первого этапа операции – артроскопического восстановления передней крестообразной связки, переходили ко второму этапу: экстраартикулярному тенодезу лоскутом из широкой фасции (дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта). После пальпаторного определения бугорка Gerdy на большеберцовой кости и надмыщелка латерального мыщелка бедренной кости, производили разрез кожи, отступя 1.5-2 см. от бугорка Gerdy по направлению к надмыщелку латерального мыщелка бедренной кости. Послойно достигали дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта, производили гемостаз (рис. 1)



Рисунок 1. Хирургический доступ для выполнения экстраартикулярного тенодеза.

Далее, выкраивали лоскут из дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта в средней трети по ходу волокон, шириной 8-10 мм и длиной около 8 см., при этом лоскут не отсекали от бугорка Gerdy (рис. 2).

После, осуществляли гемостаз и тупым способом находили надмыщелок латерального мыщелка бедренной кости и место крепления малоберцовой коллатеральной связки. Свободную

часть трансплантата фиксировали хирургическим зажимом. При помощи спицы обозначали точку изометрии (т.е. такое положение трансплантата, при котором будет сохраняться равное натяжение при любых сгибательно-разгибательных движениях в коленном суставе). Обычно, точка изометрии расположена кзади и проксимальнее места крепления малоберцовой коллатеральной связки и поиск стоит осуществлять в данной области (рис. 3).



Рисунок 2. Подготовленный лоскут из широкой фасции для экстраартикулярного тенодеза.



Рисунок 3. Определение точки изометрии для проведения трансплантата.

По нахождению точки изометрии, производили сквозное проведение спицы с ушком, заряженной в дрель, по которой головчатым сверлом диаметром в 7.5 мм формировали канал длиной в 25 мм. Свободную часть трансплантата прошивали

краковским швом биодеградируемой нитью на протяжении 25 мм. Нити погружали с ушко спицы-проводника и производили проведение нитей таким образом, чтобы нити были выведены над кожей со стороны внутреннего мыщелка бедренной кости (рис. 4).



Рисунок 4. Подготовка проведения и погружения трансплантата в сформированный канал.

Осуществляли тракцию за нити и погружали трансплантат в сформированный костный канал. Далее, выполняли фиксацию трансплантата в костном канале биодеградируемым винтом (рис. 5).



Рисунок 5. Фиксация трансплантата в костном канале биодеградируемым интерферентным винтом.

Промывали рану физиологическим раствором с антисептиком, после чего послойно ушивали рану.

Пациенты второй группы: пластика антеролатеральной связки аутотрансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы бедра.

Через доступ, используемый для формирования большеберцового канала при восстановлении ПКС, производили забор сухожилия полусухожильной мышцы для подготовки трансплантата АЛС, после чего, находили точку, располагающуюся на середине условной линии, проведённой от головки малоберцовой кости к бугорку Gerdy, отступая на 10 мм ниже линии суставной щели. По спице, проведённой параллельно суставной щели, формировали канал в кости 8х25 мм, после чего осуществляли фиксацию дистального конца трансплантата в сформированном канале интерферентным биодеградируемым винтом (рис. 6).



Рисунок 6. Фиксация аутотрансплантата АЛС на большеберцовой кости.

В проекции латерального мыщелка бедренной кости выполняли разрез кожи около 4-5 см, послойно достигали широкой фасции, после чего выполняли продольный разрез фасции по ходу волокон на протяжении 5 см, достигали латерального мыщелка и надмыщелка бедренной кости.

От латерального мыщелка бедренной кости под подвздошно-большеберцовым трактом проводили зажим таким образом,

чтобы бранши зажима вышли в месте сформированного канала на большеберцовой кости. При помощи зажима проксимальный конец трансплантата выводили в области латерального мыщелка бедренной кости (рис. 7).



Рисунок 7. Проведение проксимального конца трансплантата.

Определение точки изометрии, формирование костного канала в наружном мыщелке бедренной кости, проведение и погружение трансплантата в сформированный канал с последующей фиксацией биодеградируемым интерферентным винтом были такими же, как при выполнении экстраартикулярного тенодеза из широкой фасции. По окончании всех этапов операции осуществляли гемостаз, послойное ушивание послеоперационных ран.

Послеоперационное ведение

Протокол послеоперационного ведения был одинаковым для всех пациентов. Ортезы в послеоперационном периоде не использовались. Разрешалось передвижение с полной опорой на оперированную конечность на следующий день после операции (по необходимости). Пациентам в течение 3-х недель с момента операции был рекомендован охранительный режим – покой для оперированной конечности, возвышенное положение в течение дня и ночи. Пассивное восстановление движений в суставе в пределах «тянущих» ощущений разрешали на следующий день с момента операции. Таким образом, к 8 неделям после операции, большинство пациентов имели практический полный объём движений в оперированном суставе. С 6-8 недели рекомендовали плавание, занятия на велотренажёре, с реабилитологом (при возможности). С 3-го месяца после операции разрешали бег по ровной поверхности без резкого изменения направления движения, занятия в тренажерном зале. Возвращение к спортивным нагрузкам рекомендовали через 8-10 месяцев после операции.

Результаты

Для наблюдения и оценки результатов в послеоперационном периоде были доступны 69 пациентов. В течение периода наблюдений пациенты получали необходимое лечение, обращались на приём для проведения контрольных осмотров. Из включённых в исследование пациентов, в обозначенные сроки нами не было отмечено серьёзных осложнений, связанных с проведённым оперативным лечением, которые могли бы повлиять на среднесрочный результат лечения (инфекционные осложнения, повторные травмы оперированного коленного сустава, повлекшие разрыв аутотрансплантата ПКС).

В раннем послеоперационном периоде отмечалось некоторое преобладание выраженности болевого синдрома в области оперативного вмешательства в группе пациентов, получивших экстраартикулярный тенодез, что можно связать с большим объёмом хирургической травмы и натяжением структур латерального отдела коленного сустава.

При межгрупповой оценке по общим показателям, через год с момента операции по шкале TLKSS ($p=0.000223$), а также на третий по шкале TLKSS ($p=0.000223$) и IKDC-2000 ($p=0.000005416$) была обнаружена статистически значимая разница в пользу использования свободной пластики антеролатеральной связки.

При межгрупповой оценке среди спортсменов-любителей через год с момента операции по шкале TLKSS ($p=0.000223$), а также на третий год по шкале TLKSS ($p=0.0006833$) и IKDC-2000 ($p=0.0004278$) была обнаружена статистически значимая разница в пользу использования свободной пластики анетролатеральной связки.

При межгрупповой оценке профессиональных спортсменов через год с момента операции по шкале TLKSS ($p=0.001024$), а также на третий год по шкале TLKSS ($p=0.02376$) и IKDC-2000 ($p=0.00148$) была обнаружена статистически значимая разница в пользу использования свободной пластики анетролатеральной связки.

Для футболистов на третий год с момента операции при оценке IKDC-2000 ($p=0.004405$) была обнаружена статистически значимая разница в пользу использования свободной пластики антеролатеральной связки.

Для представителей единоборств на второй год с момента операции при оценке TLKSS ($p=0.03571$), а также на третий год по шкале IKDC-2000 ($p=0.03571$) была обнаружена статистически значимая разница в пользу использования свободной пластики антеролатеральной связки.

В подгруппах представителей мотоспорта, волейбола и баскетбола статистически значимой разницы не было выявлено.

Среди пациентов, занимающихся такими видами спорта как хоккей, большой теннис, лёгкая атлетика не проводилось сравнения, так как спортсмены из этих видов спорта были представлены только в одной из групп.

Таблица 2

Послеоперационные результаты в различные сроки наблюдений

	Группа	Время, прошедшее с операции					
		1 год		2 года		3 года	
		TLKSS (баллы)	IKDC-2000 (баллы)	TLKSS (баллы)	IKDC-2000 (баллы)	TLKSS (баллы)	IKDC-2000 (баллы)
Общая оценка	1	82.85 ±9.43	82.02 ±5.70	88.87 ±8.39	84.49 ±4.52	89.38 ±5.75	84.39 ±5.28
	2	90.86 ±6.59	83.22 ±4.98	91.09 ±6.17	86.46 ±6.72	94.50 ±3.85	91.17 ±4.32
Р-уровень		0.000223	0.4492	0.3459	0.07907	0.0005721	0.000005416
Спортсмены-любители	1	82.44 ±9.56	82.62 ±5.77	90.02 ±7.75	84.98 ±4.21	89.29 ±5.75	84.38 ±5.32
	2	92 ±4.24	81.40 ±5.71	92.81 ±5.89	83.28 ±7.45	94 ±4.47	90.90 ±4.77
Р-уровень		0.000223	0.4492	0.3459	0.07907	0.0006833	0.0004278
Спортсмены-профессионалы	1	83.9 ±9.35	80.45 ±5.43	85.84 ±9.54	83.20 ±5.21	89.61 ±5.99	84.43 ±5.38
	2	89,72 ±8,39	85,05 ±3,48	89,36 ±6,23	89,65 ±4,14	95 ±3,25	91,43 ±4,02
Р-уровень		0.001024	0.4728	0.3394	0.5597	0.02376	0.00148
Футболисты	1	87,66 ±10,32	81,14 ±6,36	90,92 ±7,48	84,96 ±4,66	90,2 ±5,71	85,70 ±4,48
	2	80,68 ±10,64	80,45 ±7,23	88 ±5,17	84,48 ±5,84	94,33 ±3,82	90,03 ±4,69
Р-уровень		0.07465	0.3117	0.433	0.476	0.09482	0.004405
Баскетболисты	1	79 ±6,68	85,63 ±3,57	96,5 ±7	85,91 ±4,33	91,25 ±7,88	85,91 ±4,33
	2	88,5 ±4,94	81,03 ±0,81	97 ±4,24	91,83 ±5,68	89±1,41	90,80±6,5
Р-уровень		0.1588	0.3476	1	0.1333	1	0.5333
Представители единоборств	1	86,2 ±7,42	83,67 ±5,47	80,2 ±4,54	81,83 ±5,22	86,6 ±2,88	81,37 ±5,10
	2	92.66 ±3.78	86.20±1.14	90.33 ±3.51	91.18±1.75	93.66 ±3.21	93.10 ±1.14
Р-уровень		0.1771	0.76	0.03571	0.05123	0.05123	0.03571
Представители мотоспорта	1	82,66 ±8,35	84,67 ±3,89	87,66 ±7,71	82,37±2,01	88,5 ±6,34	84,86 ±4,44
	2	90,33 ±5,50	81,22 ±4,78	95±1	87,73 ±2,65	94,66 ±4,04	89,65 ±1,99
Р-уровень		0.1948	0.3559	0.358	0.02688	0.2353	0.1182
Волейболисты	1	90,8 ±1,92	81,83 ±3,18	87,6 ±9,09	88,04 ±2,99	90,4 ±5,77	80,91 ±8,99
	2	93 ±7,54	83,14 1,75	88 ±11,53	91,9 ±3.04	97 ±4,35	91,95 ±3,04
Р-уровень		0.6508	0.7628	1	0.1745	0.1771	0.05123

TLKSS – шкала Tegner-Lysholm Knee Scoring Scale

Таким образом, исходя из полученных данных можно отметить, что пластика антеролатеральной связки в некоторых случаях позволяет достигнуть лучших результатов в среднесрочной перспективе, чем при выполнении экстраартикулярного тенодеза, как у спортсменов-профессионалов, так и спортсменов-любителей. Следует отметить, что пластика антеролатеральной связки позволяет достичь лучших результатов у пациентов, занимающихся футболом и борьбой, что может быть связано с высокой ротационной нагрузкой данных

видов спорта и наличием множественных ускорений и смен направлений движений (футбол). Результаты хирургического лечения и уровень удовлетворённости пациентов обеих групп можно оценить как высокий.

Дискуссия

На данный момент существует мало клинических испытаний, в которых реконструкции антеролатеральной связки напрямую

сравнивались бы с процедурами экстраартикулярного тенодеза из широкой фасции как дополнение реконструкций ПКС. Выводы, которые можно сделать, являются предварительными.

Экстраартикулярные процедуры и последующие модификации, направленные на ограничение передней трансляции и ротации голени, использовались ещё до эры артроскопического восстановления ПКС [19]. Данные методы хирургического лечения были многочисленны и к наиболее популярным можно отнести: методика Lemaire [18], методика Losee [20], «латеральная реконструкция» MacIntosh [21]. В большинстве методик использовался лоскут из дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта различной длины, который проводили над или под малоберцовой коллатеральной связкой с последующим креплением в различных точках наружного мыщелка бедренной кости. В целом, результаты процедур экстраартикулярного тенодеза, выполненные изолированно, оставляли желать лучшего [22]. К примеру, возвращение к прежнему уровню занятий спортом наблюдалось менее чем у половины пациентов с процедурой MacIntosh [21]. Было отмечено, что эти методы приводят к «перенапряжению» бокового отдела коленного сустава, неанатомичному положению большеберцовой кости с ротационной установкой, что в дальнейшем может приводить к развитию артрозных изменений коленного сустава [23,24,25]. «Перенапряжение» наружных отделов коленного сустава изолированным экстраартикулярным тенодезом при невосстановленной ПКС может увеличить риск развития артрозных изменений [26]. В настоящее время в литературе мало исследований, указывающих на отсутствие развития артрозных изменений при одномоментном восстановлении ПКС и выполнении процедуры экстракапсулярного тенодеза. В работе Hewison et al. [27] отмечено, что дополнение восстановления ПКС процедурой экстраартикулярного тенодеза приводит к статистически значимому уменьшению ротационной нестабильности в послеоперационном периоде без каких-либо различий в частоте развития остеоартрита среди включенных исследований.

Spencer et al. [28] в своём исследовании пришли к выводу, что при пересечённой ПКС и антеролатеральной связкой, восстановление антеролатеральной связки не позволило полноценно восстановить ротационную стабильность сустава, а экстраартикулярный тенодез, выполненный по модифицированной методике Lemaire привел к значительному уменьшению передней трансляции и внутренней ротации голени. Schon et al. [29] пришли к выводу, что ни один из рекомендуемых в настоящее время методов анатомического восстановления антеролатеральной связки, не способен восстановить переднюю и ротационную стабильность без значительного перенапряжения коленного сустава. Исследователи обнаружили, что выполненные процедуры MacIntosh и Lemaire при натяжении трансплантата в 20Н, обладали способностью противостоять внутренней ротации голени, по аналогии интактному коленному суставу, в то время как реконструкция антеролатеральной связ-

ки не позволяла восстановить родную кинематику коленного сустава и создавала эффект «перенатяжения» по сравнению с интактным коленом.

Недавно было описано несколько методов анатомической реконструкции антеролатеральной связки на основе признанных в настоящее время точек крепления связки [17,30,31].

Метод реконструкции антеролатеральной связки с наиболее доступными опубликованными клиническими данными принадлежит Sonnery-Cottet et al [31]. Предложено использование комбинированного сухожильного аутоотрансплантата для восстановления ПКС с формированием свободного лоскута для пластики антеролатеральной связки, который фиксировался в точке выхода бедренного канала при реконструкции ПКС. Фиксация на голени осуществлялась путём формирования сквозного канала в наружном мыщелке большеберцовой кости, Y-образно. Эта техника отличается от большинства других описанных методов реконструкции антеролатеральной связки, которые, как правило, используют одну точку фиксации на большеберцовой кости [17,30,31]. Возможно, что такая методика может обеспечить большую ротационную стабильность за счёт формирования двух точек фиксации трансплантата на голени, что некоторым образом улучшает изометрию и позволяет достичь большей стабильности при различных углах сгибания и разгибания в коленном суставе, при сравнении с методикой анатомического восстановления антеролатеральной связки. При этом внешний вид трансплантата также имитирует экстраартикулярный тенодез и, как таковой, может вести себя аналогичным образом.

Реконструкция антеролатеральной связки может играть важную роль в комплексном лечении пациентов с разрывом передней крестообразной связки, особенно у молодых пациентов, занимающихся контактными видами спорта и видами спорта с высокими ротационными нагрузками [32].

По некоторым данным, в послеоперационном периоде нет разницы по шкалам TLKSS и субъективной форме IKDC-2000 при изолированном восстановлении ПКС или восстановлении ПКС, дополненном пластикой АЛС [33,34]. Согласно данным, функциональный балл шкалы IKDC-2000 составил 85, а балл шкалы TLKSS - 92 в проспективном исследовании [35] и 86 и 91 балл, соответственно, в ретроспективном исследовании [36], что примерно соответствует среднему показателю баллов после изолированной реконструкции ПКС [37,38].

В мета-анализе 2011 года [8] возврат к спортивным нагрузкам был оценен у 5770 пациентов с реконструкцией ПКС, в работу было включено 48 исследований. Из общего количества пациентов, только 63% пациентов вернулись к уровню нагрузок как до получения травмы, а всего 44% пациентов смогли вернуться на соревновательный уровень нагрузок. Статей, посвящённых возврату в спорт после восстановления АЛС на сегодняшний день мало и некоторые авторы не обнаружили разницы между изолированным и дополненным пластикой антеролатеральной связки восстановлением ПКС [39,40].

Другие авторы указывают, что дополнительная пластика антеролатеральной связки, пациентам, занимающимся контактными видами спорта и видами спорта с ротационной нагрузкой, позволяют быстрее восстановить физическую активность и вернуться на привычный уровень спортивной активности, в том числе соревновательный, в 71-77% [31,41,42].

Заключение

По результатам исследования, результаты оперативного лечения можно оценить как хорошие и отличные в двух группах. Восстановление ПКС может быть дополнено экстраартикулярным тенодезом или пластикой антеролатеральной связки, что позволяет достичь более высоких функциональных результатов у пациентов, активно занимающихся спортом на различных уровнях (любители, профессионалы). Выполнение свободной пластики антеролатеральной связки коленного сустава может быть рекомендовано для футболистов и пациентов, занимающихся видами спорта, в которых присутствуют множественные изменения направления движения, ускорения и скручивающие нагрузки.

Ограничения исследования

В настоящем исследовании существует несколько ограничений. Оценка результатов в отсроченном послеоперационном периоде, преимущественно, осуществлена путём заполнения шкал пациентами, что уменьшает объективность исследования. На послеоперационные результаты и течение реабилитационного периода могут повлиять различные факторы, начиная от психоэмоциональных особенностей пациента, заканчивая различными протоколами реабилитации, применяемыми пациентами и реабилитологами. Не большая выборка пациентов не позволяет дать однозначную интерпретацию межгрупповых отличий.

Список литературы / References:

1. Aga C, Kartus JT, Lind M, et al. Risk of revision was not reduced by a double-bundle ACL reconstruction technique: results from the Scandinavian Registers. *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475:2503–2512.
2. Svantesson E, Sundemo D, Hamrin Senorski E, et al. Doublebundle anterior cruciate ligament reconstruction is superior to single-bundle reconstruction in terms of revision frequency: a study of 22,460 patients from the Swedish National Knee Ligament Register. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017; 25:3884–3891.
3. Mascarenhas R, Cvetanovich GL, Sayegh ET, et al. Does double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction improve postoperative knee stability compared with singlebundle techniques? A systematic review of overlapping metaanalyses. *Arthroscopy*. 2015;31:1185–1196.
4. Woo SL, Kanamori A, Zeminski J, et al. The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with hamstrings and patellar

tendon. A cadaveric study comparing anterior tibial and rotational loads. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84-a: 907–914.

5. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, et al. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. 2002 Richard O'Connor Award paper. *Arthroscopy*. 2003;19:297–304.

6. Tashman S, Collon D, Anderson K, et al. Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2004;32:975–983.

7. Georgoulis AD, Ristanis S, Chouliaras V, et al. Tibial rotation is not restored after ACL reconstruction with a hamstring graft. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;454:89–94.

8. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med*. 2011;45:596–606.

9. Kocher MS, Steadman JR, Briggs KK, et al. Relationships between objective assessment of ligament stability and subjective assessment of symptoms and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2004; 32(3):629–34.

10. Ayeni OR, Chahal M, Tran MN, et al. Pivot shift as an outcome measure for ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg* 2012;20(4):767–77.

11. Andriacchi TP, Briant PL, Bevell SL, et al. Rotational changes at the knee after ACL injury cause cartilage thinning. *Clin Orthop Relat Res* 2006;442:39–44.

12. Zampeli F, Ntoulia A, Giotis D, et al. Correlation between anterior cruciate ligament graft obliquity and tibial rotation during dynamic pivoting activities in patients with anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: an in vivo examination. *Arthroscopy* 2012;28(2):234–46.

13. Webster KE, Wotherspoon S, Feller JA, et al. The effect of anterior cruciate ligament graft orientation on rotational knee kinematics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(9):2113–20.

14. Porter MD, Shadbolt B. Anatomic" single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction reduces both anterior translation and internal rotation during the pivot shift. *Am J Sports Med* 2014;42(12):2948–54.

15. Debandi A, Maeyama A, Hoshino Y, et al. The effect of tunnel placement on rotational stability after ACL reconstruction: evaluation with use of triaxial accelerometry in a porcine model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(3):589–95.

16. Monaco E, Ferretti A, Labianca L, et al. Navigated knee kinematics after cutting of the ACL and its secondary restraint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20(5):870–7

17. Chahla J, Menge TJ, Mitchell JJ, Dean CS, LaPrade RF (2016) Anterolateral ligament reconstruction technique: an anatomicbased approach. *Arthrosc Tech* 5(3):453–457. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2016.01.032>

18. Lemaire M. Ruptures anciennes du ligament croise anterieur du genou. *J Chir* 1967;(93):311–20.

19. Christel P, Djian P. Anterio-lateral extra-articular tenodesis of the knee using a short strip of fascia lata. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2002;88(5): 508–13 [in French].

20. Losee RE, Johnson TR, Southwick WO. Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. A diagnostic test and operative repair. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60(8):1015–30.
21. Ireland J, Trickey EL. Macintosh tenodesis for anterolateral instability of the knee. *Bone Joint J* 1980;62(3):340–5.
22. Fox JM, Blazina ME, Del Pizzo W, et al. Extra-articular stabilization of the knee joint for anterior instability. *Clin Orthop Relat Res* 1980;(147):56–61.
23. Amis AA, Scammell BE. Biomechanics of intra-articular and extra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Bone Joint J* 1993;75(5):812–7.
24. Draganich LF, Reider B, Miller PR. An in vitro study of the Muller anterolateral femorotibial ligament tenodesis in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Am J Sports Med* 1989;17(3):357–62.
25. Engebretsen L, Lew WD, Lewis JL, et al. The effect of an iliotibial tenodesis on intraarticular graft forces and knee joint motion. *Am J Sports Med* 1990;18(2): 169–76.
26. Strum GM, Fox JM, Ferkel RD, et al. Intraarticular versus intraarticular and extraarticular reconstruction for chronic anterior cruciate ligament instability. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(245):188–98.
27. Hewison CE, Tran MN, Kaniki N, et al. Lateral extra-articular tenodesis reduces rotational laxity when combined with anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of the literature. *Arthroscopy* 2015;31(10):2022–34.
28. Spencer L, Burkhart TA, Tran MN, et al. Biomechanical analysis of simulated clinical testing and reconstruction of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med* 2015;43(9):2189–97.
29. Schon JM, Moatshe G, Brady AW, et al. Anatomic anterolateral ligament reconstruction of the knee leads to overconstraint at any fixation angle. *Am J Sports Med* 2016;44(10):2546–56.
30. Helito CP, Bonadio MB, Gobbi RG, et al. Combined intra- and extra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament: the reconstruction of the knee anterolateral ligament. *Arthrosc Tech* 2015;4(3):e239–44.
31. Sonnery-Cottet B, Thaumat M, Freychet B, et al. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2015;43(7):1598–605.
32. Lutz, C. (2018). Role of anterolateral reconstruction in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 104(1), S47–S53. doi:10.1016/j.otsr.2017.03.031
33. Rezende FC, De Moraes VY, Martimbianco AL, Luzo MV, Francioz C, Belloti JC. Does combined intra- and extraarticular ACL reconstruction improve function and stability? A meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473:2609–18.
34. Song GY, Hong L, Zhang H, Zhang J, Li Y, Feng H. Clinical outcomes of combined lateral extra-articular tenodesis and intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction in addressing high-grade pivot-shift phenomenon. *Arthroscopy* 2016;32:898–905
35. Panisset JC, Pailhé R, Schlatterer B, Sonnery-Cottet B, Dalmay F, Sigwalt L, et al. Short-term complications in intra- and extra-articular anterior cruciate ligament reconstruction. Comparison with the literature on isolated intra-articular reconstruction. A multicenter study by the French Arthroscopy Society. *Orth Trauma Surg Res* 2017;103:S231–6.
36. Imbert P, Lustig S, Pujol N, Steltzlen C, Batailler C, Colombet P, et al. Midterm results of combined intra- and extra-articular ACL reconstruction compared to historical ACL reconstruction data. Multicenter study of the French Arthroscopy Society. *Orth Trauma Surg Res* 2017;103:S215–21.
37. Björnsson H, Samuelsson K, Sundemo D, Desai N, Sernert N, Rostgård Christensen L, et al. A randomized controlled trial with mean 16-year follow-up comparing hamstring and patellar tendon autografts in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2016;44:2304–13.
38. Karikis I, Desai N, Sernert N, Rostgard-Christensen L, Kartus J. Comparison of anatomic double- and single-bundle techniques for anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autografts: a prospective randomized study with 5-year clinical and radiographic follow-up. *Am J Sports Med* 2016;44:1225–36.
39. Trichine F, Alsaati M, Chouteau J, Moyon B, Bouzitouna M, Maza R. Patellar tendon autograft reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without lateral plasty in advanced stage chronic laxity. A clinical, prospective, randomized, single-blind study using passive dynamic X-rays. *Knee* 2014;21:58–65.
40. Lutz C, Baverel L, Colombet P, Cournapeau J, Dalmay F, Lefevre N, et al. Pain after out-patient vs. in-patient ACL reconstruction: French prospective study of 1076 patients. *Orthop Traumatol Surg Res* 2016;102:S265–70.
41. Marcacci M, Zaffagnini S, Giordano G, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction associated with extra-articular tenodesis: a prospective clinical and radiographic evaluation with 10- to 13-year follow-up. *Am J Sports Med* 2009;37:707–14.
42. Saragaglia D, Pison A, Refaie R. Lateral tenodesis combined with anterior cruciate ligament reconstruction using a unique semitendinosus and gracilis transplant. *Int Orthop* 2013;37:1575–81.

Информация об авторах:

Гончаров Евгений Николаевич, к.м.н., доцент кафедры травматологии и ортопедии хирургического факультета ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, заведующий отделением травматологии и ортопедии ФГБУЗ Центральная клиническая больница Российской академии наук Москва, Россия 89169822050, goncharoven@gmail.com (корреспондентский адрес и телефон)

Захаров Кирилл Игоревич, врач ортопед-травматолог Санкт-Петербургский Государственный Университет, Клиника Высоких Медицинских Технологий им. Н.И. Пирогова, 2-е травматологическое отделение, Санкт-Петербург, Россия, kirik1982@mail.ru

Ветошкин Александр Александрович, к.м.н., врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России Санкт-Петербург, Россия totoalex5@gmail.com

Коваль Олег Александрович, врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии ФГБУЗ Центральная клиническая больница Российской академии наук Москва, Россия drkova1oa@gmail.com

Повалий Андрей Александрович, врач ортопед-травматолог Санкт-Петербургский Государственный Университет, Клиника Высших Медицинских Технологий им. Н.И. Пирогова, 2-е травматологическое отделение Санкт-Петербург, Россия, povandrey16@yandex.ru

Information about authors:

Evgeniy Nikolaevich Goncharov, MD, PHD, Associate Professor, Traumatology and Orthopedics Department of the Surgical Faculty, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Head of Traumatology and Orthopaedic surgery Department of Traumatology and Orthopedics Center Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences, goncharoven@gmail.com, Corresponding author

Kirill Igorevich Zakharov, MD Orthopaedic surgeon, 2nd Traumatology Department, St. Petersburg State University, Pirigov N.I. High Medical Technologies Clinic, kirik1982@mail.ru

Aleksandr Aleksandrovich Vetoshkin, MD, PHD, Orthopaedic surgeon, Traumatology and Orthopaedic surgery Department The Federal State Budgetary Institute "The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine" The Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, totoalex5@gmail.com

Oleg Aleksandrovich Koval, MD, Orthopaedic surgeon, Traumatology and Orthopedics Center Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences, drkova1oa@gmail.com

Andrey Aleksandrovich Povaliy, MD Orthopaedic surgeon, 2nd Traumatology Department St. Petersburg State University, Pirigov N.I. High Medical Technologies Clinic, povandrey16@yandex.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-19-25>

УДК 617.3

© Давыдов Д. В., Юрмина Н.С., Дорошкин В.В., Грицюк А.А., 2022

Оригинальная статья / Original article



ВЛИЯНИЕ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АРТРОСКОПИИ НА СОСТОЯНИЕ СИНОВИАЛЬНОЙ СРЕДЫ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С НАЧАЛЬНЫМИ СТАДИЯМИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО КРУЗАРТРОЗА

Д.В. ДАВЫДОВ¹, Н.С. ЮРМИНА^{*2}, В.В. ДОРОШКИН², А.А. ГРИЦЮК³

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации, 106094, г. Москва, Госпитальная площадь д. 3

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская клиническая больница имени Л. А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», 123423, г. Москва, ул. Саляма Адиля 2/44

³ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

Резюме:

Цель: сравнить цитологический состав синовиальной жидкости у пациентов с начальными стадиями посттравматического крузартроза после лечебно-диагностической артроскопии и консервативной терапии, оценить результаты лечения с помощью опросника AOFAS.

Материалы и методы. С 2013 по 2017 год на базе Центра травматологии и ортопедии ГВКГ им. Н. Н. Бурденко исследовали 2 группы пациентов после остеосинтеза по поводу переломов лодыжек. Основной группе через 6–12 месяцев после остеосинтеза выполнялось удаление металлоконструкций и артроскопия. Контрольная группа после удаления металлоконструкции лечилась консервативно. Всем пациентам выполнялось цитологическое исследование синовиальной жидкости голеностопного сустава. Эффективность лечения оценивалась по шкале AOFAS.

Результаты. У всех пациентов до лечения значения цитоза увеличены в 5 раз. В обеих группах через 3 месяца после лечения число клеточных элементов в 1 мкл понизилось. В контрольной группе количество клеток в 1 мкл превышало норму спустя 6 и 12 месяцев. В основной группе через 1 год цитоз уменьшался до нормы. По результатам анализов синовиальной жидкости у всех пациентов до начала лечения отмечено превышение числа макрофагов, нейтрофилов, гистцитов, лимфоцитов. На 3 месяц после лечения у всех больных уменьшилось воспаление. В контрольной группе отмечен рост макрофагов и нейтрофилов, с сохранением воспалительного процесса весь срок исследования. После ЛДА до конца исследования число нейтрофилов и макрофагов уменьшалось. По AOFAS в двух группах спустя 3 месяца после лечения зафиксированы хорошие показатели, которые через 12 месяцев изменились до неудовлетворительных. У пациентов после ЛДА до конца исследования сохранялся хороший результат.

Выводы. ЛДА в сочетании с удалением металлоконструкции после переломов лодыжек снижает воспаление в голеностопном суставе, что позволяет уменьшить боль, замедлить развитие ДОА, сохранить хороший результат по AOFAS ($p < 0,05$).

Ключевые слова: крузартроз; перелом лодыжек; цитоз; AOFAS; лечебно-диагностическая артроскопия

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Давыдов Д.В., Юрмина Н.С., Дорошкин В.В., Грицюк А.А., Влияние лечебно-диагностической артроскопии на состояние синовиальной среды голеностопного сустава у пациентов с начальными стадиями посттравматического крузартроза. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.19-25 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-19-25>

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

THE EFFECT OF THERAPEUTIC AND DIAGNOSTIC ARTHROSCOPY ON THE CONDITION OF THE SYNOVIAL ENVIRONMENT OF THE ANKLE JOINT IN PATIENTS WITH THE INITIAL STAGES OF POSTTRAUMATIC CRUSARTHROSIS

DENIS V. DAVYDOV¹, NATALIA S. YURMINA^{*2}, VITALY V. DOROSHKIN², ANDREY A. GRITSYUK³

¹ Federal State Budgetary Institution «Main Military Clinical Hospital named after Academician N.N. Burdenko» of the Ministry of defense of the Russian Federation, 3 Hospitalnaya Ploshchad, 106094, Moscow, Russian Federation

² State budgetary healthcare institution "City Clinical Hospital named after L. A. Vorohobov of the Moscow City Health Department"

³ Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University) 8 bld. 2 Trubetskaya st., 119991 Moscow, Russian Federation e-mail: rektorat@sechenov.ru

Abstract

Purpose of the study: to compare the cytological composition of synovial fluid in patients with the initial stages of posttraumatic crurarthrosis after therapeutic and diagnostic arthroscopy and conservative therapy, to evaluate the results of treatment using the AOFAS questionnaire.

Materials and methods. From 2013 to 2017, 2 groups of patients after osteosynthesis for ankle fractures were examined on the basis of the N.N. Burdenko Center for Traumatology and Orthopedics of the GVKG. The main group underwent removal of metal structures and arthroscopy 6-12 months after osteosynthesis. The control group was treated conservatively after removal of the metal structure. All patients underwent cytological examination of the synovial fluid of the ankle joint. The effectiveness of treatment was evaluated on the AOFAS scale.

Results. In all patients, the cytos values were increased by five times before treatment. In both groups, 3 months after treatment, the number of cell elements in one μ l decreased. In the control group, the number of cells in one μ l exceeded the norm after 6 and 12 months. In the main group, after 1 year, cytos values decreased to normal. According to the results of synovial fluid analyses, all patients had an excess of the number of macrophages, neutrophils, histocytes, and lymphocytes before the start of treatment. For 3 months after treatment, inflammation decreased in all patients. In the control group, the growth of macrophages and neutrophils was noted, with the preservation of the inflammatory process for the entire duration of the study. After LDA, the number of neutrophils and macrophages decreased until the end of the study. According to AOFAS, good indicators were recorded in two groups 3 months after treatment, which changed to unsatisfactory after 12 months. Patients after LDA maintained a good result until the end of the study.

Conclusions. LDA in combination with the removal of metalwork after ankle fractures reduces inflammation in the ankle joint, which reduces pain, slows down the development of DOA, and maintains a good AOFAS result ($p < 0.05$).

Key words: crurarthrosis; ankle fracture; cytos; AOFAS; therapeutic and diagnostic arthroscopy.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Davydov D.V., Yurmina N.S., Doroshkin V.V., Gritsyuk A.A., The effect of therapeutic and diagnostic arthroscopy on the condition of the synovial environment of the ankle joint in patients with the initial stages of posttraumatic crurarthrosis. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№2. pp.19-25 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-19-25>

Введение

Прогрессирующий рост числа случаев нетрудоспособности среди пациентов молодого возраста с посттравматическим деформирующим остеоартрозом из-за быстрого развития анатомо-функциональной неполноценности, особенно после переломов лодыжек, за последние десятилетия стал актуальной социально-экономической проблемой [1].

Острая воспалительная реакция, возникающая в суставе после перелома лодыжек, ежедневная биомеханическая нагрузка приводят к морфологической перестройке суставных поверхностей голеностопного сустава и изменениям синовиальной среды [2]. Патологический процесс сопровождается миграцией лейкоцитов и макрофагов, синтезом воспалительных медиаторов, выделением активных форм кислорода, которые разрушают хрящевую ткань и способствуют развитию крузартроза. [3,4,5]. Одна из основных особенностей начальных стадий посттравматического ДООА - отсутствие выраженных внутрисуставных морфологических изменений на рентгенограммах при наличии болевого синдрома и функциональных ограничений. Качественные и количественные изменения суставной жидкости происходят до появления развернутой кли-

нической картины, поэтому могут быть использованы в диагностическом процессе [6,7].

Своевременная коррекция деструктивных изменений в голеностопном суставе на начальных стадиях в перспективе способствует уменьшению экономических затрат на дорогостоящее лечение и последующую реабилитацию пациентов [8,9,10].

Цитологический анализ синовиальной жидкости позволяет получить объективную информацию об активности воспаления в голеностопном суставе, что необходимо для диагностики деформирующего остеоартроза на клеточном уровне и проведения дальнейших лечебных мероприятий, которые могут быть как консервативными, так и хирургическими [11, 12].

Внедрение новейших малоинвазивных оперативных методик, одним из которых является лечебно-диагностическая артроскопия, позволяет уменьшить воспалительный процесс и замедлить развитие деструктивных изменений в голеностопном суставе на ранних стадиях ДООА, что оказывает положительное влияние на повседневную активность пациентов и их качество жизни [13].

Контроль эффективности проводимого лечения основан на золотом стандарте клинической оценки заболеваний стопы и голеностопного сустава Американской Ассоциации Ортопедов Стопы и Голеностопного Сустава – шкале AOFAS, предложен-

ной Н. Kitaoka с соавторами в 1994 году [14,15,16]. В рамках настоящего исследования с помощью данной методики возможно оценить функциональные результаты наблюдаемых пациентов и качество их жизни после проводимых лечебных мероприятий.

Цель исследования - сравнить цитологический состав синовиальной жидкости у пациентов с начальными стадиями посттравматического крузартроза после лечебно-диагностической артроскопии и консервативной терапии, оценить результаты лечения с помощью опросника AOFAS.

Материалы и методы

В период с 2013 по 2017 год на базе Центра травматологии и ортопедии ГВКГ им Н.Н. Бурденко проводилось одноцентровое контролируемое проспективно-ретроспективное исследование, включающее 98 пациентов в возрасте от 18 до 55 лет после остеосинтеза по поводу нестабильных переломов лодыжек в анамнезе (без разделения на типы по Мюллеру-АО «ABC»). У всех участников наблюдения отмечено наличие болевого синдрома, синовит, ограничение движений в голеностопном суставе до 120 гр.

Критерии невключения в наблюдение - начальные проявления крузартроза (I–II стадия) без болевого синдрома, отсутствие синовита, пациенты ранее получавшие традиционную терапию длительный период времени (нестероидные противовоспалительные препараты – НПВП, глюкокортикоиды и другие препараты для внутрисуставного введения), отказ от участия в исследовании. После повторно проведенного объективного и комплексного клинко-рентгенологического обследования пациенты были разделены на 2 группы (по 49 в каждой). По причине наличия металлоконструкций МРТ голеностопного сустава не выполнялась. По личным причинам 30 (29,3%) пациентов отказались от дальнейшего наблюдения, в группы исследования вошли только лица мужского пола (средний возраст $33 \pm 0,6$ лет).

Для анализа эффективности лечения в зависимости от используемой методики были сформированы 2 группы пациентов.

В 1 группу (основную) вошли 33 пациента, которым через 6–12 месяцев после остеосинтеза лодыжек было выполнено удаление металлоконструкций в сочетании с лечебно-диагностической артроскопией (ЛДА) голеностопного сустава по общепринятой методике. Объем артроскопического вмешательства определялся по показаниям с учетом внутрисуставных изменений, характерных для начальных стадий крузартроза.

Больным 2 группы (контрольной), состоящей из 35 человек, после остеосинтеза и удаления металлоконструкции проводилась только консервативная терапия. Лечение включало в себя ЛФК в зале по индивидуальной программе №10, механотерапию №10, массаж №10. Для снятия болевого синдрома, нормализации тонуса мышц нижних конечностей проводилась СМТ- терапия (синусоидально модулированный ток) №13, ПеМТ (воздействие переменным низкочастотным магнитным

полем) №13. НПВС и хондропротекторы назначались по классической схеме. Удаление металлоконструкций в контрольной группе проводили в стандартные сроки от 12 до 18 месяцев. В исследуемых группах интраартикулярное введение лекарственных препаратов не производилось.

Всем пациентам выполнялось цитологическое исследование синовиальной жидкости голеностопного сустава. В день назначенный для контрольного осмотра и проведения анкетирования больным выполнялась диагностическая пункция голеностопного сустава в стерильных условиях экстренной операционной. По стандартной методике из препаратов синовиции производился подсчет клеточных элементов в 1мкл суставного выпота (цитоз) в камере Горяева. В мазках после окраски по Романовскому – Гимзе количество отдельных клеток выражали в процентном соотношении к общему числу клеточных элементов (не менее 100 форменных элементов в разных полях зрения) по общепринятому способу с применением биологического микроскопа «HumaScope Advanced LED». Для объективизации результатов исследования, их статистической обработки, интерпретации значений. В литературных источниках освещена проблема отсутствия референтных величин для многих показателей синовиальной жидкости, поэтому в качестве нормы были взяты данные В. Н. Павловой [17, 18].

Оценка результатов лечения проводилась с помощью шкалы -опросника AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society), который оценивает биомеханические параметры голеностопного сустава. Результаты анкетирования оценивали в баллах: отличный результат составлял 95–100 баллов, хороший результат соответствовал 75–94 баллам, удовлетворительный 51–74 балла, неудовлетворительный результат составлял менее 50 баллов. Опрос пациентов проводился до начала исследования и через 3, 6, 12 месяцев после проведенного лечения.

При проведении статистической обработки данных использовалась программа IBMSPSS Statistics Base (v 22.0; SPSS Inc) 22.0 для Windows., вычисляли среднюю арифметическую (M) среднюю ошибку средней арифметической (m) и среднее квадратичное отклонение (σ). Для сравнения групп применялся t-критерий Стьюдента. Различия между сравниваемыми группами считались статистически достоверным, если $p < 0,05$.

Результаты

При анализе полученных результатов исследования препаратов синовиальной жидкости у всех пациентов до лечения отмечено избыточное содержание клеточных элементов в 1 мкл (повышение цитоза в 5 раз) относительно физиологических показателей. Достоверно значимой разницы между двумя группами не выявлено ($p=0,73$). У пациентов после артроскопического лечения через 3 месяца в препаратах синовиции цитоз снизился до $1,32 \pm 0,4$ кл/мкл, в контрольной - до $1,18 \pm 0,7$ кл/мкл ($p=0,83$). В цитологических препаратах больных, которые лечились консервативно чрез 6 месяцев после проведенной терапии отмечен

рост числа клеточных элементов в 1 мкл ($1,42 \pm 0,3$ кл/мкл), у пациентов основной группы цитоз уменьшился до $0,83 \pm 0,2$ кл/мкл. Достоверной разницы с точки зрения статистического анализа внутри групп не выявлено. В цитологических препаратах синовию пациентов контрольной группы через 12 месяцев после лечения количественный состав изменился до $3,02 \pm 0,9$ кл/мкл, что свидетельствует об активности воспалительного процесса. В основной группе число клеточных элементов в 1 мкл спустя 1 год после ЛДА при микроскопическом исследовании синовию снизилось до физиологических показателей ($0,41$ кл/мкл). Статистически достоверные различия в результатах исследования внутри групп и между группами ($p < 0,05$) к концу исследования указывает о наличии воспалительного процесса в голеностопном суставе после консервативного лечения и нормализации показателей синовиальной среды после лечебно-диагностической артроскопии. Полученные данные представлены в таблице №1.

Таблица №1

Динамика цитоза синовиальной жидкости

Период исследования	Пациенты		p*
	Основная группа	Контрольная группа	
До лечения	$5,12 \pm 1,3\#$	$4,67 \pm 1,5$	0,73
Через 3 месяца	$1,32 \pm 0,4$	$1,18 \pm 0,7$	0,83
Через 6 месяцев	$0,83 \pm 0,2$	$1,42 \pm 0,3$	0,057
Через 12 месяцев	$0,41 \pm 0,3$	$3,02 \pm 0,9$	0,003
Норма - $0,67$ кл/мкл			
p	0,006	0,03	-

#- среднее значение

p- статистическая разница внутри группы (двусторонний парный тест (t-критерий))

p*- статистическая разница между группами (t-Стьюдента)

Изменение количественного соотношения клеток синовиальной жидкости позволяет верифицировать воспалительный процесс и оценить его активность. В результатах анализов синовиальной жидкости до начала лечения отмечена похожая цитологическая картина в обеих группах с выраженными признаками воспаления в виде повышенного числа макрофагов (в контрольной группе $-7,4 \pm 0,8$ %, в основной - $8,3 \pm 0,9$ %), нейтрофилов (в контрольной группе $6,3 \pm 1,5$ %, в основной - $6,9 \pm 1,5$ %), гистцитов (в контрольной группе $-11,4 \pm 1,8$ %, в основной - $11,9 \pm 2,1$ %), лимфоцитов до $43,1 \pm 2,1$ % у пациентов которые лечились консервативно и до $53,6 \pm 1,6$ % в основной группе, моноцитов (в контрольной группе $-3,3 \pm 1,4$ %, в основной - $4,3 \pm 2,1$ %). Статистически достоверных отличий в лабораторных показателях между группами не отмечено ($p > 0,05$).

При сравнении препаратов синовию полученных через 3 месяца после лечения у всех пациентов, выявлено уменьшение активности воспалительной реакции в голеностопном суставе за счет уменьшения числа макрофагов в контрольной группе до $5,7 \pm 2,5$ %, в основной – до $5,1 \pm 1,2$ %, нейтрофилов до $2,8 \pm 1,7$ % в контрольной группе, в основной до $4,2 \pm 2,1$ %, моноцитов в контрольной группе до $2,8 \pm 2,1$ %, в основной - $3,5 \pm 1,3$ %. Число гистцитов в значительной мере не изменилось. Остальные показатели - в пределах физиологических значений.

Клеточный состав синовиальной среды в обеих группах спустя 6 месяцев от начала исследования имел существенные различия. В контрольной группе после консервативной терапии в 2 раза увеличилось количество макрофагов ($10,3 \pm 1,7$ %) и в 2,5 раза число нейтрофилов ($7,2 \pm 2,3$ %) с дальнейшей тенденцией к прогрессирующему росту воспалительного процесса. В цитологических анализах пациентов через полгода после лечебно-диагностической артроскопии отмечено снижение воспаления из-за уменьшения количества нейтрофилов ($2,4 \pm 0,3$ %) и макрофагов ($6,6 \pm 0,5$ %) со статистически значимой разницей между группами ($p < 0,05$). Количество остальных форменных элементов достоверно не отличилось от показателей предшествующего анализа и представлено в таблице №2.

Таблица №2

Синовиоцитогарма пациентов контрольной группы

Классы клеток	Количество клеток в синовиальной жидкости (%)					p ¹
	до исследования	через 3 месяца	через 6 месяцев	через 12 месяцев	Норма	
Недиф. клетки	$6,7 \pm 1,2$	$7,9 \pm 0,8$	$5,7 \pm 1,1$	$2,8 \pm 0,9$	$9,2 \pm 0,9$	0,03
Синовиоциты	$22,5 \pm 0,7$	$35,8 \pm 1,5$	$23,5 \pm 0,9$	$25,1 \pm 2,3$	$36,0 \pm 1,8$	0,08
Моноциты	$3,3 \pm 1,4$	$2,8 \pm 2,1$	$3,2 \pm 1,6$	$1,5 \pm 1,4$	$2,5 \pm 0,7$	0,94
Лимфоциты	$43,1 \pm 2,1$	$42,4 \pm 1,9$	$40,5 \pm 2,1$	$42,1 \pm 1,3$	$40,1 \pm 2,5$	0,88
Макрофаги	$7,4 \pm 0,8$	$5,7 \pm 2,5$	$10,3 \pm 1,7$	$8,5 \pm 0,6$	$5,7 \pm 2,3$	0,03
Нейтрофилы	$6,3 \pm 1,5$	$2,8 \pm 1,7$	$7,2 \pm 2,3$	$7,9 \pm 1,2$	$1,6 \pm 0,4$	0,04
Гистциты	$11,4 \pm 1,8$	$11,7 \pm 1,4$	$12,1 \pm 0,9$	$12,3 \pm 0,5$	$10,7 \pm 1,8$	0,07

p¹- статистическая разница внутри группы (двусторонний парный t-критерий)

В ходе цитологического исследования мазков пунктатов через 12 месяцев у всех пациентов после лечения выявлены статистически значимые отличия. В контрольной группе число макрофагов ($8,5 \pm 0,6\%$) и нейтрофилов ($7,9 \pm 1,2\%$) превышало нормальные показатели, что указывает на сохранение активности воспалительного процесса. В результатах исследования синовиального выпота полученных через год

после артроскопического лечения отмечено снижение воспалительной реакции из-за уменьшения количества нейтрофилов ($1,3 \pm 0,5\%$) и макрофагов ($4,9 \pm 1,2\%$) со статистически значимой разницей между группами ($p < 0,05$). Количество остальных форменных элементов достоверно не отличилось от показателей предшествующего анализа, что отражено в таблице №3

Таблица 3

Синовиоцитогарма пациентов основной группы

Классы клеток	Количество клеток в синовиальной жидкости (%)					p ¹
	до исследования	через 3 месяца	через 6 месяцев	через 12 месяцев	Норма	
Недиф. клетки	$4,2 \pm 0,9$	$7,3 \pm 0,3$	$8,6 \pm 0,9$	$7,9 \pm 1,1$	$9,2 \pm 0,9$	0,02
Синовиоциты	$11,8 \pm 1,7$	$22,1 \pm 1,7$	$24,8 \pm 1,7$	$30,9 \pm 1,6$	$36,0 \pm 1,8$	0,14
Моноциты	$4,3 \pm 2,1$	$3,5 \pm 1,3$	$4,6 \pm 0,8$	$2,3 \pm 1,4$	$2,5 \pm 0,7$	0,52
Лимфоциты	$53,6 \pm 1,6$	$48,2 \pm 0,9$	$45,8 \pm 1,4$	$43,7 \pm 0,6$	$40,1 \pm 2,5$	0,09
Макрофаги	$8,3 \pm 0,9$	$5,1 \pm 1,2$	$6,6 \pm 0,5^*$	$4,9 \pm 1,2^*$	$5,7 \pm 2,3$	0,04
Нейтрофилы	$6,9 \pm 1,5$	$4,2 \pm 2,1$	$2,4 \pm 0,3^*$	$1,3 \pm 0,5^*$	$1,6 \pm 0,4$	0,05
Гистiocиты	$11,9 \pm 2,1$	$10,3 \pm 0,7$	$8,1 \pm 1,2^*$	$9,6 \pm 0,8$	$10,7 \pm 1,8$	0,04

#- среднее значение

p- достоверность различия к норме

p¹- статистическая разница внутри группы (двусторонний парный тест (t-критерий))

*- значения основной группы достоверно отличающиеся от значений первой группы с уровнем вероятности $p < 0,05$

При оценке эффективности результатов лечения по AOFAS в двух группах спустя 3 месяца после лечения отмечено статистически достоверное улучшение функционального стояния голеностопного сустава с удовлетворительного до хорошего (в контрольной группе средний балл повысился с $71,5 \pm 3,1$ до $91,6 \pm 3,2$ балла, в основной группе количество баллов изменилось с $68,4 \pm 3,7$ до $89,3 \pm 4,1$). Статистически значимого различия между группами до лечения не выявлено ($p=0,12$), так же как и спустя 3 месяца после проводимой терапии ($p=0,25$). Общее количество баллов по AOFAS, набранных пациентами через полгода после консервативной терапии снизилось до $74,1 \pm 2,4$ балла, а через 12 месяцев у тех же больных функциональный изменился до неудовлетворительного с суммарным значением $48,5 \pm 2,2$ балла ($p=0,04$). Среди пациентов, которым выполнялась ЛДА статистически достоверной отрицательной динамики внутри группы не зарегистрировано ($p=0,13$), у больных отмечены отличные показатели через полгода ($96,2 \pm 2,8$ балла), а также стойкий хороший результат через 12 месяцев ($94,4 \pm 3,9$ балла). Динамика результатов по AOFAS представлена в таблице №4. Статистически значимые различия в результатах между группами зарегистрированы через 12 месяцев после проводимого лечения ($p=0,002$).

Статистически значимые различия в результатах между группами зарегистрированы через 12 месяцев после проводимого лечения ($p=0,002$). Динамика функциональных результатов за

весь период исследования в группах по AOFAS представлена на диаграмме №2.

Таблица №4

Результаты тестирования пациентов по опроснику AOFAS

Группы	Срок исследования (баллы)				p*
	До лечения	Через 3 месяца	Через 6 месяцев	Через 12 месяцев	
Основная	$68,4 \pm 3,7^{\#}$	$89,3 \pm 4,1$	$96,2 \pm 2,8$	$94,4 \pm 3,9$	0,13
Контрольная	$71,5 \pm 3,1$	$91,6 \pm 3,2$	$74,1 \pm 2,4$	$48,5 \pm 2,2$	0,04
p**	0,12	0,25	0,054	0,002	-

#- среднее значение

p*- статистическая разница внутри группы (двусторонний парный тест (t-критерий))

p**- статистическая разница между группами (t-Стьюдента)

Таким образом по результатам качественного и количественного состава синовиальной жидкости у пациентов после лечебно-диагностической артроскопии нивелировались признаки воспаления в голеностопном суставе, по шкале AOFAS получен хороший функциональный результат, что подтверждает высокую эффективность предлагаемой методики лечения и профилактики крузартроза после переломов лодыжек.



Диаграмма №2. Динамика функциональных результатов за весь период исследования в группах по шкале-опроснику AOFAS.

Обсуждение

В ходе анализа результатов проведенного цитологического исследования синовиальной жидкости установлено, что после переломов лодыжек в голеностопном суставе возникает воспаление, которое приводит к развитию дегенеративно-деструктивных процессов в синовиальной оболочке и суставном хряще и, в дальнейшем, к формированию крузартроза, что совпадает с исследованиями Leet J. J., Heubner J., Zang X. [3]. Научные работы отечественных авторов подтверждают качественные и количественные изменения состава синовиальной жидкости голеностопного сустава у участников проводимого исследования до начала лечения одним из которых является увеличение общего содержания клеточных элементов в 1 мкл (цитоз) [4]. Цитологический дисбаланс характеризовался значительным преобладанием нейтрофилов и макрофагов, которые являются непосредственными участниками воспалительной реакции [4,5]. После проведенной консервативной терапии и лечебно-диагностической артроскопии в сочетании с удалением металлоконструкции у всех пациентов отмечен регресс воспаления, снижение болевого синдрома и значительное улучшение функционального состояния голеностопного сустава, что подтверждается научными таких зарубежных авторов, как Ackermann J, Fraser EJ, Murawski CD, Desai P, Vig K, Kennedy JG. [12]. При сравнении результатов анализов синовиальной жидкости через полгода после лечения у пациентов контрольной группы отмечена выраженная воспалительная реакция в голеностопном суставе из-за повышения числа макрофагов и нейтрофилов ($p < 0,05$), что привело к снижению функциональных показателей по AOFAS с хороших до удовлетворительных, а через 12 месяцев - до неудовлетворительного результата, что приводит к снижению физической и социальной активности.

Приведенные данные отечественной литературы и наш опыт подтверждают, что после артроскопического вмешательства уменьшается воспалительный процесс, на что указывает снижение цитоза, уменьшение числа макрофагов и нейтрофилов до нормальных значений в препаратах синовиальной жидкости [11]. Полученные

отличные и хорошие функциональные результаты через 6 и 12 месяцев по шкале AOFAS в отдаленном периоде подтвердили высокую эффективность артроскопического вмешательства на голеностопном суставе.

Выводы:

Лечебно-диагностическая артроскопия в сочетании с удалением металлоконструкции после переломов лодыжек уменьшает выраженность воспалительной реакции в голеностопном суставе, по показателям цитологического исследования, что позволяет статистически значимо снизить интенсивность болевого синдрома в отдаленном послеоперационном периоде, замедлить дальнейшее развитие посттравматического остеоартроза, сохранить хороший функциональный результат по данным опросника AOFAS и повысить качество жизни пациентов ($p < 0,05$).

Список литературы / References:

1. Adams S.B., Reilly R.M., Huebner J.L., Kraus V.B., Nettles D.L. Time-dependent effects on synovial fluid composition during the acute phase of human intra-articular ankle fracture. *Foot Ankle Int.* 2017; 38(10):1055–1063. doi: 10.1177/1071100717728234. Epub 2017 Sep 11.
2. Ширинский В.С. Воспаление и иммунитет: роль в патогенезе остеоартрита. Ширинский В.С., Казыгашева Е. В., Ширинский И.В. *Медицинская иммунология.* 2019; 21(1):39–48. [Shirinsky V.S. Inflammation and immunity: the role in the pathogenesis of osteoarthritis. Shirinsky V.S., Kazygasheva E.V., Shirinsky I.V. *Medical immunology.* 2019; 21(1):39–48].
3. Leet J. J., Heubner J., Zang X. Post traumatic osteoarthritis: baseline synovial fluid biomarkers are associated with cartilage biochemistry measured using MRI one year after ACL reconstruction. *Osteoarthritis and Cartilage.* 2019; 27: 107–108.
4. Захватов А. Н. Коррекция нарушений процессов свободно радикального окисления и метаболизма коллагена суставного хряща при экспериментальной травме коленного сустава / А. Н. Захватов, А. Н. Беляев, Н. А. Аткина. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2016; 36: 45–49. [Grippers A. N. Correction of violations of the processes of free radical oxidation and metabolism of articular cartilage collagen in experimental knee joint injury / A. N. Grippers, A. N. Belyaev, N. A. Atkina. *Department of Traumatology and Orthopedics.* 2016; 36: 45–49].
5. Юлдашева Л. Р., Полевая Ю.А., Сапожкова Ж. Ю. Клинико-лабораторное исследование синовиальной жидкости в диагностике заболеваний суставов. Часть 1. Лабораторная и клиническая медицина. *Фармация.* 2021; 1(1): 23–33. [Yuldasheva L. R., Polevaya Yu.A., Sapozhkov Zh.Yu. Clinical and laboratory examination of synovial fluid in the diagnosis of joint diseases. Part 1. Laboratory and clinical medicine. *Pharmacy.* 2021; 1(1): 23–33].
6. Клиническая лабораторная диагностика (методы и трактовка лабораторных исследований) / под ред. проф. В. С. Камышников. – 2-е изд. – М.: МЕД пресс-информ. 2017; 720 [Clinical laboratory diagnostics (methods and interpretation of laboratory research) / edited by prof. V.S. Kamyshnikov. – 2nd ed. – Moscow: MED press-inform. 2017; 720].

7. Vadala G., Martino A. Di, Tirindelli M.C. Use of autologous bone marrow cells concentrate enriched with platelet-rich fibrin on corticocancellous bone allograft for posterolateral multilevel cervical fusion. *Tissue Eng Regen Med.*, 2008; 2: 515–520. DOI: 10.1002/term.121

8. Алексеева Л.И., Таскина Е.А., Кашеварова Н.Г. Остеоартрит: эпидемиология, классификация, факторы риска и прогрессирования, клиника, диагностика, лечение. *Современная ревматология*. 2019;13(2):9–21 [Alekseeva L.I., Taskina E.A., Kashevarova N.G. Osteoarthritis: epidemiology, classification, risk and progression factors, clinic, diagnosis, treatment. *Modern rheumatology*. 2019;13(2):9–21].

9. Головач И.Ю., Зазирный И.М., Семенив И.П. Посттравматический остеоартрит: воспалительные, клеточные и биомеханические механизмы прогрессирования заболевания. *Травма*. 2016; 17(1):99–105. [Golovach I.Yu., Zazirny I.M., Semenov I.P. Posttraumatic osteoarthritis: inflammatory, cellular, and biomechanical mechanisms of disease progression. *Injury*. 2016; 17(1):99–105].

10. Захватов А.Н., Беляев Н. А., Аткина А.Н. Закономерности нарушений синовиоцитогаммы и активности свободнорадикальных оксидативных процессов при экспериментальной травме сустава и возможности их патогенетической коррекции. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018;17(3):53–60. [Zahvatov A.N., Belyaev A.N., Atkina N.A. Regularities in disturbances of cytological composition of synovial fluid and activity of free radical oxidative processes in case of experimental joint injury and possibility of their pathogenetic correction. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2018;17(3):53–60] <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-3-53-60>.

11. Головач И.Ю. Посттравматический остеоартрит: современные представления о развитии, прогрессировании и терапевтических подходах / И. Ю. Головач Е. Д. Егудина // *Политравма*. 2019; (1):82–89. [Golovach I.Yu. Posttraumatic osteoarthritis: modern ideas about development, progression, and therapeutic approaches / I. Yu. Golovach, E. D. Egudina // *Polytrauma*. 2019; (1):82–89].

12. Ackermann J, Fraser EJ, Murawski CD, Desai P, Vig K, Kennedy JG. Trends of concurrent ankle arthroscopy at the time of operative treatment of ankle fracture: a national database review. *Foot Ankle Spec*. 2016;9(2):107–112. doi: 10.1177/1938640015599034. Epub 2015 Aug 10.

13. Матвеева Е. Л., Чепелева М. В. Взаимосвязь некоторых иммунологических и биохимических показателей в синовиальной жидкости больных дегенеративно-дистрофическими поражениями суставов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014; 14: 258–263 [Matveeva E.L., Chepeleva M.V. The relationship of some immunological and biochemical parameters in the synovial fluid of patients with degenerative-dystrophic joint lesions. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2014; 14: 258–263].

14. Kitaoka, H.B., et al., Clinical rating systems for the ankle hind foot, midfoot, hallux, and lesser toes//*Foot Ankle Int*. 1994; 15(7): 349–53. DOI: 10.1177/107110079401500701

15. Mahdaviadz H, Kardeh B, Vosoughi AR.J, American Orthopedic Foot, and Ankle Society Hallux Metatarsophalangeal-Interphalangeal Joint Scale: A Cross-Cultural Adaptation and Validation Study in the Persian Language. // *Foot Ankle Surg*. 2020;59(4):729–732. doi: 10.1053/j.fas.2020.01.006. Epub 2020 Mar 20. PMID: 32201126

16. Schneider W, Jurenitsch S, Normative data for the American Orthopedic Foot and Ankle Society ankle-hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes clinical rating system// *Int Orthop*. 2016 Feb;40(2):301–6. doi: 10.1007/s00264-015-3066-2. Epub 2015 Dec 16.

17. Павлова В. Н. Синовиальная среда суставов. М.: Медицина, 1980; 296. [Pavlova V.N. Synovial environment of joints. M.: Medicine, 1980; 296].

18. Матвеева Е.Л., Гасанова А.Г., Спиркина Е.С. Перспективы исследования синовиальной жидкости для клинической практики (литературный обзор). *Гений ортопедии*. 2012; 2: 148–151. [Matveeva E.L., Gasanova A.G., Spirkina E.S. Prospects of synovial fluid research for clinical practice (literature review). *The genius of orthopedics*. 2012; 2: 148–151].

Информация об авторах:

Давыдов Денис Владимирович - доктор медицинских наук, профессор, начальник госпиталя ФГБУ «ГВКГ им. академика Н. Н. Бурденко» г. Москва, Россия, e-mail: dvdaavydov@yandex.ru

Юрмина Наталья Сергеевна - врач травматолог-ортопед государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская клиническая больница имени Л. А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия, e-mail: yurminanata@mail.ru;

Дорошкин Виталий Владимирович - врач травматолог-ортопед, заведующий травматологическим отделением государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская клиническая больница имени Л. А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия, e-mail: Vitaly.doroshkin@mail.ru;

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

Information about authors:

Denis V. Davydov is Doctor of Medical Sciences, professor, chief of hospital Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko, Moscow, Russia. e-mail: dvdaavydov@yandex.ru

Natalia S. Yurmina - traumatologist-orthopedist of the state budgetary healthcare institution “City Clinical Hospital named after L.A. Vorohobov of the Moscow City Health Department,” Moscow, Russia. e-mail: yurminanata@mail.ru;

Vitaly V. Doroshkin - traumatologist-orthopedist, head of the Traumatology department of the state budgetary healthcare institution “City Clinical Hospital named after L.A. Vorohobov of the Moscow City Health Department,” Moscow, Russia. e-mail: Vitaly.doroshkin@mail.ru.

Andrey A. Gritsyuk is the Doctor of Medical Sciences, professor, professor of department of traumatology, orthopedics, and surgery of accidents of medical faculty Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), e-mail: drgaamma@gmail.com.

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-26-33>

УДК 617.3

© Давыдов Д.В., Аль-Ханих М.А., Брижань Л.К., 2022

Оригинальная статья / Original article



ЛЕЧЕНИЕ АТРОФИЧЕСКИХ ЛОЖНЫХ СУСТАВОВ КЛЮЧИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГЕЛЯ

Д.В. ДАВЫДОВ¹, М.А. АЛЬ-ХАНИХ^{*1}, Л.К. БРИЖАНЬ¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации 106094, г. Москва, Госпитальная площадь д. 3

Резюме

Цель исследования - улучшить результаты лечения атрофических ложных суставов ключицы путем применения коллагенового биогеля.

Материалы и методы

Проведено двухэтапное последовательное ретроспективно-проспективное контролируемое одноцентровое исследование с 2015 по 2021 годы. На первом этапе проведен анализ лечения 15 пациентов с атрофическими ложными суставами ключицы, которое заключалось в остеосинтезе и костной пластике. Изучали сроки сращения, функциональные результаты и осложнения. На втором этапе (12 пациентов) проводилось проспективное исследование: пациентам с атрофическими ложными суставами ключицы, при хирургическом лечении применяли биогель. Всего включено 27 пациентов, все мужского пола, средний возраст $29,6 \pm 7,5$ лет. Средняя продолжительность лечения от момента травмы до госпитализации составил $357,1 \pm 78,1$ суток. Низкоэнергетические травмы имели место у 18 (66,6%) пациентов: бытовые 12 (44,4%) и спортивные 6 (22,2%); высокоэнергетические 9 (33,3%): ДТП – 7 (25,9%), кататравма 2 (7,4%). Все переломы были закрытые по классификации АО тип: В (70,5%) и С (29,5%). Результаты лечения оценивали по клинические признаки сращения (боль и физиологическая осевая нагрузка); рентгенологические и КТ признаки сращения, функциональный результат лечения (клинический и тестирование по шкалам DASH и SF-36).

Результаты. Сращение ложного сустава (по клиническим и рентгенологическим признакам) при применении биогеля было быстрее ($239,4 \pm 55,3$ суток) чем при стандартной костной аутопластике ($299,74 \pm 67,9$ суток) статистически значимо ($p=0,0023$). При тестировании по шкале DASH в первой группе результаты на сроках в 1 и 3 месяца были статистически значимо лучше (1 месяц: $DASH_{\text{группа I}} = 77,6 \pm 3,3$ и $DASH_{\text{группа II}} = 80,4 \pm 4,2$ ($p=0,0065$), 3 месяца $DASH_{\text{группа I}} = 63,6 \pm 4,3$ и $DASH_{\text{группа II}} = 70,4 \pm 4,5$ ($p=0,0336$), на более поздних сроках достоверной разницы между группами отмечено не было. По шкале SF-36 статистически значимые значения были через 3 месяца после операции, в группе I (ФФ) = $44,6 \pm 4,4$, в группе II (ФФ) = $37,2 \pm 3,3$ (разница 16,6% $p=0,0065$).

Вывод: применение коллагенового гидрогеля в сочетании с губчатым костным аутооттрансплантатом позволяет улучшить результаты лечения атрофических ложных суставов ключицы сократить срок сращения на 20% ($p=0,0023$) с высоким функциональным результатом.

Ключевые слова: ложный сустав ключицы, коллагеновый биогель

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Для цитирования: Давыдов Д.В., АльХаних М.А., Брижань Л.К., Лечение атрофических ложных суставов ключицы с применением биогеля. Кафедра травматологии и ортопедии. 2022. №2(48). С.26-33 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-26-33>

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

TREATMENT OF ATROPHIC PSEUDARTHROSIS OF THE CLAVICULE WITH THE USE OF BIOGEL

DENIS V. DAVYDOV¹, LEONID K. BRIZHAN¹, MURAD A. AL-HANIH^{*1}

¹Federal State Budgetary Institution «Main Military Clinical Hospital named after Academician N.N. Burdenko» of the Ministry of defense of the Russian Federation, 3 Hospitalnaya Ploshchad, 106094, Moscow, Russian Federation

Abstract

The aim of the study is to improve the results of the treatment of atrophic pseudarthrosis of the clavicle by using collagen biogel.

Material and method.

A two-stage sequential retrospective-prospective controlled single-center study was conducted from 2015 to 2021. At the first stage, an analysis was made of the treatment of fifteen patients with atrophic pseudarthrosis of the clavicle, which consisted of osteosynthesis and bone grafting. We studied the terms of union, functional results, and complications. At the second stage (12 patients), a prospective study was conducted: in patients with atrophic pseudarthrosis of the clavicle, biogel was used during surgical treatment. A total of 27 patients were included, all males, mean age 29.6 ± 7.5 years. The average duration of

treatment from the moment of injury to hospitalization was 357.1 ± 78.1 days. Low-energy injuries occurred in 18 (66.6%) patients: domestic 12 (44.4%) and sports 6 (22.2%); high-energy 9 (33.3%): traffic accident - 7 (25.9%), catatrauma 2 (7.4%). All fractures were closed according to the AO type classification: B (70.5%) and C (29.5%). The results of treatment were assessed by clinical signs of adhesion (pain and physiological axial load); X-ray and CT signs of adhesion, functional result of treatment (clinical and testing according to the DASH and SF-36 scales).

Results. Fusion of the pseudarthrosis (according to clinical and radiological signs) with the use of biogel was faster (239.4 ± 55.3 days) than with standard bone autoplasmic (299.74 ± 67.9 days) statistically significant ($p=0.0023$). When testing on the DASH scale in the first group, the results at 1 and 3 months were statistically significantly better (1 month: DASH group I= 77.6 ± 3.3 and DASH group II= 80.4 ± 4.2 ($p=0.0065$), 3 months DASH group I= 63.6 ± 4.3 and DASH group II= 70.4 ± 4.5 ($p=0.0336$), no significant difference between the groups was noted at later terms. On the SF-36 scale, statistically significant values were after 3 months after surgery, in group I (FF) = 44.6 ± 4.4 , in group II (FF) = 37.2 ± 3.3 (difference 16.6% $p=0.0065$).

Conclusion: the use of collagen hydrogel in combination with spongy bone autograft improves the results of treatment of atrophic pseudarthrosis of the clavicle and reduces the fusion period by 20% ($p=0.0023$) with a high functional result.

Keywords: pseudarthrosis of the clavicle, collagen biogel

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Davydov D.V., Alhanh M.A., Brizhan L.K., Treatment of atrophic pseudarthrosis of the clavicle with the use of biogel. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№2. pp.26-33 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-26-33>

Введение

Образования ложного сустава обусловлено нарушением репаративной регенерации, которая по механизму качественно отличается от физиологической, в основе которой лежат процессы ангио и остеогенеза [1, 2, 3, 4]. Атрофические ложные суставы костей верхних конечностей являются серьезным осложнением переломов, возникающим примерно в 5% случаев. Ложные суставы диагностируются, когда при рентгенографии через 6 месяцев с момента травмы (два срока нормального сращения) отсутствуют признаки сращения кости [5, 6, 7, 8, 9].

Частота переломов ключицы составляет от 2,6 до 10% всех переломов, при этом 80% из них в средней трети, а ложные суставы ключицы — достаточно редко, и в основном при консервативном лечении [10]. В случаях многооскольчатых и открытых переломов, требующих открытой репозиции и фиксации, частота ложных суставов составляет около 3% [11, 12]. В метаанализе, представленном Zlowodzki M. и соавт. (2005), частота ложных суставов ключицы достигала 2,2%, в случае открытой и закрытой фиксации в средней трети по сравнению с 5,9% при консервативном лечении и 15,1% при переломах со смещением [13].

Анализируя научную литературу мы не нашли единого тактического алгоритма для хирургической коррекции ложных суставов костей верхних конечностей атрофического характера [6, 14, 15, 16]. Снижение регенераторной способности кости ведет к большому проценту неудачных исходов операций, поэтому необходимы новые методы воздействия на репаративную регенерацию кости с помощью различных биопрепаратов. Многочисленные исследования в разных странах говорят о высокой актуальности данных исследований, что ставит задачу лечения атрофических ложных суставов костей конечностей в ряд наиболее важных в травматологии и ортопедии повреждений, потому что связана с инвалидизацией молодых пациентов [17, 18].

Искусственные биорезорбируемые гидрогелевые матрицы, полученные из компонентов природного внеклеточного матрикса (ВКМ), представляют большой научно-практический интерес, потому что несут несколько компонентов из коллагена, желатина, гиалуроновой кислоты, что позволяет им выступать в роли биомиметиков [19]. Отечественный биополимерный микрогетерогенный коллагенсодержащий гидрогель (БМКГ) отвечает требованиям, предъявляемым к данному классу поликомпонентных биогидрогелевых тканевых биомиметиков [20]. Биополимерные микрогетерогенные коллагенсодержащие гидрогели данного класса способны создавать клеточным культурам соответствующий матрикс, который позволяет эффективную адгезию с последующей пролиферацией, необходимой для дифференцировки и синтеза специфической биоткани. Оригинальная технология создания инъекционной формы биогелевого препарата обеспечивает стабильную структурную биологически активную ксеногенную ткань, состоящую из частиц коллагена животного происхождения и гидрогеля, несущие в своем составе необходимые активные элементы ВКМ [21-27].

Множество экспериментальных работ показывает перспективы биоинженерного подхода к решению данной проблемы, но отсутствуют данные о клиническом применении биопрепаратов. Наша работа направлена на достижение этой цели путем применения биогеля для улучшения регенерации костной ткани у пациентов с атрофическими ложными суставами ключицы.

Цель исследования - улучшить результаты лечения атрофических ложных суставов ключицы путем применения коллагенового биогеля.

Материалы и методы

Проведено двухэтапное последовательное ретроспективно-проспективное контролируемое одноцентровое исследование

с 2015 по 2021 годы. На первом этапе проведен анализ лечения 15 пациентов с атрофическими ложными суставами ключицы, которое заключалось в остеосинтезе и костной пластике. Изучали сроки сращения, функциональные результаты и осложнения. На втором этапе (12 пациентов) проводилось проспективное исследование пациентов с атрофическими ложными суставами ключицы, которым хирургическом лечении применяли биогель с целью повышения регенераторных свойств кости. Всего в исследование включено 27 пациентов с ложными суставами ключицы, все пациенты мужского пола, средний возраст $29,6 \pm 7,5$ лет, без серьезной сопутствующей патологии по шкале ASA (Американского общества анестезиологов I–II). Ложные суставы были атрофического типа, без потери костной массы. Средняя продолжительность лечения от момента травмы до госпитализации составил $357,1 \pm 78,1$ суток гендерные показатели представлены в таблице №1.

Таблица №1

Распределение пациентов по группам

Показатели	Группы пациентов		Всего n=27	P**
	Основная n=12	Сравнения n=15		
Средний возраст (лет)	$28,9 \pm 8,3^*$	$29,9 \pm 7,7$	$29,6 \pm 7,5$	0,725
ASA I: II	9:3	10:5	19:8	0,163
Сегмент ключицы (n, %):				
Латеральная треть	3 (11,1%)	3 (11,1%)	6 (22,2%)	сзро***
Средняя треть	6 (22,2%)	8 (29,7%)	14 (51,9%)	сзро***
Медиальная треть	3 (11,1%)	4 (14,8%)	7 (25,9%)	сзро***
Средняя длительность предшествующего лечения (сут.)	$355,4 \pm 76,2$	$359,1 \pm 80,5$	$357,7 \pm 78,1$	0,065

* - среднее значение $\pm$ среднеквадратичное отклонение;

** - $p < 0,05$

***сзро - статистически значимая разница отсутствует

Критерии включения: пациенты с атрофическими ложными суставами ключицы, после закрытого перелома (срок давности травмы не менее 6 месяцев). Критерии не включения: открытые, внутрисуставные переломы, гипертрофические и инфицированные ложные суставы, циркулярные дефекты кости и/или мягких тканей, наличие сопутствующих заболеваний (ASA III и выше), повреждение нервов, отказ от участия в исследовании. Критерии исключения: инфекционные осложнения, недоступность пациента или отказ от участия в исследовании.

Низкоэнергетические травмы имели место у 18 (66,6%) пациентов: бытовые 12 (44,4%) и спортивные 6 (22,2 %); высокоэнергетические 9 (33,3%): ДТП – 7 (25,9%), кататравма 2 (7,4%). Все переломы были закрытые по классификации АО тип: В (19–70,5%) и С (29,5%), при этом дефектов мягких тканей области травмы не было, переломы ключицы при политравме были у 9 (33,3%) пострадавших. До поступления в госпиталь все пациенты проходили лечение в других лечебных учреждениях, при том консервативное лечение было у 8 (29,7%), остальные пациенты (19–70,5%) были оперированы ранее: накостный остеосинтез пластиной - 17 (63,1%) пациентов, интрамедуллярный 2 (7,4%). Повторные операции были у 12 (44,4%) пациентов: удаление металлоконструкций – 7 (25,9%), повторный остеосинтез – 2 (7,4%), костно-пластические операции – 3 (11,1%).

Первый этап проводился ретроспективно (группа сравнения), второй этап проспективно, при отборе пациентов по критериям включения и не включения, предлагалась операция накостного остеосинтеза с костной аутопластикой (фрагмент крыла подвздошной кости) с применением гидрогеля. У всех пациентов до включения в проводимое исследование было получено информированное согласие, одобренное локальным этическим комитетом ГВКГ им. Н. Н. Бурденко (протоколы № 193 от 29.04.2017 г. и № 219 от 18.09.2019 г.).

В обеих подгруппах применяли внутренний накостный остеосинтез и пластику области ложного сустава аутооттрансплантатом из гребня крыла подвздошной кости, в основной группе применяли коллагеновый гидрогель «КОЛЛОСТ» производства ООО «БиоФАРМАХОЛДИНГ», в качестве биомиметика внеклеточного матрикса. В ходе операции удаляли рубцовые ткани в межотломковой зоне (резекция ложного сустава) с одновременным удалением склерозированных участков раневой поверхности костных отломков. При необходимости усиления прочностных качеств трансплантата сохраняли кортикальную пластинку подвздошной кости, по ходу операций особое внимание уделяли сохранению (или восстановлению) длины, оси и ротации сегмента. Аутооттрансплантаты укладывали в область ложного сустава, перекрывая отломки, при этом добиваясь плотного контакта между ними и реципиентным ложем, в некоторых случаях укрепляли винтами. При этом вокруг зоны ложного сустава и аутооттрансплантата в мягких тканях формировали карман, на участки губчатой аутокости, дистальный и проксимальный отломки, равномерным слоем наносили коллагеновый гидрогель, после чего «карман» ушивали. В послеоперационном периоде пациентам обеих групп конечности иммобилизовали козырьковой повязкой. Функциональную нагрузку на верхнюю конечность разрешали в ранние сроки в дозированном режиме. Протокол послеоперационного ведения пациентов в обеих группах был одинаковым.

Клинический пример пациентка К., 47 лет, получила бытовую травму — закрытый перелом левой ключицы в средней

трети со смещением отломков. По месту жительства выполнен остеосинтез пластиной, через 12 месяцев при обследовании выявлен атрофический ложный сустав левой ключицы в средней трети (рис. 1), боли в области левой ключицы, деформацию и травмы отрицает.

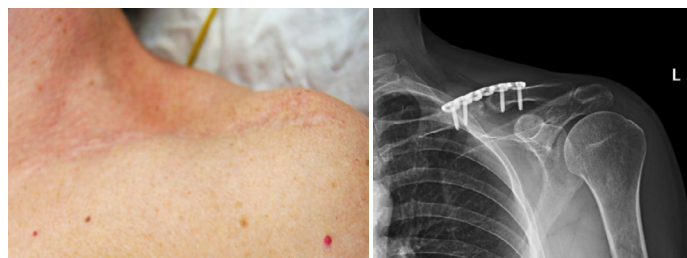
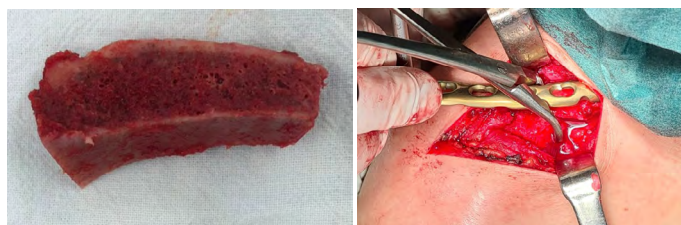


Рисунок 1. Пациентка К. А — вид послеоперационного рубца и деформация в области ключицы; б — рентгенограмма левой ключицы, атрофический ложный сустав

При госпитализации пациентки в ГВКГ им. Н. Н. Бурденко решено было выполнить реостеосинтез и свободную неваскуляризированную костную аутопластику левой ключицы трансплантатом фрагмента гребня крыла подвздошной кости с применением биогеля. Этапы операции представлены на рисунке 2. Костный аутоотрансплантат фиксирован винтами к месту контакта отломков ключицы ниже пластины для создания плотного контакта отломками ключицы.



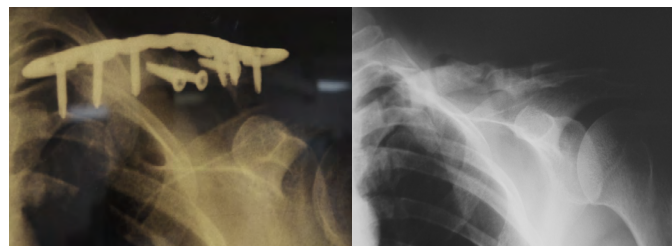
а б



в г

Рисунок 2. Пациентка К. Интраоперационная картина: а — вид кортикально-губчатого трансплантата из крыла подвздошной кости; б — этап остеосинтеза ключицы; в — вид фиксированного 3 винтами трансплантата; г — сформированный мышечный «карман» в области ключицы и этап введения биополимерного микрогетерогенного коллагенсодержащего геля в область кортикально-губчатого трансплантата

Послеоперационная рана зажила первично, перелом сросся через 24 месяца после операции и пластина удалена (через 36 месяцев) (рис. 3), функция конечности восстановлена в полном объеме (рис. 4).



а б

Рисунок 3. Пациентка К. А — рентгенограмма левой ключицы через 24 месяца после пластики с применением БМКГ; б — рентгенограмма левой ключицы через 36 месяцев, ложный сустав сросся, но тень трансплантата видна

Пациентка продолжает амбулаторное наблюдения, в настоящее время срок наблюдения 40 месяцев после удаления пластины, жалоб нет, работает по прежней специальности.



а



б в

Рисунок 11. Пациентка К. А — вид рубцов области левой ключицы; б, в — вид пациентки и функция верхних конечностей через 12 месяцев после удаления пластины

Результаты лечения оценивали по трем критериям: клинические признаки сращения (боль и физиологическая осевая нагрузка); рентгенологические и КТ признаки сращения

(оценка костной мозоли и щели между отломками), функциональный результат лечения (клинический и тестирование по шкалам).

Для всех пациентов применяли опросник SF-36 (максимальная положительная оценка 100 баллов за 10 пунктов) и по двум разделам опросника «Оценка исходов при нарушении функции руки, плеча, кисти (DASH Outcome Measure, USA Institute for a Work&Health). Максимальная сумма баллов в первом разделе 150, во втором – 20; минимальная – 30 и 4 соответственно. Результаты данного теста интерпретировали согласно инструкции: отличные и хорошие – от 30 до 49 баллов, удовлетворительные – от 50 до 74 баллов, неудовлетворительные – от 75 до 100 баллов.

Статистическая обработка.

Для описания количественных переменных использовали средние значения и стандартные отклонения в виде $M \pm S$. Сопоставление двух групп по числовым переменным проводили при помощи непараметрического метода Манна-Уитни. Статистическую значимость различий групп для бинарных и номинальных показателей определяли при помощи критерия Хи-квадрат Пирсона в случае независимых выборок и при помощи непараметрической ранговой корреляции по Спирмену. Анализ динамики показателей для сопоставления двух периодов осуществляли на основе непараметрического метода Уилкоксона. Для исследования влияния сразу нескольких независимых показателей на зависимую использовали многофакторный дисперсионный анализ (MANOVA). Уровень статистической значимости был зафиксирован на уровне 0,05. Статистическую обработку данных выполняли при помощи пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 22.

Результаты

Сращение ложного сустава (по клиническим и рентгенологическим признакам) при применении биогеля было быстрее ($239,4 \pm 55,3$ суток) чем при стандартной костной аутопластике ($299,74 \pm 67,9$ суток) статистически значимо ($p=0,0023$).

При тестировании по шкале DASH в первой группе результаты на сроках в 1 и 3 месяца были статистически значимо лучше (1 месяц: $DASH_{\text{группа I}} = 77,6 \pm 3,3$ и $DASH_{\text{группа II}} = 80,4 \pm 4,2$ ($p=0,0065$), 3 месяца $DASH_{\text{группа I}} = 63,6 \pm 4,3$ и $DASH_{\text{группа II}} = 70,4 \pm 4,5$ ($p=0,0336$), на более поздних сроках достоверной разницы между группами отмечено не было, диаграмма № 1.

Тестирование по шкале SF-36 показало меньше различий показателей, но статистическая разница была отмечена на ранних сроках исследования при следующих критериях: это боль, физическое, ролевое и социальное функционирование, на поздних сроках статистической разницы отмечено не было, результаты представлены на диаграмме №2.

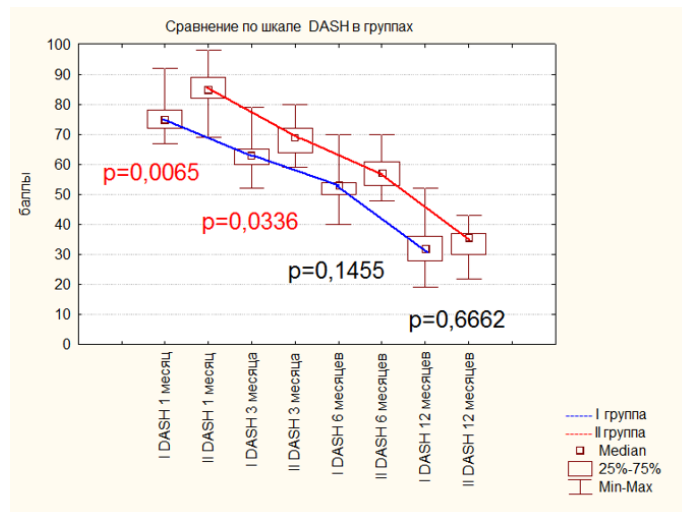
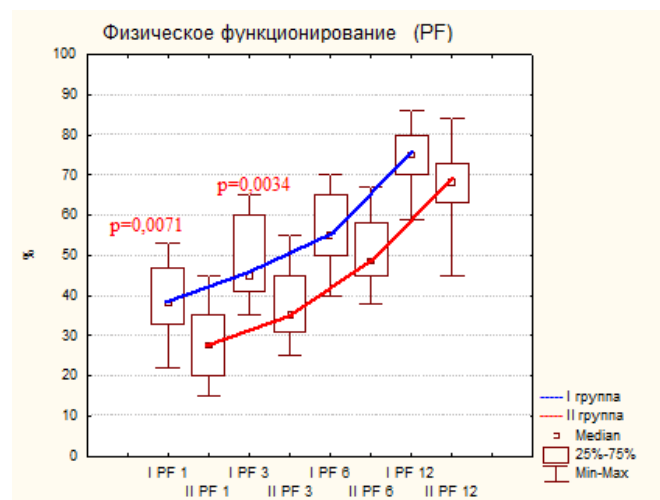
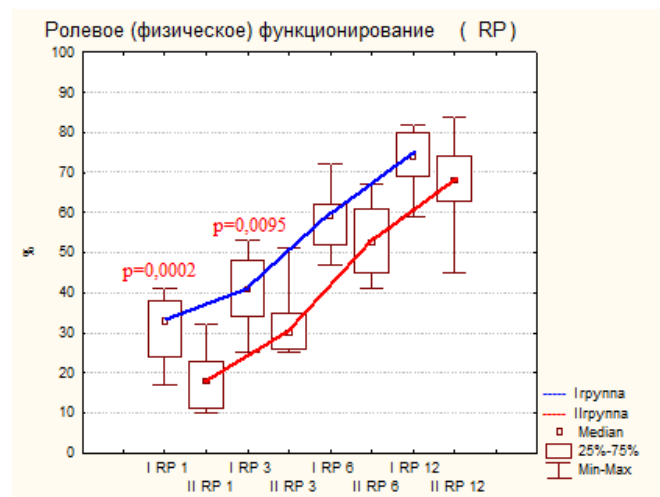


Диаграмма 1. Динамика результатов по шкале DASH в группах после операции.



а



б

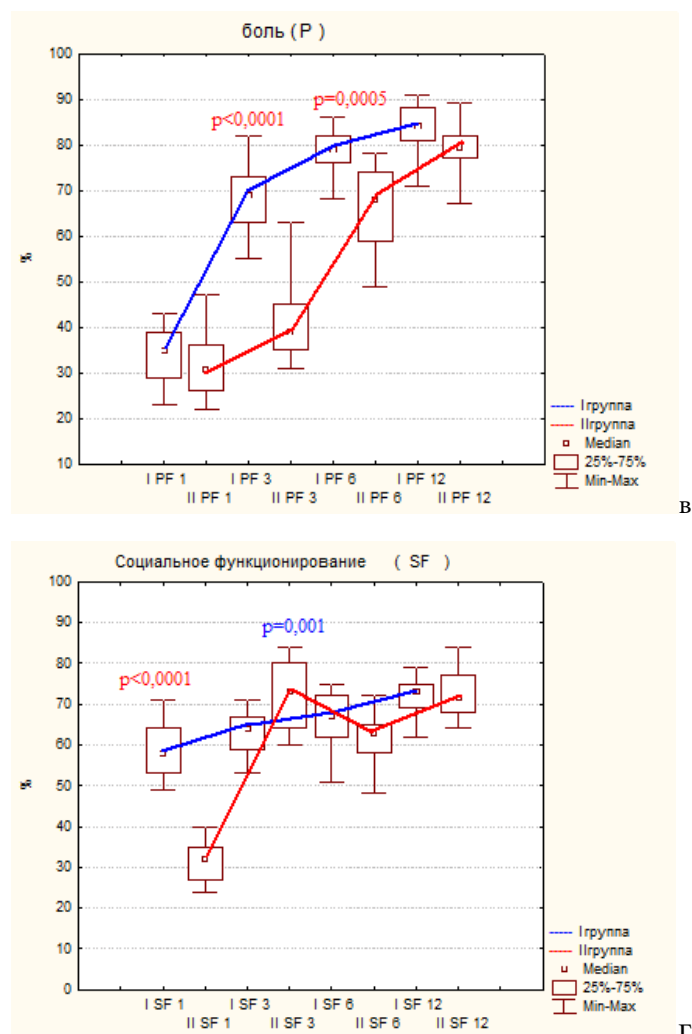


Диаграмма 2. Динамика показателей по шкале SF-36 по группам пациентов после операции: а- физическое функционирование, б- ролевое функционирование, в- боль, г социальное функционирование.

Обсуждение

Исследование посвящено хирургическому лечению ложных суставов ключицы атрофического характера. Многочисленные исследования, проведенные в разных странах, характеризуют проблему образования ложных суставов костей верхних конечностей как актуальную в связи с частотой и высоким процентом инвалидности, особенно среди лиц трудоспособного возраста.

Большое количество научных работ рекомендует применять стабильный остеосинтез с использованием костных аутографтов — это уже устоявшееся мнение, но новые биомиметики и остеопластические материалы показывают неплохие экспериментальные и клинические результаты.

Органические имплантаты интегрируются в кость и замещают дефект ткани за счет прорастания сосудов вглубь

ткани имплантата. Такой механизм интеграции, основанный на постепенном замещении имплантата нативной тканью, является наиболее предпочтительным, поэтому использование тканеинженерных конструкций на основе природных полимеров (биомиметиков) является перспективным направлением биоинженерии [22, 29].

Органический компонент костной ткани составляет 45 % от всего объема кости и состоит из коллагена (85–90 %), поэтому наличие коллагена в матрице тканеинженерной конструкции будет стимулировать остеорепарацию. Коллаген полимеризуясь образует белковые сферические тела, которые вступают во взаимодействие между собой и образуют прочную полимерную матрицу с 3D-объемной формой. Такая матрица способна менять свою консистенцию от жидкой до желеобразной без нарушения решетчатой структуры, что стимулирует прорастание сосудов, при этом в нормальном состоянии имеет желеобразную, удобную для использования форму [30, 31, 32, 33].

Применение предлагаемой в исследовании модели тканеинженерной конструкции, состоящей из скаффолда (коллагеновый гидрогель), остеогенной клеточной колонии (губчатая аутокость) с биологически активными веществами (фибрилярные белки, гликозаминогликаны, многочисленные растворимые факторы в области операционной раны), доказывает свою способность к оптимизации репаративной остеорегенерации, что проявилось в ускорении сращения ложного сустава [34]. Однако ввиду особенностей данного исследования (малой выборки, отсутствие рандомизации) факты успешного функционирования тканеинженерной конструкции с матрицей из коллагенового гидрогеля требуют дальнейшего исследования.

Вывод: применение коллагенового гидрогеля в сочетании с губчатым костным аутографтом позволяет улучшить результаты лечения атрофических ложных суставов ключицы сократить срок сращения на 20% ($p=0,0023$) с высоким функциональным результатом.

Список литературы / References:

1. Быков, В.Л. Общая гистология: Учебник для мед. ВУЗов / В. Л. Быков. — СПб.: СОТИС, 2001. — 519 с. [Bykov, V.L. Obshchaya gistologiya: Uchebnik dlya med. VUZov / V. L. Bykov. — SPb.: SOTIS, 2001. — 519 s]
2. Гайворонский, И.В. Нормальная анатомия человека: Учебник для медицинских ВУЗов. Т. 1 / И.В. Гайворонский. — СПб.: СпецЛит, 2000. [Gaivoronskii, I.V. Normal'naya anatomiya cheloveka: Uchebnik dlya meditsinskikh VUZov. T. 1 / I.V. Gaivoronskii. — SPb.: SpetsLit, 2000]
3. Гистология: Учебник / Под ред. Э. Г. Улумбекова, Ю. А. Чельшева; 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Мед, 2001. — 694 с. [Gistologiya: Uchebnik / Pod red. E. G. Ulumbekova, Yu. A. Chelysheva; 2-e izd., pererab. i dop. — M.: GEOTAR-Med, 2001. — 694 s]
4. Лаврищева, Г.И. Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации опорных органов и тканей / Г.И. Лаврищева, Г. А. Оноприенко. — М.: Медицина, 1996. — 206 с. [Lavrishcheva, G. A. Onoprienko. — M.: Medicina, 1996. — 206 s. [Lavrishcheva,

G.I. Morfologicheskie i klinicheskie aspekty reparativnoi regeneratsii opornykh organov i tkanei / G. I. Lavrishcheva, G. A. Onoprienko. — M.: Meditsina, 1996. — 206 s]

5. Мюллер, М.Е. Руководство по внутреннему остеосинтезу / М. Е. Мюллер, М. Альговер, Р. Шнайдер. — Гейдельберг; Нью-Йорк: Springer-Verlag, 1996. — 750 с. [Myuller, M.E. Rukovodstvo po vnutrennemu osteosintezu / M. E. Myuller, M. Al'govver, R. Shnaider. — Geidel'berg; N'yu-Iork: Springer-Verlag, 1996. — 750 s]

6. Шевцов, В.И. Псевдоартрозы, дефекты длинных костей верхней конечности и контрактуры локтевого сустава / В. И. Шевцов, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев, Ю. П. Солдатов. — Курган, 2001. — 398 с. [Shevtsov, V.I. Psevdoartrozy, defekty dlinnykh kostei verkhnei konechnosti i kontraktury lokteвого sustava / V. I. Shevtsov, V. D. Makushin, L. M. Kuftyrev, Yu. P. Soldatov. — Kurgan, 2001. — 398 s]

7. Abarca, J. Clavicular reconstruction with free fibula flap: a report of four cases and review of the literature / J. Abarca, P. Valle, P. Valenti // Injury. — 2013. — Vol. 44, N 3. — P. 283–7. doi: 10.1016/j.injury.2013.01.026

8. Bostman, O. Complications of plate fixation in fresh displaced midclavicular fractures / O. Bostman, M. Manninen, H. Pihlajamaki // J. Trauma. — 1997. — Vol. 43, N 5. — P. 778–783. doi: 10.1097/00005373-199711000-00008

9. Jaloux, C. Free vascularized medial femoral condyle corticoperiosteal flap with non-vascularized iliac crest graft for the treatment of recalcitrant clavicle non-union / C. Jaloux, Q. Bettex, M. Levadoux [et al.] // J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg. — 2020. — Vol. 73, N 7. — P. 1232–1238. doi: 10.1016/j.bjps.2020.03.018

10. O'Neill, B.J. Clavicle fractures: a comparison of five classification systems and their relationship to treatment outcomes / B.J. O'Neill, K.M. Hirpara, D. O'Briain, C. McGarr, T.K. Kaar // Int. Orthop. — 2011. — Vol. 35, N 6. — P. 909–14. doi: 10.1007/s00264-010-1151-0

11. Werner, C.M.L. Pedicled vascularized rib transfer for reconstruction of clavicle nonunions with bony defects: anatomical and biomechanical considerations / C.M.L. Werner, P. Favre, H.G. van Lenthe, C.E. Dumont // Plast. Reconstr. Surg. — 2007. — Vol. 120, N 1. — P. 173–80. doi: 10.1097/01.prs.0000263537.57701.8b

12. Wessel, R.N. Outcome of total claviclectomy in six cases / R.N. Wessel, G.R. Schaap // J. Shoulder Elbow Surg. — 2007. — Vol. 16, N 3. — P. 312–15. doi: 10.1016/j.jse.2006.07.007

13. Zlowodzki, M. Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. Treatment of acute midshaft clavicle fractures: systematic review of 2144 fractures: on behalf of the Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group / M. Zlowodzki, B.A. Zelle, P.A. Cole, K. Jeray, M.D. McKee // J. Orthop. Trauma. — 2005. — Vol. 19, N 7. — P. 504–7. doi: 10.1097/01.bot.0000172287.44278.ef

14. Rosen H (1988) Treatment of nonunion: General principles. In: Chapman WM, editor. Operative Orthopaedics. Philadelphia: Lippincott-Raven: 489–509.

15. Schenk RK, Müller ME, Willenegger H (1968) [Experimental histological contribution to the development and treatment of pseudarthrosis]. Hefte Unfallheilkd; 94:15–24.

16. Guttentag JJ, Reichtine GR (1988) Fractures of the scapula. A review of the literature. Orthop Rev; 17 (2):147–158.

17. Jupiter JB, Leffert RD (1987) Non-union of the clavicle. Associated complications and surgical management. J Bone Joint Surg [Am]; 69 (5):753–760.

18. Echtermeyer V, Zwipp H, Oestern HJ (1984) [Errors and dangers in the treatment of fractures and pseudarthroses of the clavicle]. Langenbecks Arch Chir; 364:351–354.

19. Popp, J.R. In vitro evaluation of osteoblastic differentiation on amorphous calcium phosphate decorated poly (lactic-co-glycolic acid) scaffolds / J.R. Popp, K.E. Laflin, B.J. Love [et al.] // J. Tissue Eng. Regen. Med. — 2011. — Vol. 5. — P. 780–789. doi: 10.1002/term.376

20. Fisher, S.A. Tissue mimetics: engineered hydrogel matrices provide biomimetic environments for cell growth / S.A. Fisher, R.Y. Tam, M.S. Shoichet // Tissue Engineering. — 2014. — Part A. — Vol. 20, N 5–6. — P. 895–898. doi: 10.1089/ten.tea.2013.0765

21. Севастьянов, В.И. Технологии тканевой инженерии и регенеративной медицины / В. И. Севастьянов // Вестник трансплантологии и искусственных органов. — 2014. — Т. 16. — № 3. — С. 93–108. [Sevast'yanov, V.I. Tekhnologii tkanevoi inzhenerii i regenerativnoi meditsiny / V. I. Sevast'yanov // Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov. — 2014. — Т. 16. — № 3. — С. 93–108]

22. Севастьянов, В.И. Клеточно-инженерные конструкции в тканевой инженерии и регенеративной медицине / В. И. Севастьянов // Вестник трансплантологии и искусственных органов. — 2015. — Т. 17. — № 2. — С. 127–130. [Sevast'yanov, V.I. Kletочно-inzhenernye konstruksii v tkanevoi inzhenerii i regenerativnoi meditsine / V. I. Sevast'yanov // Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov. — 2015. — Т. 17. — № 2. — С. 127–130]

23. Севастьянов, В.И. Формирование тканеинженерной конструкции хрящевой ткани человека в проточном биореакторе / В.И. Севастьянов, Ю.Б. Басок, А. М. Григорьев, Л. А. Кирсанова, В.Н. Василец // Клеточные технологии в биологии и медицине. — 2017. — № 3. — С. 178–183. [Sevast'yanov, V.I. Formirovanie tkaneinzhenernoi konstruksii khryashchevoi tkani cheloveka v protochnom bioreaktore / V. I. Sevast'yanov, Yu.B. Basok, A. M. Grigor'ev, L. A. Kirsanova, V.N. Vasilets // Kletochnye tekhnologii v biologii i meditsine. — 2017. — № 3. — С. 178–183]

24. Севастьянов, В.И. Применение технологии тканевой инженерии для формирования хрящевой ткани человека в проточном биореакторе / В. И. Севастьянов, Ю.Б. Басок, А. М. Григорьев, Л. А. Кирсанова, В.Н. Василец // Вестник трансплантологии и искусственных органов. — 2017. — Т. 19. — № 3. — С. 81–92. [Sevast'yanov, V.I. Primenenie tekhnologii tkanevoi inzhenerii dlya formirovaniya khryashchevoi tkani cheloveka v protochnom bioreaktore / V. I. Sevast'yanov, Yu.B. Basok, A. M. Grigor'ev, L. A. Kirsanova, V.N. Vasilets // Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov. — 2017. — Т. 19. — № 3. — С. 81–92]

25. Севастьянов, В.И. Функциональная эффективность биомедицинского клеточного продукта для регенерации суставного хряща (экспериментальная модель остеоартроза) / В. И. Севастьянов, Г.А. Духина, А. М. Григорьев [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. — 2015. — Т. 17. — № 1. — С. 86–96. [Sevast'yanov, V.I. Funktsional'naya effektivnost' biomeditsinskogo kletochного produkta dlya regeneratsii sustavnogo khryashcha

(eksperimental'naya model' osteoartroza) / V. I. Sevast'yanov, G.A. Dukhina, A. M. Grigorev [i dr.] // Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov. — 2015. — Т. 17. — № 1. — С. 86–96]

26. Севастьянов, В.И. Биополимерный гетерогенный гидрогель Сферо*ГЕЛЬ — инъекционный биодеградируемый имплантат для заместительной и регенеративной медицины / В. И. Севастьянов, Н.В. Перова // Практическая медицина. — 2014. — Т. 8. — № 84. — С. 120–126. [Sevast'yanov, V.I. Biopolimernyi geterogennyi gidrogel' Sfero*GEL' — in'eksionnyi biodegradiruemyi implantat dlya zamestitel'noi i regenerativnoi meditsiny / V. I. Sevast'yanov, N. V. Perova // Prakticheskaya meditsina. — 2014. — Т. 8. — № 84. — С. 120–126]

27. Севастьянов В. И., Перова Н. В. Инъекционный гетерогенный биополимерный гидрогель для заместительной и регенеративной хирургии и способ его получения. Патент РФ на изобретение № 2433828 (2010). [Sevast'yanov V. I., Perova N. V. In'eksionnyi geterogennyi biopolimernyi gidrogel' dlya zamestitel'noi i regenerativnoi khirurgii i sposob ego polucheniya. Patent RF na izobretenie № 2433828 (2010)]

28. Севастьянов, В.И. Доклинические исследования безопасности и эффективности БМКП для регенерации суставного хряща, печени и поджелудочной железы. В кн.: Методические рекомендации по проведению доклинических исследований биомедицинских клеточных продуктов / Под ред. акад. В. А. Ткачука / В. И. Севастьянов, М.Ю. Шагидулин, Н.Н. Скалецкий, Н. В. Перова, И.А. Довжик, С.В. Готье. — М.: МГУ, 2017. — С. 110–132. [Sevast'yanov, V.I. Doklinicheskie issledovaniya bezopasnosti i effektivnosti BMKP dlya regeneratsii sustavnogo khryashcha, pecheni i podzheludochnoi zhelezy. V kn.: Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy biomeditsinskikh kletochnykh produktov / Pod red. akad. V. A. Tkachuka / V. I. Sevast'yanov, M.Yu. Shagidulin, N.N. Skaletskii, N. V. Perova, I.A. Dovzhik, S.V. Got'e. — М.: MGU, 2017. — С. 110–132.]

29. Остеоинтеграция биоактивных имплантов при лечении переломов длинных трубчатых костей: учебное пособие / под ред. Попкова А. В.; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. 304 с. [Osteointegratsiya bioaktivnykh implantov pri lechenii perelomov dlinnykh trubchatykh kostei: uchebnoe posobie / pod red. Popkova A. V.; Tomskii politekhnicheskii universitet. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2017. 304 s.]

30. Wong SW, Lenzini S, Bargi R, Feng Z, Macaraniag C, Lee JC, et al. Controlled deposition of 3D matrices to direct single cell functions. Adv Sci (Weinh). 2020; 7(20): 2001066. DOI: 10.1002/adv.202001066.

31. Кузнецова Д. С., Тимашев П. С., Баграташвили В.Н., Загайнова Е.В. Костные имплантаты на основе скаффолдов и клеточных систем в тканевой инженерии (обзор) //Современные технологии в медицине. 2014. Т. 6, № 4. С. 201–212.) [Kuznetsova D. S., Timashev P. S., Bagratashvili V.N., Zagainova E. V. Kostnye implantaty na osnove skaffoldov i kletochnykh sistem v tkanevoi inzhenerii (obzor) //Sovremennye tekhnologii v meditsine. 2014. Т. 6, № 4. С. 201–212.)]

32. Balasubramanian P, Prabhakaran MP, Sireesha M, Ramakrishna S. Collagen in human tissues: structure, function, and biomedical implica-

tions from a tissue engineering perspective. Advances in Polymer Science. 2013; 251: 173-206. doi: 10.1021/acs.nano.7b06826

33. Lenzini S, Bargi R, Chung G, Shin JW. Matrix mechanics and water permeation regulate extracellular vesicle transport. Nat Nanotechnol. 2020; 15(3): 217-223. DOI: 10.1038/s41565-020-0636-2.

34. Давыдов Д. В., Чирва Ю.В., Брижань Л.К., Бабич М. И., Федulichев П.Н., Аль-Ханих М.А. Перспективный метод восстановления костной ткани у пострадавших с тяжелыми нарушениями остеорегенерации (опыт клинического применения скаффолд-технологий) //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2021. № 1, С. 41–50. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10005. [Davydov D. V., Chirva Yu.V., Brizhan' L.K., Babich M. I., Fedulichyev P.N., Al'-Khanikh M.A. Perspektivnyi metod vosstanovleniya kostnoi tkani u postradavshikh s tyazhelymi narusheniyami osteoregeneratsii (opyt klinicheskogo primeneniya skaffold-tekhnologii) //POLITRAVMA / POLYTRAUMA. 2021. № 1, S. 41–50. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10005.]

Информация об авторах:

Давыдов Денис Владимирович доктор медицинских наук, профессор, начальник госпиталя ФГБУ «ГВКГ им. академика Н. Н. Бурденко» г. Москва, Россия, e-mail: dvdavydov@yandex.ru;

Брижань Леонид Карлович доктор медицинских наук, профессор, начальник центра травматологии и ортопедии ФГБУ «ГВКГ им. академика Н. Н. Бурденко» г. Москва, Россия, e-mail: brizhan.leonid@mail.ru

Аль-Ханих Мурад Абдулла аспирант кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия, e-mail: alhanian.murad@gmail.com;

Information about authors:

Davydov Denis Vladimirovich is Doctor of Medical Sciences, professor, chief of hospital Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko, Moscow, Russia.

Brizhan Leonid Karlovich. is Doctor of Medical Sciences, professor, chief of traumatology and orthopedics center Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko, Moscow, Russia

Al-hanih Murad Abdulla postgraduate at department of traumatology and orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-34-42>

УДК 617.3

© В.Э. Дубров, Д.А. Гречухин, Л.К. Брижань, Г.Ф. Губайдуллина, 2022

Оригинальная статья / Original article



СРЕДНЕСРОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ДИСТАЛЬНОГО МЕТАЭПИФИЗА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ С АРТРОСКОПИЧЕСКИМ СОПРОВОЖДЕНИЕМ: ПРОСПЕКТИВНОЕ СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В.Э. ДУБРОВ¹, Д.А. ГРЕЧУХИН^{*1,2}, Л.К. БРИЖАНЬ², Г.Ф. ГУБАЙДУЛЛИНА^{1,3}

¹ ФГБОУ ВО «МГУ имени М. В. Ломоносова», Москва, 119991, Россия

² ФГБУ «ГВКГ им. Н. Н. Бурденко» МО РФ, Москва, 105229, Россия

³ ГБУЗ «ГКБ им. А. К. Ерамишанцева» ДЗМ, Москва, 129327, Россия

Резюме

Введение. Переломы дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЭЛК) занимают ведущее место в общей структуре травм верхних конечностей, в связи с чем остается актуальным вопрос отдаленных результатов их лечения. На сегодняшний день активно используют артроскопическое сопровождение при выполнении остеосинтеза, однако, до сих пор достоверно не оценен вклад артроскопии в отдаленные результаты. При фиксации переломов ДМЭЛК ладонной пластиной с угловой стабильностью была предложена методика артроскопии лучезапястного сустава в условиях вытяжения в аппарате внешней фиксации (АВФ).

Цель исследования: улучшение среднесрочных результатов лечения внутрисуставных переломов ДМЭЛК за счет применения артроскопии для диагностики и репозиции отломков. Среди задач исследования выделена оценка объективных и субъективных среднесрочных результатов через 3, 6 и 12 месяцев после операции.

Материалы и методы: в проспективное исследование включено 98 пациентов, разделенных на 3 группы, в зависимости от хирургического лечения. Через 6 и 12 месяцев оценивались среднесрочные результаты по объективным параметрам (таким как индекс силы кистевого хвата, функция сгибания/разгибания, ротационная функция), а также по субъективным (DASH).

Результаты: во всех группах было отмечено улучшение объективных и субъективных показателей в течение 12 месяцев после операции. Не было получено объективных данных в пользу использования артроскопического сопровождения при переломах ДМЭЛК, поскольку все показатели не имели статистически значимых различий. При оценке субъективных параметров по DASH отмечен достоверный лучший результат в пользу артроскопического сопровождения: в группе исследования среднее значение DASH составило 8,42±5,41 баллов, в первой группе сравнения – 9,07±5,11 баллов, во второй группе сравнения – 11,47±5,05 баллов.

Заключение: артроскопическое сопровождение (в условиях АВФ) при остеосинтезе внутрисуставных переломов ДМЭЛК значительно улучшает субъективную оценку по DASH, но не объективные показатели восстановления функции верхней конечности через 12 месяцев с момента получения травмы.

Ключевые слова: перелом дистального метаэпифиза лучевой кости; артроскопия.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Дубров В.Э., Гречухин Д.А., Брижань Л.К., Губайдуллина Г.Ф., Среднесрочные результаты лечения переломов дистального метаэпифиза лучевой кости с артроскопическим сопровождением: проспективное сравнительное исследование. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.34-42 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-34-42>

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

MID-TERM OUTCOMES OF DISTAL RADIUS FRACTURES TREATMENT WITH ARTHROSCOPIC ASSISTANCE: A PROSPECTIVE COMPARATIVE STUDY

VADIM E. DUBROV¹, DMITRY A. GRECHUKHIN^{*1,2}, LEONID K. BRIZHAN², GALIYA F. GUBAIDULLINA^{1,3}

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russia

² Main Military Clinical Hospital named after N. N. Burdenko, Moscow, 105229, Russia

³ City Clinical Hospital named after A.K. Eramishantsev, Moscow, 129327, Russia

Abstract

Introduction. Distal radius fractures (DRF) have a leading place in the overall structure of upper limb injuries, and therefore the issue of long-term results of their treatment remains relevant. To date, arthroscopic support is actively used when performing osteosynthesis, however, the contribution of arthroscopy to long-term results has not yet been reliably assessed. When fixing DRF with a volar plate with angular stability, a technique of arthroscopy of the wrist joint under stretching conditions in an external fixation device (EFD) was proposed.

The aim of the study: to improve the mid-term results of treatment of intra-articular DRF using arthroscopy for the diagnosis and reposition of fragments. Among the objectives of the study, the assessment of objective and subjective mid-term results at 3, 6 and 12 months after surgery was highlighted.

Materials and methods: the prospective study included 98 patients divided into 3 groups, depending on surgical treatment. After 6 and 12 months mid-term results were evaluated by objective parameters (such as hand grip strength index, flexion/extension function, rotational function), as well as subjective (DASH).

Results: improvement of objective and subjective indicators was noted in all groups within 12 months after surgery. Objective data were not obtained in favor of using arthroscopic support for DRF, since all indicators did not have statistically significant differences. When assessing the subjective parameters of DASH, a significant better result was noted in favor of arthroscopic support: in the study group, the average DASH value was 8.42 ± 5.41 points, in the first comparison group – 9.07 ± 5.11 points, in the second comparison group – 11.47 ± 5.05 points.

Conclusion: arthroscopic assistance (under EFD conditions) for osteosynthesis of intra-articular DRF significantly improves the subjective assessment of DASH, but not objective indicators of restoration of upper limb function 12 months after injury.

Keywords: distal radius fracture; arthroscopy.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Dubrov V.E., Grechukhin D.A., Brizhan L.K., Gubaidullina G.F., Mid-term outcomes of distal radius fractures treatment with arthroscopic assistance: a prospective comparative study. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№2. pp.34-42 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-34-42>

Введение

Переломы дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЭЛК) занимают ведущее место в общей структуре травм верхних конечностей, составляя 26-46% всех переломов, наблюдаемых в условиях первичного звена [1]. Для переломов ДМЭЛК характерны два возрастных пика: 25-30 лет и >65 лет; в молодом возрасте, как правило, переломы обусловлены высокоэнергетическими травмами, в то время как в пожилом – низкоэнергетическими [1]. В XXI веке наблюдается разнонаправленная тенденция: с одной стороны, возраст населения развитых стран увеличивается, но при этом уменьшается в развивающихся странах. Однако вне зависимости от того, к какой возрастной группе принадлежит пациент, одним из общих требований остается улучшение качества жизни или, как минимум, его поддержание. Пациентам важно раннее возвращение к активности (в особенности, военнослужащим и спортсменам), а также возможность выполнять повседневную деятельность в прежнем, «до травматического», объеме. Именно поэтому функциональный исход лечения переломов ДМЭЛК остается крайне актуальной проблемой.

Как правило, функция кистевого сустава восстанавливается в первые полгода после перелома. Однако через год после травмы порядка 20% пациентов предъявляют жалобы на боль и затруднение выполнения повседневной активности, что приводит к общей неудовлетворенности результатами лечения и регулярному употреблению анальгетиков [2-5].

Эта проблема является отражением объективных сложностей лечения переломов ДМЭЛК: при выполнении остеосинтеза репозиция отломков, формирующих суставную поверхность,

технически сложна, также возможно не конгруэнтное сращение с нарушением биомеханики сустава [6]. Выявлена прямая корреляция между развитием артроза лучезапястного сустава и величиной остаточного смещения суставных отломков; также отмечено, что при внутрисуставных переломах часто повреждаются мягкотканые элементы кистевого сустава и развивается карпальная нестабильность [5,7,8].

Наиболее часто применяемый способ выполнения накостно-го остеосинтеза при переломах ДМЭЛК – фиксация отломков ладонной пластиной с угловой стабильностью винтов (VLP) [9-11]. Использование этого типа фиксатора предотвращает вторичное смещение отломков при нестабильных переломах, облегчается наиболее точная репозиция перелома, также возможна ранняя реабилитация в послеоперационном периоде [12].

Артроскопия – малоинвазивная методика, применение которой позволяет уменьшить травматичность ортопедических операций. С момента первого упоминания артроскопии кистевого сустава (1979 г.) ее техника значительно усовершенствована. При этом не происходит травматизации мягких тканей (кожи, сухожилий, суставной капсулы), в связи с чем возможна более быстрая реабилитация в отличие от артротомии [13].

Артроскопия кистевого сустава обладает определенными преимуществами: при ее применении возможна полноценная визуализация суставной поверхности лучевой кости, а также восстановление выявленных повреждений мягкотканых структур [14]. Оно Н. и соавт. (2010), Seigerman D. и соавт. (2019) обнаружили, что репозиция с артроскопическим сопровождением при остеосинтезе внутрисуставных переломов ДМЭЛК со смещением выигрывает в сравнении с репозицией под рентген-контролем [15,16].

Среди показаний к артроскопическому сопровождению ДМЭЛК выделяют [14].

1. Возраст от 16 лет;
2. Отсутствие признаков метаболических заболеваний костей;
3. Перелом ДМЭЛК, состоящий из 2–4 отломков, со смещением суставной поверхности ≥ 1 мм, подтвержденный рентгенологически, которое не удаётся устранить попытками закрытой репозиции;
4. Дополнительные параметры перелома, в том числе вдавленный (импрессионный) перелом полулунной фасетки;
5. Рентгенологические признаки сопутствующего повреждения, включая диастаз >5 мм между костями запястья и подвывих в дистальном лучелоктевом суставе.

Определены противопоказания к артроскопии КС при переломах ДМЭЛК [14].

1. Активная инфекция;
2. Открытые переломы типа II-III по Gustilo-Anderson [17];
3. Обширные закрытые мягкотканые повреждения;
4. Повреждение срединного нерва (дискутабельно при использовании «сухой» артроскопии);
5. Компартмент-синдром предплечья или кисти;
6. Невозможность дистракции запястья.

Артроскопию кистевого сустава выполняют в условиях тракционного воздействия: достигается достаточный обзор полости сустава и оптимальный объем рабочего пространства, однако использование вытяжения сопряжено с некоторыми сложностями - существующие устройства «подвешивают» кисть за пальцы, что затрудняет рентгеновский контроль репозиции при помощи электронно-оптического преобразователя (ЭОП) [18]. В связи с этим предпринимались попытки поиска возможного способа растяжения кистевого сустава, который бы позволил адекватно визуализировать результаты остеосинтеза.

Несмотря на давность изобретения, аппараты внешней фиксации (АВФ) не утратили своей роли в лечении переломов ДМЭЛК [2,3,7]. Важными преимуществами такой фиксации считают относительную простоту применения, универсальность в использовании, а также отсутствие повреждения околосуставных мягких тканей [12]. Ряд авторов сравнивал методики внешней и внутренней фиксации и их влияние на восстановление функции кистевого сустава, однако, доказать клиническое преимущество того или иного способа не удалось [19].

Varitimidis S.E. с соавт. (2021) изучали роль артроскопического контроля при остеосинтезе в восстановлении функции кисти, таких как супинация, разгибание и сгибание, через 24 месяца после операции [20]. Показано, что артроскопическое сопровождение достоверно улучшало объективные показатели, однако, при этом по DASH различий не выявлено.

Koval K. с соавт. (2018) напротив, пришли к выводу, что артроскопия является лишь вспомогательным инструментом при лечении переломов ДМЭЛК [21].

Таким образом, проблема остеосинтеза при оскольчатом переломе дистального метаэпифиза с артроскопическим со-

провождением остается актуальной и в настоящее время. С целью упрощения применения артроскопического сопровождения при фиксации переломов ДМЭЛК ладонной пластиной с угловой стабильностью на кафедре общей и специализированной хирургии факультета фундаментальной медицины МГУ имени М. В. Ломоносова была предложена методика артроскопии лучезапястного сустава в условиях вытяжения в АВФ.

Цель исследования: улучшение среднесрочных результатов лечения внутрисуставных переломов дистального метаэпифиза лучевой кости за счет оптимизации диагностики повреждений и репозиции отломков при помощи артроскопии.

Среди задач исследования выделена оценка объективных и субъективных среднесрочных результатов фиксации перелома ДМЭЛК при помощи «ладонной» пластины с угловой стабильностью с артроскопическим сопровождением и без него через 3, 6 и 12 месяцев после операции.

Материалы и методы

Исследование спроектировано как не рандомизированное проспективное, его проведение одобрено локальным комитетом по этике ГБУЗ «МКНЦ им. А. С. Логинова» ДЗМ (протокол №2/2013 от 01.02.2013). Набор пациентов осуществляли в период с 2012 по 2020 гг. на клинических базах факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова». Критерии включения и невключения в исследование представлены в таблице 1.

Таблица 1

Критерии включения и невключения в исследование

Критерии включения в исследование	Критерии невключения в исследование
Возраст ≥ 18 лет Изолированный перелом ДМЭЛК ≤ 7 суток с момента травмы Оскольчатый внутрисуставной характер перелома ДМЭЛК со смещением суставной поверхности лучевой кости ≥ 2 мм	Открытые переломы типа II-III по Gustilo-Anderson Патологические переломы ДМЭЛК Повторные переломы ДМЭЛК Наличие декомпенсированных сопутствующих заболеваний

Всего в исследование включено 98 пациентов, разделенных на 3 группы, отличавшихся по характеру проводимого лечения. Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

Средний возраст пациентов составил $50,28 \pm 17,48$ лет, наиболее молодому пациенту было 18 лет, наиболее пожилому – 80 лет (рис. 2). 51 пациент (52%) был мужского пола, 47 (48%) – пациентов женского пола.

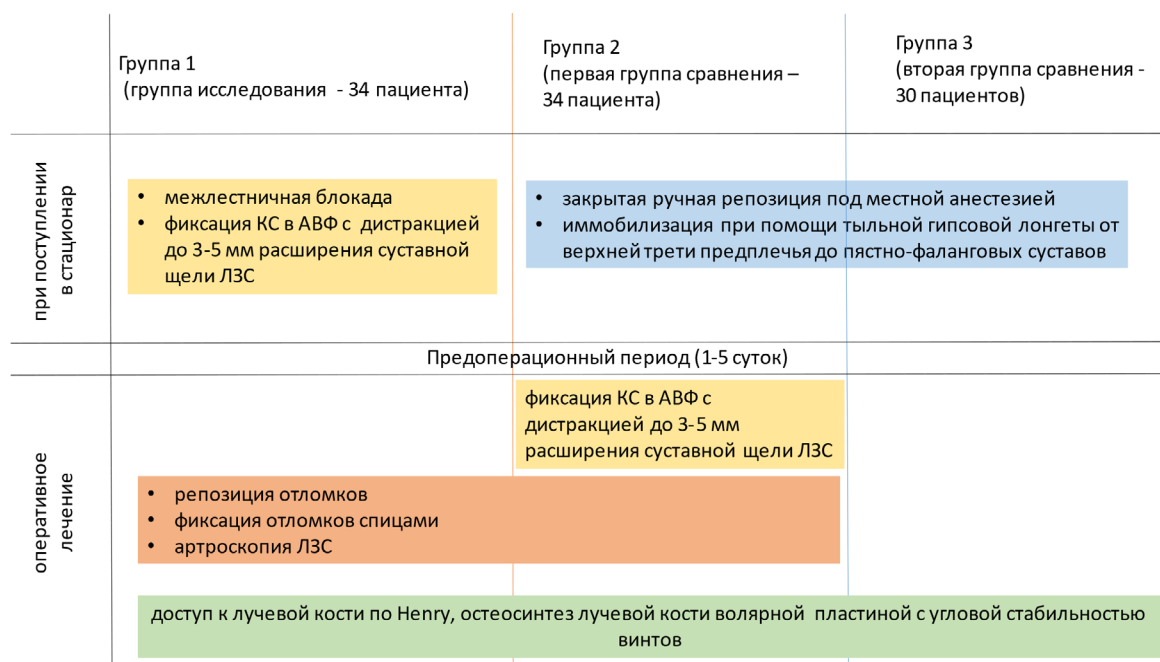


Рис. 1. Схематичный дизайн исследования и распределение пациентов по группам (КС - кистевой сустав, ЛЗС - лучезапястный сустав)

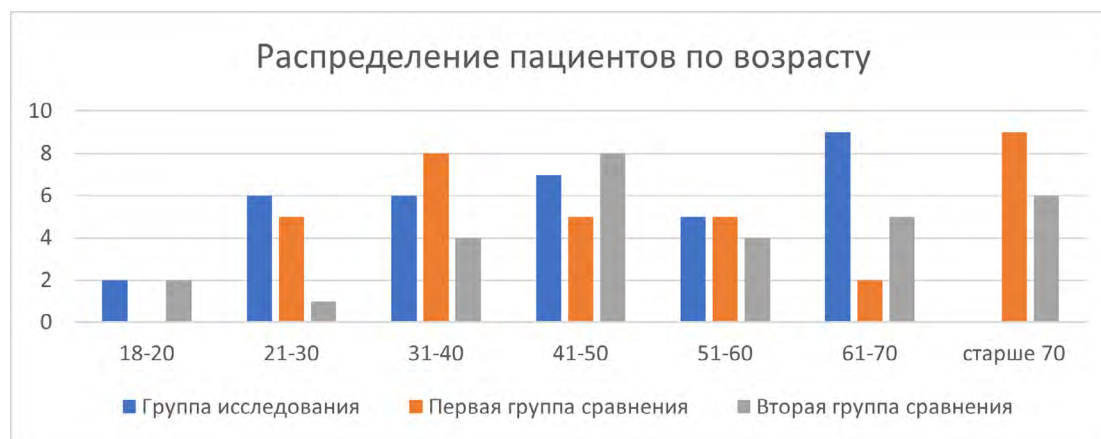


Рис. 2. Распределение пациентов по возрасту в исследуемых группах

У всех включенных в исследование пациентов была повреждена доминантная конечность. Распределение пациентов по типу перелома по классификации АО/ASIF представлено на рисунке 3.

Всем пациентам при поступлении в стационар выполняли рентгенографию кистевого сустава в двух стандартных (прямой и боковой) и косых проекциях. Сравнение эффективности предложенной методики проводили между группой исследования (n=34) и двумя группами сравнения: первая группа сравнения n=34, вторая группа сравнения n=30.

Пациентам группы исследования (n=34) при поступлении в стационар кистевой сустав фиксировали в АВФ под проводниковой анестезией. Под рентген-контролем (ЭОП) выполняли

дистракцию кистевого сустава до 3–5-миллиметрового расширения суставной щели. Через 3,3 суток (размах 1–6 суток) выполняли оперативное вмешательство: на начальном этапе производили доступ вдоль сухожилия лучевого сгибателя запястья к лучевой кости (Flexor Carpi Radialis - FCR), репозицию крупных отломков с их фиксацией спицами под визуальным и ЭОП-контролем, после чего выполняли артроскопию через порты 3-4 и 6 R, при необходимости используя порты 4-5 и VR. При артроскопии осуществляли контроль репозиции, оценивали наличие мягкотканых повреждений кистевого сустава, при необходимости проводили дебридмент или восстанавливали мягкотканые элементы сустава. Дебридмент выполняли при давлении ирригационной жидкости ≤ 100 мм водного столба. В

85,3% (n=29 из 34) случаев репозицию проводили в жидкостной среде, а в 14,7% (n=5 из 34) - в «сухой». Завершали оперативное

лечение выполнением остеосинтеза лучевой кости волярной пластиной с угловой стабильностью винтов.



Рис. 3. Распределение пациентов по типу перелома по классификации АО/ASIF [22] в группе исследования; первой и второй группах сравнения

Пациентам обеих групп сравнения под местной анестезией выполняли закрытую ручную репозицию отломков, после которой накладывали тыльную гипсовую лонгету от верхней трети предплечья до пястно-фаланговых суставов. Через несколько суток (в среднем 3,7 суток, размах 1–7 суток) выполняли оперативное вмешательство.

Пациентам первой группы сравнения (n=34) кистевой сустав фиксировали в АВФ непосредственно перед началом операции, после чего производили доступ FCR к лучевой кости, репозицию крупных отломков с их фиксацией спицами под визуальным и ЭОП-контролем. На следующем этапе выполняли артроскопический контроль, аналогичный группе исследования. Жидкостную артроскопию при репозиции проводили у 25 из 34 пациентов (73,5%), «сухую» – у 26,5%. Завершали оперативное лечение выполнением остеосинтеза лучевой кости волярной пластиной с угловой стабильностью винтов.

Пациентам второй группы сравнения (n=30) сразу выполняли доступ FCR к лучевой кости, открытую репозицию и остеосинтез лучевой кости волярной пластиной с угловой стабильностью винтов без артроскопического сопровождения.

Функциональный результат оценивали через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного лечения. Объективными показателями функции кистевого сустава считали амплитуду движений в суставе, оцененную при помощи гониометра, и индекс силы кистевого хвата, измеренный при помощи пружинного динамометра. Послеоперационные показатели выражали в процентном отношении от аналогичного показателя на контралатеральной не доминантной конечности. Значения амплитуды движений в градусах угла не определяли в связи с уникальностью значений для каждого пациента.

Для субъективной оценки функции верхней конечности использовали опросник DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder

and Hand). При его заполнении пациент отвечал на 30 вопросов, описывающих ежедневную бытовую активность, ранжируя ее от 1 до 5 баллов (где 1 – «отсутствие каких-либо затруднений при выполнении задачи», а 5 – «невозможность выполнения поставленной задачи ввиду как ограничения движения в суставах верхней конечности, так и наличия болевого синдрома»). При окончательной оценке учитывают суммарное количество баллов DASH. Итог от 0 до 29 баллов считают реконвалесценцией, сюда относят «отличные» (0-15 баллов) и «хорошие» (16-29 баллов) результаты при возможном сохранении болевого синдрома низкой интенсивности, но не влияющего на функцию конечности [23]. Результат от 30 до 39 баллов – «удовлетворительный», в этом случае возможно выполнение простейших манипуляций травмированной конечностью. За «неудовлетворительный» результат, при котором конечность недееспособна, принимают количество баллов >40.

На основании полученных результатов в программе Microsoft Excel сформирована база данных. Статистическую обработку осуществляли в программах Statistica ver.12.5 и Jamovi ver.2.2.2. В качестве параметров описательной статистики использовали среднее значение со стандартным отклонением; зависимость между признаками определяли с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Достоверность различий между повторными измерениями в динамике внутри каждой группы определяли непараметрическим аналогом дисперсионного анализа с повторными измерениями (критерием Фридмана) с апостериорным тестом Тьюки; для определений различий между группами использовали непараметрический U-критерий Манна – Уитни. Для оценки различий между группами сформированы 3 пары: группа исследования и первая группа сравнения, группа исследования и вторая группа сравнения, первая и вторая группы сравнения. Уровень значимости везде соответствовал $p < 0,05$.

Результаты

Во всех группах было отмечено улучшение объективных и субъективных показателей в течение 12 месяцев после операции.

Учитывая важность среднесрочных и отдаленных результатов, важно отметить, что наилучший индекс силы кистевого хвата определен через 12 месяцев в группе исследования: среднее значение составило $92,06 \pm 8,89\%$, в то время как в первой и второй группах сравнения $87,70 \pm 9,69\%$ и $90,27 \pm 9,18\%$, соответственно (рис. 4, а). При сравнении между группами также получено достоверное преимущество группы исследования перед первой группой исследования ($p=0,02$).

Наилучшее восстановление функции сгибания (С) и разгибания (Р) кисти достигнуто во второй группе сравнения через год после оперативного лечения: средние значения $90,01 \pm 8,04\%$ (С) и $85,63 \pm 7,82\%$ (Р) (рис. 4, б, в). Показатели для группы исследования составили $88,91 \pm 7,63\%$ (С) и $80,83 \pm 8,45\%$ (Р), а для первой группы сравнения - $88,09 \pm 7,94\%$ (С) и $83,20 \pm 7,87\%$ (Р). Максимальное восстановление амплитуды движений отмечено во втором полугодии месяцев после операции. Важно, что все пациенты не отмечали выраженных различий в амплитуде движений у травмированной и здоровой конечности.

Через 12 месяцев не отмечено достоверных различий между группами в функции пронации: средние значения в группе исследования - $92,6 \pm 6,28\%$, первой группе сравнения - $89,1 \pm 8,80\%$, второй группе сравнения - $90,6 \pm 8,82\%$ (рис. 4, г). Аналогичные результаты получены и для супинации: $93,5 \pm 5,63\%$, $93,7 \pm 6,10\%$ и $89,9 \pm 8,42\%$, соответственно (рис. 4, д). Показатели ротационной функции предплечья были сходными между группами,

что предполагает отсутствие влияния артроскопии кистевого сустава на амплитуду пронации и/или супинации через 12 месяцев после операции.

Все пациенты отметили постепенное субъективное улучшение функции кисти. Максимальное восстановление амплитуды движений во всех группах произошло через 12 месяцев после травмы (рис. 4, е). В группе исследования и в первой группе сравнения среднее значение баллов по DASH через 12 месяцев составило $8,42 \pm 5,41$ и $9,07 \pm 5,11$ баллов, т. е. большинство пациентов ($n=30$ из 34 в каждой из групп, 88,2%) имели «хорошие» и «отличные» результаты по DASH (0-15 баллов). Во второй группе сравнения, где артроскопия не применялась, среднее количество баллов составило $11,47 \pm 5,05$, а количество «хороших» и «отличных» результатов - 83,3% ($n=25$ из 30).

Несмотря на то, что максимальных относительных значений сгибания и разгибания в кистевом суставе удалось достичь во второй группе сравнения, наилучший показатель DASH выявлен в группе исследования.

Значимой разницы показателя DASH между группами с артроскопическим сопровождением (группа исследования и первая группа сравнения) через 12 месяцев после операции выявлено не было ($p=0,52$). При попарном сравнении выявлено достоверное улучшение функции кисти через 1 год в группе исследования ($p=0,02$) по сравнению со второй группой сравнения, где выполняли исключительно открытую репозицию и внутреннюю фиксацию. Между первой группой сравнения, где применялась артроскопия, и второй группой сравнения различия не достигли статистической значимости, однако значение p было близко к достоверному ($p=0,07$).

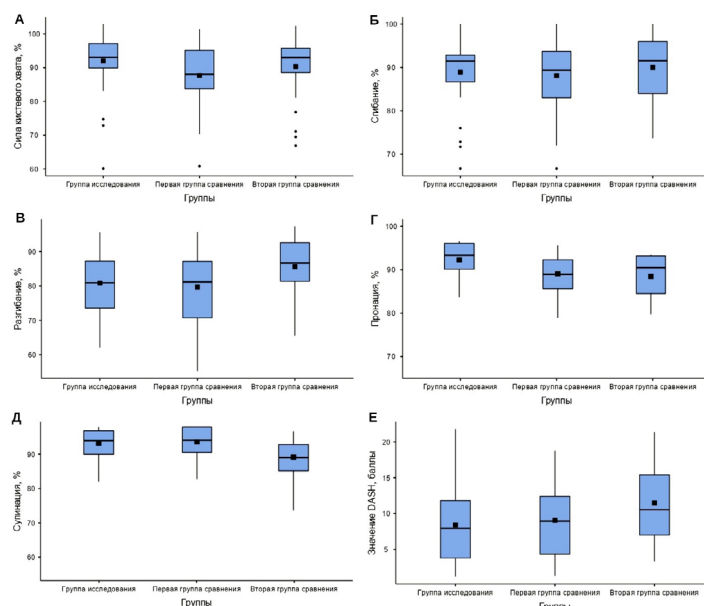


Рис. 4. Разница между восстановлением функции кисти в исследованных группах через 12 месяцев: а) индекс силы кистевого хвата; б) сгибание; в) разгибание; г) пронация; д) супинация; е) количество баллов по DASH

Таблица 2

Статистическая значимость различий (p) исследуемых параметров на основе критерия Манна-Уитни в группах

Изучаемый параметр	Срок после операции	Сравнение группы исследования и первой группы сравнения	Сравнение группы исследования и второй группы сравнения	Сравнение первой и второй групп сравнения
DASH	6 месяцев	0,06	0,16	0,94
	12 месяцев	0,52	0,02*	0,07
Индекс силы кистевого хвата	6 месяцев	0,01*	0,006*	0,7
	12 месяцев	0,02*	0,39	0,23
Разгибание кисти	6 месяцев	0,59	0,02*	0,08
	12 месяцев	0,92	0,02*	0,05
Сгибание кисти	6 месяцев	0,25	0,00*	0,00*
	12 месяцев	0,76	0,47	0,26
Пронация предплечья	6 месяцев	0,45	0,39	0,98
	12 месяцев	0,70	0,55	0,37
Супинация предплечья	6 месяцев	0,22	0,13	0,64
	12 месяцев	0,69	0,07	0,20

* - Статистически значимое различие (p<0,05)

Обсуждение

В качестве первичных конечных точек исследования была принята объективная оценка функции кисти: индекс силы кистевого хвата, сгибание и разгибание кисти, ротационные движения предплечья. Через 6 месяцев у пациентов, в лечении которых использовалось артроскопическое сопровождение, сила кистевого хвата восстанавливалась лучше, чем у пациентов без него. Однако по результатам, оцененным через 12 месяцев после операции, не было получено объективных данных в пользу использования артроскопического сопровождения при переломах ДМЭЛК, поскольку все показатели не имели статистически значимых различий. Вероятно, проведенный при артроскопии дебридмент позволяет ускорить послеоперационную реабилитацию и приводит к улучшению показателей именно к моменту 6 месяцев после операции. Среднесрочные результаты, которые оценивались через 12 месяцев, не различаются, что предположительно обусловлено активным использованием травмированной конечности именно во втором полугодии после операции.

Ряд исследователей оценивал изменение объективных показателей в результате использования артроскопии при переломах ДМЭЛК. Так Abe Y. с соавт. (2017) выявили улучшение

результатов в амплитуде движений и силе кистевого хвата при артроскопическом сопровождении [24]. Однако дизайн исследования предполагал использование разных методик фиксации отломков, что затрудняет достоверность статистической обработки. Им контролем, однако в исследовании оценка результатов лечения произведена при разных методиках фиксации отломков. В исследовании Ruch D.S. с соавт. (2017) отсутствовали изменения в силе кистевого хвата, но при этом показано увеличение амплитуды движений в кистевом суставе (разгибания и сгибания) и ротационной функции в группе остеосинтеза с артроскопическим контролем [25]. Yoon A. с соавт. (2020) напротив, не выявили значимых различий в объективных показателях функции кисти через 48 недель в группе артроскопии после остеосинтеза волярными пластинами [26].

Учитывая высокую адаптивность кистевого сустава, объективно измеряемые параметры не всегда отображают функциональный, т.е. «клинически значимый», результат [8]. В исследовании Yamazaki H. с соавт. (2015) не отмечено влияния артроскопического сопровождения при лечении нестабильных внутрисуставных переломов ДМЭЛК при помощи волярных пластин на функциональный результат [27]. Однако накопленные данные свидетельствуют о важности точности восстановления суставной поверхности при репозиции отломков, что возможно

только при артроскопическом сопровождении [8,28,29]. При неполном восстановлении возрастает риск развития артроза кистевого сустава, что снижает отдаленные функциональные результаты удовлетворенность лечением.

В проведенном исследовании отмечено, что пациенты, которым была проведена артроскопия, оценивают результат лечения как «удовлетворительный» через год после вмешательства чаще по сравнению с пациентами, при лечении которых не использовали артроскопию. Этот факт позволяет рекомендовать применение артроскопического сопровождения при остеосинтезе оскольчатых внутрисуставных переломов ДМЭЛК. Через 12 месяцев после операции достоверной разницы между группами с артроскопическим сопровождением, т. е. группами, где АВФ накладывали неотложно при поступлении и где АВФ монтировали только для осуществления артроскопии, отмечено не было.

Таким образом, некоторые проведенные исследования приводят аргументы в пользу использования артроскопии кистевого сустава при переломах ДМЭЛК. Однако часть авторов (например, Koval K. с соавт., 2018) считают, что артроскопическое сопровождение при данной патологии - лишь вспомогательный инструмент [21]. Столь разно полярные мнения могут объясняться разнородностью исследуемых выборок и использованием различных методов фиксации. Также в большинстве исследований отсутствуют данные об отдаленных наблюдениях после оперативного лечения [30].

Выводы

Использование артроскопии кистевого сустава в процессе лечения внутрисуставных переломов ДМЭЛК улучшает раннее восстановление функции кисти через 6 месяцев после операции, но не влияет на него через 12 месяцев. Следовательно, адаптация кистевого сустава происходит в течение года после операции, но использование артроскопии может ускорить реабилитацию для профессионально активных пациентов (например, военнослужащих и профессиональных спортсменов).

Артроскопическое сопровождение при внутрисуставных переломах ДМЭЛК достоверно улучшает субъективные результаты лечения по опроснику DASH через 12 месяцев после операции.

Список литературы / References:

1. MacIntyre N.J., Dewan N. Epidemiology of distal radius fractures and factors predicting risk and prognosis // J. Hand Ther. Elsevier Inc, 2016. Vol. 29, № 2. P. 136-145. doi: 10.1016/j.jht.2016.03.003
2. Gilev M.V. Surgical treatment of intra-articular impression fractures of the distal radius // Genius of Orthopedics, 2018. Vol. 24, № 2. P. 134-141.
3. Egiazyar K.A. et al. Medium-term results of two-stage surgical treatment of fractures of the distal metaphysis of the radius // Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after NN Priorov, 2019. № 1. P. 17-26.

4. Kurov M.A., Postnov Yu.G., Golubev V.G. Arthroscopy method in the diagnosis and treatment of chronic instability of the ankle joint // Technological innovations in traumatology, orthopedics and neurosurgery: integration of science and practice, 2018. pp. 132-134.

5. Maksimov A.A. Reconstruction of soft-tissue defects of the distal parts of the fingers of the hand // VI Pirogov Forum of Traumatologists-orthopedists of Orthopedists, dedicated to the 50th anniversary of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine of the Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimov: Collection of materials Forum, Moscow, October 21-22, 2021. Kazan: Praktika, 2021. p. 100.

6. Khominets V.V. et al. Modern trends in the diagnosis and surgical treatment of fractures of the distal metaphysis of the radius (scientific review) // Preventive and clinical medicine. 2020. Vol. 2, № 75. P. 34-44.

7. Makarevich E.R., Martinovich A.V., Dovgalevich I.I. Extra-focal compression-distraction osteosynthesis. Minsk: BSMU, 2018. 35-42 p.

8. Golubev I.O., Sautin M.E., Balyura G.G. Arthroscopy in the treatment of carpal joint pathology // Traumatology and Orthopedics of Russia, 2018. Vol. 24, № 1. P. 169-175.

9. Kakar S. Clinical Faceoff: Controversies in the Management of Distal Radius Fractures // Clin. Orthop. Relat. Res. Springer, 2015. Vol. 473, № 10. P. 3098-3104. doi: 10.1007/s11999-015-4335-5

10. Zong S. Le et al. Meta-analysis for dorsally displaced distal radius fracture fixation: Volar locking plate versus percutaneous Kirschner wires // J. Orthop. Surg. Res. BioMed Central, 2015. Vol. 10, № 1. P. 108. doi: 10.1186/s13018-015-0252-2

11. Zhang L.H. et al. Volar locking plate versus external fixation for the treatment of unstable distal radial fractures: A meta-analysis of randomized controlled trials // J. Surg. Res. Elsevier, 2015. Vol. 193, № 1. P. 324-333. doi: 10.1016/j.jss.2014.06.018

12. Gu W.-L.L. et al. Bridging external fixation versus non-bridging external fixation for unstable distal radius fractures: A systematic review and meta-analysis // J. Orthop. Sci. The Japanese Orthopaedic Association, 2016. Vol. 21, № 1. P. 24-31. doi: 10.1007/s12178-019-09540-y

13. Evans B.T., Jupiter J.B. Best Approaches in Distal Radius Fracture Malunions // Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine, 2019. Vol. 12, № 2. P. 198-203. doi: 10.1007/s12178-019-09540-y

14. Hozack B.A., Tosti R.J. Fragment-Specific Fixation in Distal Radius Fractures // Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine, 2019. Vol. 12, № 2. P. 190-197. doi: 10.1007/s12178-019-09538-6

15. Ono H. et al. Distal radius fracture arthroscopic intraarticular displacement measurement after open reduction and internal fixation from a volar approach // J. Orthop. Sci. Elsevier, 2010. Vol. 15, № 4. P. 502-508. doi: 10.1007/s00776-010-1484-y

16. Seigerman D. et al. Complications in the Management of Distal Radius Fractures: How Do We Avoid them? // Curr. Rev. Musculoskelet. Med. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine, 2019. Vol. 12, № 2. P. 204-212. doi: 10.1007/s12178-019-09544-8

17. Gustilo R.B., Anderson J.T. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: ret-

rospective and prospective analyses // JBJS. Citeseer, 1976. Vol. 58, № 4. P. 453–458.

18. Martins T, Marappa-Ganeshan R. Anatomy, Shoulder and Upper Limb, Forearm Triangular Fibrocartilage Complex. Stat Pearls Publishing, 2022.

19. Zhang Q. et al. Internal Versus External Fixation for the Treatment of Distal Radial Fractures // Med. (United States). 2016. Vol. 95, № 9. P. e2945. doi: 10.1097/MD.0000000000002945

20. Varitimidis S.E. et al. Treatment of intra-articular fractures of the distal radius: fluoroscopic or arthroscopic reduction? // J. Bone Joint Surg. Br. Bone and Joint Journal, 2021. Vol. 90, № 6. P. 778–785. doi: 10.1302/0301-620X.90B6.19809

21. Koval K. et al. Controversies in the Management of Distal Radius Fractures // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2018. Vol. 22, № 9. P. 566–575. doi: 10.5435/JAAOS-22-09-566

22. Meinberg E. et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium—2018 // J. Orthop. Trauma. 2018. Vol. 32, № 1. P. S1–S10. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063

23. Braitmayer K. et al. Examination of the Applicability of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) Questionnaire to Patients with Hand Injuries and Diseases Using Rasch Analysis // Patient. Springer International Publishing, 2017. Vol. 10, № 3. P. 367–376. doi: 10.1007/s40271-016-0212-x

24. Abe Y, Fujii K. Arthroscopic-Assisted Reduction of Intra-articular Distal Radius Fracture // Hand Clin. Elsevier Inc, 2017. Vol. 33, № 4. P. 659–668. doi: 10.1016/j.hcl.2017.07.011

25. Ruch D.S. et al. Arthroscopic Reduction Versus Fluoroscopic Reduction in the Management of Intra-articular Distal Radius Fractures // Arthrosc. - J. Arthrosc. Relat. Surg. Elsevier, 2017. Vol. 20, № 3. P. 225–230. doi: 10.1016/j.arthro.2004.01.010

26. Yoon A., Grewal R. Management of Distal Radius Fractures from the north American Perspective // Hand Clin. Elsevier Inc, 2020. Vol. 28, № 2. P. 135–144. doi: 10.1016/j.hcl.2012.02.002

27. Yamazaki H. et al. Arthroscopic assistance does not improve the functional or radiographic outcome of unstable intra-articular distal radial fractures treated with a volar locking plate: A randomized controlled trial // Bone Jt. J. British Editorial Society of Bone and Joint Surgery, 2015. Vol. 97-B, № 7. P. 957–962.

28. Khominets V.V. et al. 3D printing technologies in the treatment of patients with injuries and diseases of the forearm and hand // Bulletin of the Russian Military Medical Academy, 2020. Vol. 1, № 69. P. 113–118.

29. Khominets V.V. et al. Comparative analysis of methods of treatment of patients with fractures of the distal metaphysis of the radius // Traumatology and Orthopedics of Russia, 2015. Vol. 76, № 2. P. 5–15.

30. Smeraglia F, Del Buono A., Maffulli N. Wrist arthroscopy in the management of articular distal radius fractures // Br. Med. Bull. 2016. Vol. 119, № 1. P. 157–165. doi: 10.1093/bmb/ldw032

даментальной медицины МГУ имени М. В. Ломоносова, главный травматолог г. Москвы. 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д.1. E-mail: vduort@gmail.com. ORCID: 0000-0001-5407-0432

Гречухин Дмитрий Александрович – врач-травматолог-ортопед Центра травматологии и ортопедии ФГБУ «ГВКГ им. Н. Н. Бурденко» МО РФ; аспирант кафедры общей и специализированной хирургии факультета фундаментальной медицины МГУ имени М. В. Ломоносова. 105229, Россия, г. Москва, Госпитальная площадь, д.3. E-mail: dr.grechukhin@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7163-7744

Брижань Леонид Карлович – профессор, д. м. н., заместитель начальника госпиталя по научно-исследовательской работе ФГБУ «ГВКГ им. Н. Н. Бурденко» МО РФ. 105229, Россия, г. Москва, Госпитальная площадь, д.3. E-mail: brizhan.leonid@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7520-6052

Губайдуллина Галия Фаритовна – аспирант кафедры общей и специализированной хирургии факультета фундаментальной медицины МГУ имени М. В. Ломоносова; врач-травматолог-ортопед ГБУЗ «Государственная клиническая больница им. А. К. Ерамишанцева» ДЗМ. 129327, Россия, г. Москва, Ленская ул., 15. E-mail: galiya.gubaidullina@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-0176-1595

Information about authors:

Dubrov Vadim Erikovich – professor, MD, PhD, Head of the Department of General and Specialized Surgery of the Faculty of Fundamental Medicine of Lomonosov Moscow State University, Chief Traumatologist of Moscow. 1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia. E-mail: vduort@gmail.com. ORCID: 0000-0001-5407-0432

Grechukhin Dmitry Aleksandrovich – MD, orthopedic surgeon of the Main Military Clinical Hospital named after N. N. Burdenko; postgraduate student of the Department of General and Specialized Surgery of the Faculty of Fundamental Medicine of Lomonosov Moscow State University. 3 Gospitalnaya Square, Moscow, 105229, Russia. E-mail: dr.grechukhin@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7163-7744

Leonid Karlovich Brizhan – professor, MD, PhD, Deputy Head of the Main Military Clinical Hospital named after N. N. Burdenko. 3 Gospitalnaya Square, Moscow, 105229, Russia. E-mail: brizhan.leonid@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7520-6052

Gubaidullina Galiya Faritovna – MD, postgraduate student of the Department of General and Specialized Surgery of the Faculty of Fundamental Medicine of Lomonosov Moscow State University; orthopedic surgeon of the City Clinical Hospital named after A.K. Eramishantsev. 129327, Russia, Moscow, Lenskaya str., 15. E-mail: galiya.gubaidullina@yandex.ru. ORCHID: 0000-0002-0176-1595

Информация об авторах:

Дубров Вадим Эрикович – профессор, д. м. н., заведующий кафедрой общей и специализированной хирургии факультета фун-

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-43-52>

УДК 616.72-007.248

© Иванников С.В., Лычагин А.В., Бобров Д.С., Юсупов В.И., Старцева Е.Д., Сурин В.В.,
Наиманн А.И., Жарова Т.А., Явльева Р.Х., Ян. Я. 2022

Оригинальная статья / Original article



ТЕРМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ СУСТАВНОГО ХРЯЩА

С.В. ИВАННИКОВ¹, А.В. ЛЫЧАГИН¹, Д.С. БОБРОВ¹, В.И. ЮСУПОВ⁴, Е.Д. СТАРЦЕВА³, В.В. СУРИН¹,
А.И. НАИМАНН², Т.А. ЖАРОВА¹, Р.Х. ЯВЛИЕВА¹, Я. ЯН¹

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

²Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы Городская клиническая больница имени С.П. Боткина, 125284, Москва, Россия

³Кафедра лазерной физики, национального исследовательского ядерного университета МИФИ, 115409, Москва, Россия

⁴Институт фотонных технологий Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук, 108840, Москва, Россия

Аннотация

Обоснование: Остеоартроз - одно из наиболее распространенных заболеваний, приводящих к потере трудоспособности. Артроскопическая лазерная обработка суставного хряща является эффективным и перспективным методом лечения остеоартроза, однако её методика может быть улучшена за счёт результатов данного исследования.

Цель: Определение степени термического воздействия двухволнового лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона на суставной хрящ при лазерной обработке.

Методы: Образцы суставных хрящей быка были подвергнуты воздействию инфракрасного лазерного излучения с различными параметрами. Во время воздействия расстояние от торца волокна до образца составляло 2 мм. При этом измерение поверхностной температуры хряща производилось при помощи тепловизионной камеры, а температура в объеме образца измерялась точно при помощи термодатчика.

Результаты: Изменение поверхностной температуры образцов хрящей при воздействии в течение 2 с излучением с $\lambda = 0,97$ мкм/7 Вт составило $\Delta T = 2,4 \pm 0,5$ °C, а с $\lambda = 1,55$ мкм/5 Вт - $\Delta T = 21,1$ °C. Воздействие в течение 2 с двухволновым излучением с $\lambda = 1,55/5$ Вт + $\lambda = 0,97$ мкм/3 Вт приводило к подъему поверхностной температуры на $21,8 \pm 0,5$ °C. При воздействии в течение 2 с двухволновым излучением с $\lambda = 1,55/5$ Вт + $\lambda = 0,97$ мкм/3 Вт увеличение температуры биоткани на глубине 1 мм составило: на оптической оси - $\Delta T = 11$ °C, на расстоянии 1 мм от оси - $\Delta T = 4$ °C, на расстоянии 2 мм от оси - $\Delta T = 3$ °C.

Выводы: 1) При использовании двухволнового излучения $\lambda = 1,56$ мкм и $\lambda = 0,97$ мкм, наибольший вклад в нагрев хрящевой ткани вносит $\lambda = 1,56$ мкм, поглощающееся в поверхностных областях, тогда как излучение $\lambda = 0,97$ мкм поглощается слабее и проникает в более глубокие слои. 2) Максимальное увеличение температуры хряща происходит в пределах 1 мм от оси распространения лазерного излучения. Благодаря этому лазерная обработка позволяет эффективно добиваться «сглаживания» поверхности хряща при минимальном воздействии на ткани вне обрабатываемой области. 3) Лазерное излучение с используемыми параметрами помимо чисто термического воздействия на хрящевую ткань может запускать процессы ее регенерации по механизмам механобиологии и фотобиомодуляции.

Ключевые слова: лазер; суставной хрящ; хондромалиция; двухволновое излучение; импульсно-периодический режим; длина волны; параметры излучения; лазерная обработка.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Иванников С.В., Лычагин А.В., Бобров Д.С., Юсупов В.И., Старцева Е.Д., Сурин В.В., Найманн А.И., Жарова Т.А., Явльева Р.Х., Ян Ян, Термические эффекты при лазерной обработке суставного хряща. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.43-52 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-43-52>

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

HERMAL EFFECTS DURING LASER TREATMENT OF ARTICULAR CARTILAGE

SERGEY V. IVANNIKOV¹, ALEXEY V. LYCHAGIN¹, DMITRY S. BOBROV¹, VLADIMIR I. YUSUPOV⁴,

EKATERINA D. STARTSEVA³, VLADIMIR V. SURIN¹, ANDREY I. NAIMANN², TATIANA A. ZHAROVA¹,
ROSA KH. YAVLIEVA¹, YANG YANBIN¹

¹ Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russia 127994

² State Budgetary Institution of Health Care of the City of Moscow Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia 125284

³ Department of Laser Physics, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia 115409

⁴ Institute of Photonic Technologies, Federal Research Center "Crystallography and Photonics", Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia 108840

Justification: Osteoarthritis is one of the most common diseases that lead to disability. Arthroscopic laser treatment of articular cartilage is an effective and promising method of treating osteoarthritis, but its technique can be improved due to the results of this study.

Purpose: To determine the degree of thermal effect of two-wave near-infrared laser radiation on articular cartilage during laser treatment.

Methods: Samples of articular cartilage of a bull were exposed to infrared laser radiation with various parameters. During exposure, the distance from the end of the fiber to the sample was 2 mm. At the same time, the surface temperature of the cartilage was measured using a thermal imaging camera, and the temperature in the sample volume was measured point-by-point using a thermocouple.

Results: The change in the surface temperature of cartilage samples when exposed for 2 s to radiation with $\lambda = 0.97 \mu\text{m}/7 \text{ W}$ was $\Delta T = 2.4 \pm 0.5^\circ\text{C}$, and with $\lambda = 1.55 \mu\text{m}/5 \text{ W}$ - $\Delta T = 21.1^\circ\text{C}$. Exposure for 2 hours with two-wave radiation with $\lambda = 1.55/5 \text{ W} + \lambda = 0.97 \text{ microns} / 3 \text{ W}$ led to an increase in surface temperature by $21.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$. When exposed for 2 seconds to two-wave radiation with $\lambda = 1.55/5 \text{ W} + \lambda = 0.97 \text{ microns} / 3 \text{ W}$, the increase in the temperature of the biological tissue at a depth of 1 mm was: on the optical axis - $\Delta T = 11^\circ\text{C}$, at a distance of 1 mm from the axis - $\Delta T = 4^\circ\text{C}$, at a distance of 2 mm from axes - $\Delta T = 3^\circ\text{C}$.

Conclusions: 1) When using two-wave radiation $\lambda = 1.56 \text{ microns}$ and $\lambda = 0.97 \text{ microns}$, the greatest contribution to the heating of cartilage tissue is made by $\lambda = 1.56 \text{ microns}$ absorbed in the surface areas, while radiation $\lambda = 0.97 \text{ microns}$ is absorbed weaker and penetrates deeper layers. 2) The maximum increase in cartilage temperature occurs within 1 mm from the axis of propagation of laser radiation. Due to this, laser treatment makes it possible to effectively achieve "smoothing" of the cartilage surface with minimal impact on tissues outside the treated area. 3) Laser radiation with the parameters used, in addition to purely thermal effects on cartilage tissue, can trigger the processes of its regeneration by the mechanisms of mechanobiology and photobiomodulation.

Keywords: laser; articular cartilage; chondromalacia; two-wave radiation; pulse-periodic mode; wavelength; radiation parameters; laser treatment.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Ivannikov S.V., Lychagin A.V., Bobrov D.S., Vladimir I.Y., Startseva E.D., Surin V.V., Naimann A.I., Zharova T.A., Yavlieva R.H., Yang Yanbin, Thermal effects during laser treatment of articular cartilage. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №2. pp.43-52 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-43-52>

Введение:

Остеоартроз — болезнь, проявляющееся повреждением суставного хряща, является одним из наиболее распространённых заболеваний, поражающая до 50 % взрослого трудоспособного населения старше 50 лет [1, 2, 3].

Лазерная обработка суставного хряща с целью сглаживания его разволокнённых участков может выполняться во время артроскопии при артрозах.

Лазерные артроскопические инструменты позволяют дозировать термическое воздействие на хрящ за счёт настройки параметров излучения, а также небольшого диаметра светового пятна [4].

При лазерной обработке суставного хряща в жидкой среде, в связи с кипением жидкости у торца светопроводящего волокна, происходит образование пузырьковых струй и генерация широкополосных акустических колебаний, оказывающих механическое воздействие на хрящ. Это воздействие, по данным различных исследований, способно индуцировать регенерацию хряща, стимулируя активность хондробластов [5-18], а также образования в ткани под действием неоднородного нагрева многочисленных

микропор, что способствует улучшению микроциркуляции и клеточного питания [19, 20, 21, 22].

Таким образом лазерные артроскопические инструменты при обработке очагов хондромалии обладают следующими преимуществами перед другими типами инструментов:

- дозированность и высокая точность воздействия, позволяющие свести вероятность повреждений хряща вне обрабатываемой области к минимуму;

- стимуляция регенерации хрящевой ткани в очаге хондромалии по механизмам механобиологии.

Также был проведен ряд экспериментов по изучению воздействия сочетанного двухволнового излучения $\lambda = 0.97 \text{ мкм} + \lambda = 1.55 \text{ мкм}$ на хрящ. Оказалось, что при сочетанном двухволновом воздействии необходимый эффект («сглаживание» поверхности хряща) достигается при меньшей суммарной мощности. Установлено, что в среде 0,9% раствора NaCl «сглаживание» поверхности хряща при минимальном термическом воздействии на окружающие ткани происходит при использовании двухволнового излучения $1.55 \text{ мкм} / 5 \text{ Вт}$ и $0.97 \text{ мкм} / 3 \text{ Вт}$ в импульсно-периодическом режиме (импульс/пауза = 100 мс/50 мс) с расстояния 2 мм в течении 2 с [22].

Целью настоящей работы является определение степени термического воздействия двухволнового лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона на суставной хрящ при лазерной обработке.

Материалы и методы:

Для проведения исследования в качестве источника лазерного излучения был использован двухволновый волоконный лазерный аппарат ЛСП – «ИРЭ-Полус» (НТО «ИРЭ-Полус», Россия) с длинами волн излучения $\lambda=0,97$ мкм (до 30 Вт) и $\lambda=1,55$ мкм (до 15 Вт). Для доставки излучения использовался волоконный хирургический инструмент (кварц-кварцевый световод) с диаметром светонесущей жилы 600 мкм и прямым выводом излучения.

В качестве объектов воздействия были использованы образцы суставных хрящей коленного сустава быка.

Обработка образцов суставных хрящей производилась в среде изотонического 0,9 % раствора NaCl для моделирования условий, соответствующих артроскопической операции.

Для регистрации термических эффектов в образцах хрящей использовалась точечная термопара Physitemp IT-23 (точность ± 0.1 °C, частота 200 Гц, Physitemp Instruments, USA) диаметром 76 мкм, запись данных осуществлялась с помощью системы сбора данных DI-245 (Dataq Instruments, USA). Также регистрации поверхностных термических эффектов использовалась тепловизионная камера FLIR T650 SC (FLIR Systems, USA) с рабочим диапазоном длин волн 7.5 – 14 мкм (размер термограмм 640x480 точек, частота 30 Гц, точность измерения температуры $\pm 1\%$). Тепловизионную камеру устанавливали под углом 30° к поверхности образцов на расстоянии 30 см от нее.

Всего было проведено две серии экспериментов.

Во время первой серии образцы суставных хрящей быка были закреплены в контейнере с 0.9% изотоническим раствором NaCl на глубине 300 мкм (Рис. 1). На поверхности образцов устанавливалась сапфировая пластинка толщиной 300 мкм. Таким образом, образец биоткани был погружен в раствор NaCl, как это происходит во время артроскопических операций. Что касается сапфировой пластинки, то она тоже была погружена в жидкость на свою толщину так, что ее верхняя поверхность оставалась на одном уровне с поверхностью жидкости, не погружаясь в неё. Эта пластинка свободно пропускала лазерное излучение, выходящее из волокна, которое поглощалось в образце нижележащей хрящевой ткани. При этом тепловое инфракрасное излучение нагревало сапфировую пластинку, что позволяло тепловизору снимать распределение тепловых полей с ее поверхности. Если бы такой пластинки не было, то тепловизор показал бы температуру на поверхности водного раствора над образцом хряща и такая картинка могла сильно отличаться от реального распределения температуры на поверхности хряща. Поскольку сапфир, как хорошо известно, обладает высокой теплопроводностью и малой теплоемкостью,

то использование в такой конфигурации тонкой пластинки позволяет получать очень близкую к реальности картину распределения теплового поля на поверхности хряща.

Для уточнения влияния такой сапфировой пластинки на результаты температурных измерений были проведены следующие предварительные исследования. В воздушной среде с помощью тепловизионной камеры были измерены максимальные температуры открытой смоченной водой поверхности хряща и смоченной поверхности хряща, покрытой сапфировой пластинкой при одинаковом лазерном воздействии. В результате оказалось, что использование сапфировой пластинки приводит к уменьшению максимальных регистрируемых температур на поверхности хряща примерно на 2 °C.

Над образцами хрящей в растворе NaCl, покрытых сапфировой пластинкой, перпендикулярно к ним устанавливали волоконный хирургический инструмент (кварц-кварцевый световод) с диаметром светонесущей жилы 600 мкм, подсоединённый к двухволновому лазерному аппарату ЛСП – «ИРЭ-Полус» (НТО «ИРЭ-Полус», Россия). Расстояние от торца световода до поверхности образцов хрящей составляло 2 мм.

В экспериментах воздействие лазерным излучением с различными параметрами производилось в течении 2 с. Изменения температуры поверхности образцов хрящей регистрировалось в течении 5 с от начала воздействия.

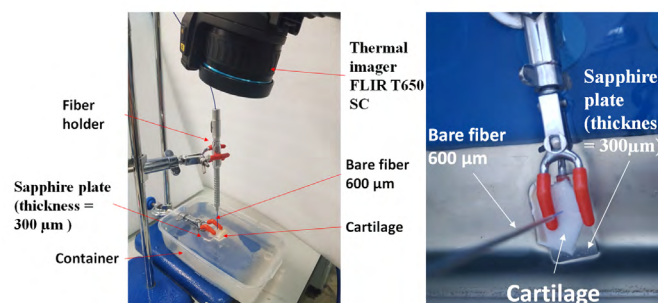


Рис. 1. Экспериментальная установка для измерения тепловых полей, образующихся на поверхности образца хряща под воздействием лазерного излучения, регистрируемых при помощи тепловизионной камеры.

Во время второй серии экспериментов образцы суставных хрящей быка закрепляли в контейнере с 0.9% изотоническим раствором NaCl на глубине 3 см, для создания условий распространения излучения, соответствующих артроскопической операции. Схема установки представлена на рисунке 2.

Над образцами хрящей перпендикулярно к ним устанавливали волоконный хирургический инструмент (кварц-кварцевый световод) с диаметром светонесущей жилы 600 мкм, подсоединённый к двухволновому лазерному аппарату ЛСП – «ИРЭ-Полус» (НТО «ИРЭ-Полус», Россия). Расстояние от торца световода до поверхности образцов составляло 2 мм.

На поверхности образцов, противоположной той, с которой был размещён световод (то есть со стороны, обычно

примыкающей к субхондральной кости), при помощи иглы создавали тонкий канал, куда была помещена точечная термопара диаметром 76 мкм. Термопару устанавливали в толще хрящевой ткани на глубине в 1 мм под поверхностью образцов вначале точно на оси распространения лазерного луча (shift=0), затем на расстоянии 1 мм (shift=1) и 2 мм (shift=0) от оси распространения лазерного луча.

На поверхность суставной ткани производилось воздействие двухволновым 1,55 мкм / 5 Вт + 0,97 мкм / 3 Вт лазерным излучением в импульсно-периодическом режиме с длительностью импульса 100 мс и паузой 50 мс в течении 2 с. Изменение температуры образцов хрящей в зоне расположения термопары регистрировались в течении 5 с от начала воздействия.

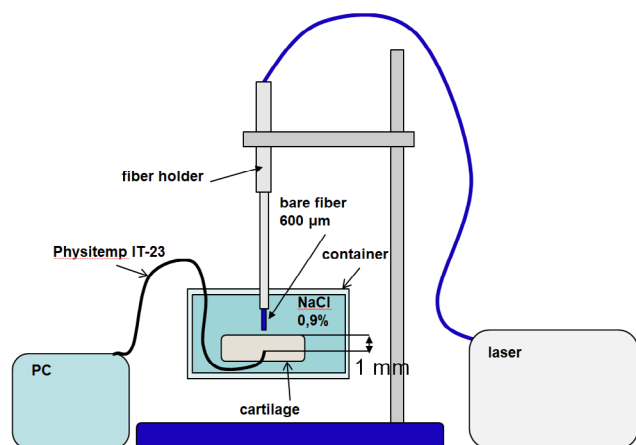


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для регистрации при помощи термопары изменений температуры в образце хряща, происходящих при воздействии лазерного излучения.

Результаты:

Первая серия экспериментов: измерения с помощью тепловизионной камеры.

На рис. 3а показано распределение теплового поля на поверхности образца хряща при воздействии на него лазерным излучением 0,97 мкм / 7 Вт в импульсно-периодическом режиме (100 мс/50 мс) в момент, когда была достигнута максимальная температура. На рис. 3б приведена динамика максимальной температуры на поверхности хряща.

Из рис. 3б видно, что после начала лазерного воздействия максимальная температура на поверхности образца хряща за 2 с увеличилась на $2,4 \pm 0,2$ °С. Точка с максимальной температурой (стрелка 2 на рис. 3а) находится на оптической оси под волокном (стрелка 1 на рис. 3а), при этом видимая область теплового нагрева к 2 с составляет в диаметре около 2 мм (рис. 3а).

На рис. 4а представлено распределение теплового поля на поверхности образца хряща при воздействии на него лазерным

излучением 1,55 мкм / 5 Вт в импульсно-периодическом режиме (100 мс/50 мс) в момент, когда была достигнута максимальная температура. На рис. 4б приведена динамика максимальной температуры на поверхности хряща.

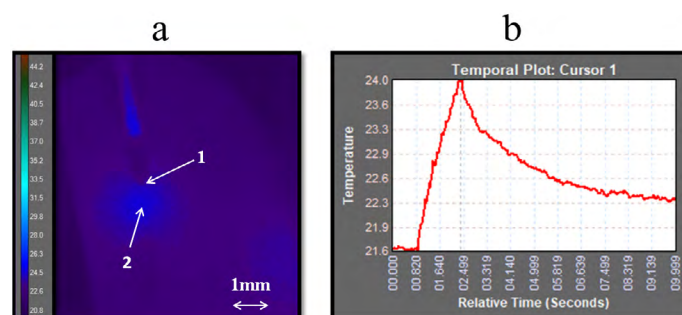


Рис. 3. Результаты тепловизионных измерений поверхностной температуры образца хряща при воздействии на него лазерным излучением 0,97 мкм / 7 Вт в импульсно-периодическом режиме 100 мс/50 мс. а - распределение теплового поля в момент, когда была зарегистрирована достигнута максимальная температура. Цифрой 1 обозначен торец волокна, цифрой 2 - точка на поверхности хряща с максимальной температурой. б - динамика максимальной температуры. Серия экспериментов №1.

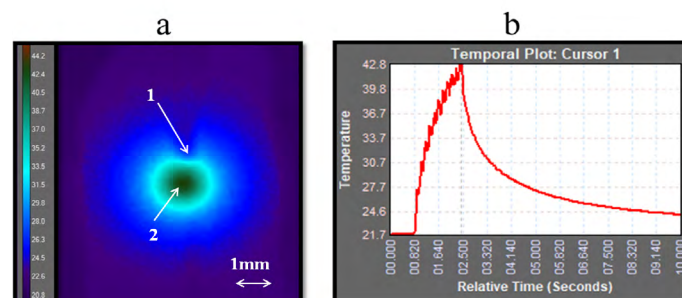


Рис. 4. Результаты тепловизионных измерений поверхностной температуры образца хряща при воздействии на него лазерным излучением 1,55 мкм / 5 Вт в импульсно-периодическом режиме 100 мс/50 мс. а - распределение теплового поля в момент, когда была зарегистрирована достигнута максимальная температура. Цифрой 1 обозначен торец волокна, цифрой 2 - точка на поверхности хряща с максимальной температурой. б - динамика максимальной температуры. Серия экспериментов №1.

Из рис. 4б видно, что после начала лазерного воздействия максимальная температура на поверхности образца хряща за 2 с увеличилась на $21,1 \pm 0,4$ °С. Точка с максимальной температурой (стрелка 2 на рис. 4а) находится на оптической оси под волокном (стрелка 1 на рис. 4а), при этом видимая область теплового нагрева к 2 с составляет в диаметре около 2 мм (рис. 4а).

Ниже в Таблице 1 представлены результаты максимального роста температуры на поверхности образцов хрящей, подвергнутых лазерному воздействию в импульсно-периодическом режиме (100 мс/50 мс) с различными параметрами.

Таблица 1

Максимальный рост температуры на поверхности препарата хряща при воздействии лазерного излучения в течении 2 с в импульсно-периодическом режиме (100 мс/50 мс) с различными параметрами. Серия экспериментов №1

Длина волны, мкм Wavelength, μm	Мощность, Вт Power, W	Δ Температуры, °C Δ Temp, °C
0,97	3	1,3 $\pm$ 0,2
0,97	5	1,7 $\pm$ 0,2
0,97	7	2,4 $\pm$ 0,2
1,55	1	14,8 $\pm$ 0,3
1,55	3	12,3 $\pm$ 0,3
1,55	5	21,1 $\pm$ 0,4

После получения вышеуказанных данных ещё один образец хряща был подвергнут воздействию сочетанного двухволнового лазерного излучения 1,55 мкм / 5 Вт и 0,97 мкм / 3 Вт. Режим излучения также был импульсно-периодическим с длительностью воздействия 100 мс и паузой 50 мс. Воздействие производилось также в течении 2 секунд, тепловые поля на поверхности образца хряща регистрировались также в течении 5 секунд.

На рис. 5а представлено распределение теплового поля на поверхности образца хряща при воздействии на него сочетанным двухволновым лазерным излучением 1,55 мкм / 5 Вт + 0,97 мкм / 3 Вт в импульсно-периодическом режиме (100 мс/50 мс) в момент, когда была достигнута максимальная температура. На рис. 5б показана приведена динамика максимальной температуры на поверхности хряща.

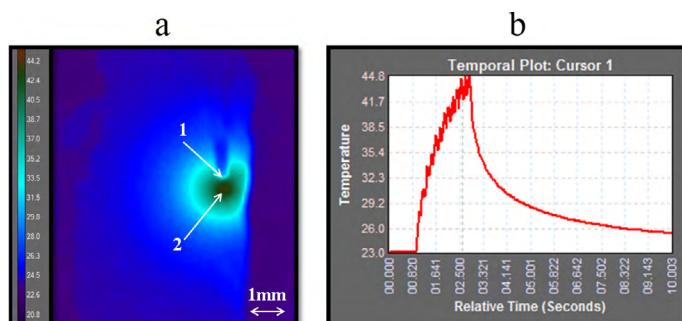


Рис. 5. Результаты тепловизионных измерений поверхностной температуры образца хряща при воздействии на него двухволновым лазерным излучением 1,55 мкм / 5 Вт + 0,97 мкм / 3 Вт в импульсно-периодическом режиме 100 мс/50 мс. а - распределение теплового поля в момент, когда была зарегистрирована достигнута максимальная температура. Цифрой 1 обозначен торец волокна, цифрой 2- точка на поверхности хряща с максимальной температурой. б - динамика максимальной температуры. Серия экспериментов №1

Из рис. 5б видно, что после начала лазерного воздействия максимальная температура на поверхности образца хряща за 2 с увеличилась на $21,8 \pm 0,4$ °C. Точка с максимальной температурой (стрелка 2 на рис. 5а) находится на оптической оси под волокном (стрелка 1 на рис. 5а), при этом видимая область теплового нагрева к 2 с составляет в диаметре около 2 мм (рис. 5а).

На рисунке 6 представлено сравнение максимальных изменений температуры препаратов хрящей при воздействии лазерных излучений с параметрами 0,97 мкм / 7 Вт, 1,55 мкм / 5 Вт и 1,55 мкм / 5 Вт + 0,97 мкм / 3 Вт в время первой серии экспериментов.

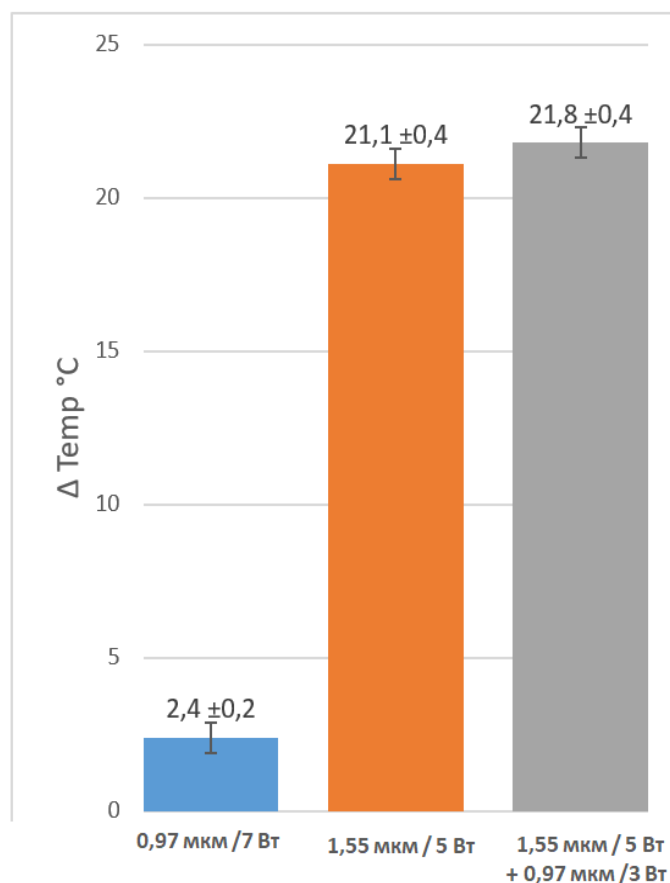


Рис. 6. Сравнение максимальных изменений температуры препарата хряща, при воздействии одноволновым лазерным излучением с параметрами 0,97 мкм / 7 Вт, одноволновым лазерным излучением с параметрами 1,55 мкм / 5 Вт и двухволновым лазерным излучением с параметрами 1,55 мкм / 5 Вт + 0,97 мкм / 3 Вт. Серия экспериментов №1

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что при использовании двухволнового излучения с длинами волн $\lambda=0,97$ мкм и $\lambda=1,56$ мкм основной вклад в нагрев поверхности хряща вносит лазерное излучение с $\lambda=1,56$ мкм, поскольку изменение температуры при двухволновом воз-

действии $\lambda=0,97$ мкм / 3 Вт и $\lambda=1,56$ мкм / 5 Вт всего на $0,7^\circ\text{C}$ больше, чем при воздействии изолированным излучением $1,55$ мкм / 5 Вт.

Вторая серия экспериментов: измерения с помощью термодпары.

На рисунке 7 представлены результаты регистрации термических эффектов сочетанного двухволнового лазерного воздействия ($1,55$ мкм / 5 Вт и $0,97$ мкм / 3 Вт) в импульсно-периодическом режиме (100 мс / 50 мс) на образцы хрящей с помощью термодпары, расположенной под осью лазерного луча (shift=0) во время второй серии экспериментов.

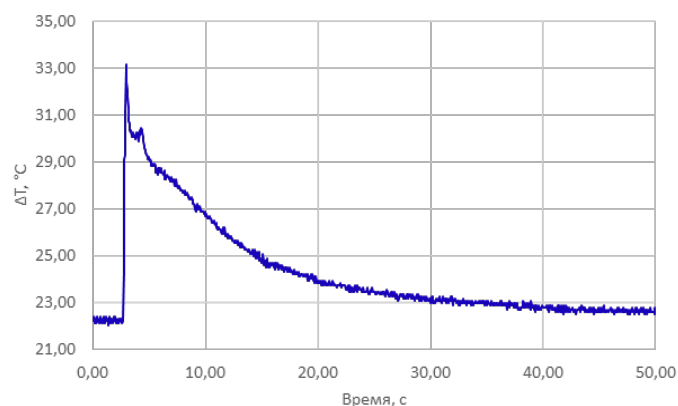


Рис. 7. Изменение температуры препарата хряща во времени на глубине в 1 мм под поверхностью хряща непосредственно под осью распространения лазерного луча (shift=0) при воздействии лазерного излучения $1,55$ мкм / 5 Вт и $0,97$ мкм / 3 Вт в течении 2 с. Серия экспериментов №2

Исходя из полученных данных максимальная достигаемая во время воздействия температура составила $33,15^\circ\text{C}$, а максимальное изменение температуры относительно температуры до начала воздействия составило 11°C .

На рисунке 8 представлены результаты регистрации термических эффектов сочетанного двухволнового лазерного воздействия ($1,55$ мкм / 5 Вт и $0,97$ мкм / 3 Вт) в импульсно-периодическом режиме (100 мс/50 мс) на образцы хрящей с помощью термодпары, расположенной на расстоянии 1 мм от оси распространения лазерного луча (shift=1) во время второй серии экспериментов.

Исходя из полученных данных максимальная температура составила $26,15^\circ\text{C}$, а максимальное изменение температуры относительно температуры до начала воздействия составило 4°C .

На рисунке 9 представлены результаты регистрации термических эффектов сочетанного двухволнового лазерного воздействия ($1,55$ мкм / 5 Вт и $0,97$ мкм / 3 Вт) в импульсно-периодическом режиме (100мс/50мс) на образцы хрящей с помощью термодпары, расположенной на расстоянии 2 мм от оси лазерного луча (shift=1) во время второй серии экспериментов.

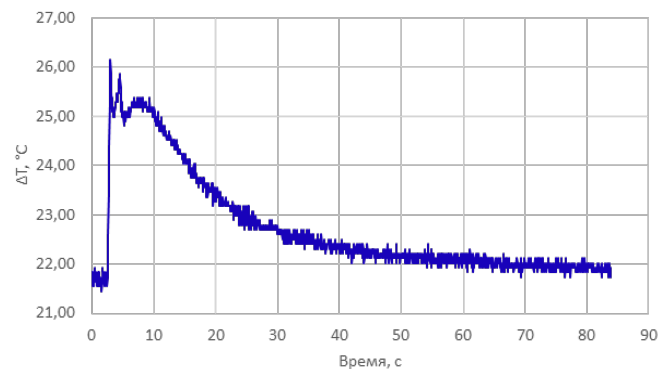


Рис. 8. Изменение температуры препарата хряща во времени на глубине в 1 мм под поверхностью хряща на расстоянии 1 мм от оси распространения лазерного луча (shift=1) при воздействии лазерного излучения $1,55$ мкм / 5 Вт и $0,97$ мкм / 3 Вт в течении 2 с. Серия экспериментов №2.

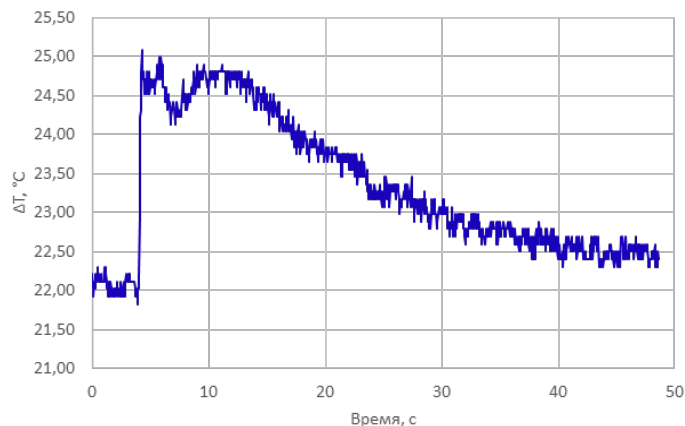


Рис. 9. Изменение температуры препарата хряща во времени на глубине в 1 мм под поверхностью хряща на расстоянии 2 мм от оси распространения лазерного луча (shift=2) при воздействии лазерного излучения $1,55$ мкм / 5 Вт и $0,97$ мкм / 3 Вт в течении 2 с. Серия экспериментов №2.

Исходя из полученных данных максимальная температура составила $25,09^\circ\text{C}$, а максимальное изменение температуры относительно температуры до начала воздействия составило 3°C .

На рисунке 10 представлено сравнение максимальных изменений температуры препаратов хрящей на различном расстоянии от оси излучения во время второй серии экспериментов.

Таким образом можно сделать вывод, что наиболее значимое ($\Delta \text{Temp} = 11^\circ\text{C}$) изменение температуры хряща (при измерении на глубине 1 мм под поверхностью образца) происходит в пределах до 1 мм (если считать расстояние по поверхности образца) от оси распространения лазерного излучения, так как на расстоянии 1 мм максимальное изменение температуры уже значительно меньше, а на расстоянии 2 мм отличается от расстояния в 1 мм всего на 1°C .

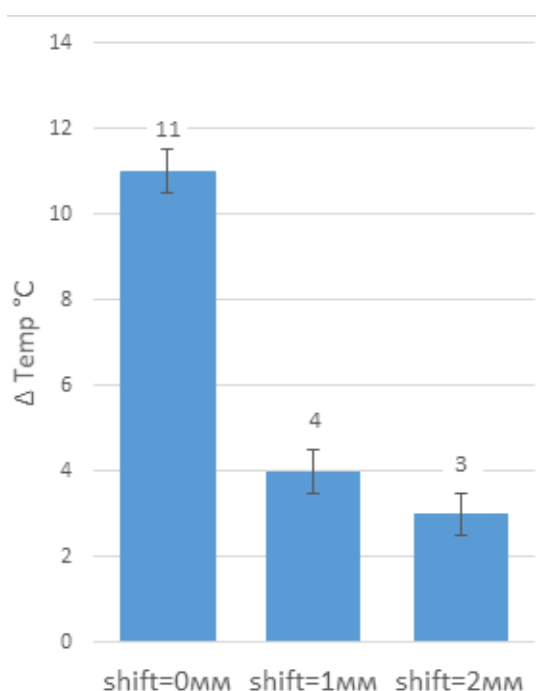


Рис. 10. Сравнение максимальных величин изменения температуры препаратов хрящей при воздействии лазерного излучения 1,55 мкм / 5 Вт и 0,97 мкм / 3 Вт на различных расстояниях от оси распространения лазерного луча. Серия экспериментов №2.

Обсуждение:

Измерения, полученные с помощью тепловизора, показали, что во время лазерного двухволнового воздействия с $\lambda=0.97$ мкм и $\lambda=1.56$ мкм в течение 2 с происходит постепенное увеличение температуры на поверхности хряща до 44 °С, т.е. произошел нагрев на 22 °С. На кривой видны колебания температуры, связанные с колебаниями интенсивности лазерного излучения с $\lambda=1.56$ мкм с периодом 150 мс. На представленной термограмме видно, что спустя 2 с после начала лазерного двухволнового воздействия размер области на поверхности хряща с температурой >30 °С составляет 10 мм.

Сравнение кривой нагрева для двухволнового воздействия с нагревом изолированными излучениями с $\lambda=0.97$ мкм / 7 Вт и $\lambda=1.56$ мкм / 5 Вт показывает, что основной вклад в нагрев поверхности хряща вносит лазерное излучение с $\lambda=1.56$ мкм. Это легко объяснить, поскольку в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн нагрев биоткани в основном связан с поглощением излучения в содержащейся в тканях воде, а излучение с $\lambda=1.56$ мкм поглощается в воде приблизительно в 2,8 раз сильнее по сравнению с излучением с $\lambda=0.97$ мкм.

Измерения, выполненные с помощью термопары, показали, что при сочетанном двухволновом лазерном воз-

действии на поверхность хряща в течение 2 с максимальные температуры нагрева на глубине 1 мм при использовавшихся параметрах излучения значительно зависят от расстояния до оси распространения луча. В случае, когда термопара располагалась на оси распространения луча (shift=0), эти температуры в течение действия лазерного излучения лежали в диапазоне 30-32 °С. При смещении термопары на 1 мм в плоскости, перпендикулярной оси распространения луча (shift=1), эти значения составляли 26 °С, а при смещении термопары на 2 мм (shift=2) максимальный нагрев уменьшился до 25 °С.

На подробном изображении начального участка графика для shift=0 отчетливо видно, что первоначально в течение $\Delta t_1=0.3$ с происходит рост температуры до максимального значения. Затем температура несколько снижается на 2 °С и, начиная с $\Delta t_2 \sim 2$ с происходит монотонное уменьшение температуры. В то же время, исходя из физики процесса, внутри ткани в течение действия лазерного излучения (2 с) должно было происходить монотонное увеличение температуры. Наблюдаемый эффект резкого изменения температуры в течение $\Delta t_1=0.3$ с, как хорошо известно, объясняется быстрым нагревом игольчатой термопары лазерным излучением. Поэтому в качестве максимальной температуры, до которой нагревается ткань в течение лазерного воздействия, следует брать значение в конце периода $\Delta t_2=2$ с, когда произошло выключение лазерного излучения.

Отметим, что наблюдаемые при shift=1 мм и shift=2 мм кратковременные подъемы температуры связаны с распространением тепла от наиболее нагретой области вблизи оптической оси волокна. На распространение температурной волны указывает также то, что максимумы локальных подъемов для этих двух значений сдвигов разнесены во времени. Сначала через ~4.5 с возникает максимум на кривой, соответствующей shift=1 мм, а только спустя ~0.7 с наблюдается локальный максимум температуры для shift=2 мм.

Во время наших экспериментов, при использовании лазерного излучения в жидкой среде, жидкость у торца световода начинала быстро нагреваться до температуры кипения. В связи с возникающими при таком нагреве градиентами давления, а также периодическом образовании и схлопывании пузырьков возможен запуск стимулирования регенерации хряща по механизмам механобиологии [5, 6, 10]. Кроме этого, следует отметить, что интенсивность лазерного излучения в поверхностных слоях хрящевой ткани быстро убывает с глубиной (как из-за расхождения луча, так в результате рассеяния и поглощения). Поэтому в области лазерного воздействия в биоткани образуются обширные участки, в которых интенсивность лазерного излучения лежит в диапазоне 1-100 мВт/см², т.е. соответствует уровням, характерным для фотобиомодуляции [5, 10, 23]. А такое низкоинтенсивное лазерное излучение также может способствовать регенерации хряща.

Выводы:

1) При использовании двухволнового излучения $\lambda=1.56$ мкм и $\lambda=0.97$ мкм, наибольший вклад в нагрев хрящевой ткани вносит $\lambda=1.56$ мкм, поглощающееся в поверхностных областях, тогда как излучение $\lambda=0.97$ мкм поглощается слабее и проникает в более глубокие слои.

2) Максимальное увеличение температуры хряща происходит в пределах 1 мм от оси распространения лазерного излучения. Благодаря этому лазерная обработка позволяет эффективно добиваться «сглаживания» поверхности хряща при минимальном воздействии на ткани вне обрабатываемой области.

3) Лазерное излучение с используемыми параметрами помимо чисто термического воздействия на хрящевую ткань может запускать процессы ее регенерации по механизмам механобиологии и фотобиомодуляции.

Список литературы:

- 1) Glyn-Jones S., Palmer A. J. R. Agricola, AJ Price, TL Vincent, H. Weinans . AJ Carr, Osteoarthritis. *Lancet*, 2015, vol 386, no 9991, pp. 376-87. Doi: 10.1016/S0140-6736(14)60802-3
- 2) Madry H., Kon E., Condello V., Peretti G.M., Steinwachs M., Seil R., Berruto M., Engebretsen L., Filardo G., Angele P. (2016) Early osteoarthritis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, no 24, pp. 1753-1762. Doi: 10.1007/s00167-016-4068-3
- 3) Корнилов Н. Н., Денисов А. А. Парадигма раннего гонартроза: обзор современных возможностей диагностики и лечения (часть 1) // *Терапевтический архив* // 2017. Т. 89. №. 12-2. С.238-243.
- 4) Иванников С. В Лазерная артроскопическая хирургия (Дегенеративно-дистрофические поражения коленного сустава). Москва, 2001. 19 с.
- 5) Перспективы лечения дискогенных компрессионных форм пояснично-крестцовых радикулитов с помощью пункционных неэндо-скопических лазерных операций / Сандлер Б. И. [и др.]. Владивосток. 2004. 181 с.
- 6) Лазерная инженерия хрящей / Баграташвили В. Н. [и др.]. Москва. 2006. 448с.
- 7) Sobol E. et al. Laser regeneration of spine discs cartilage: mechanism, in-vivo study and clinical applications. *Proceedings of Light-Activated Tissue Regeneration and Therapy Conference*. Springer, Boston, MA, 2008. Pp. 259-266. Doi: 10.1007/978-0-387-71809-5_24
- 8) Holden P. K. et al. The effects of laser irradiation of cartilage on chondrocyte gene expression and the collagen matrix. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 2009 vol. 41, no. 7, pp 487-491. Doi: <https://doi.org/10.1002/lsm.20795>
- 9) Wong B. J. F. et al. Identification of chondrocyte proliferation following laser irradiation, thermal injury, and mechanical trauma. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 2005, vol. 37, no. 1, pp.89-96. Doi: <https://doi.org/10.1002/lsm.20180>
- 10) Yusupov V. I., Chudnovskii V. M., Bagratashvili V. N. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated biotissues. 1. Generation of bubbles in liquid. *Laser physics*, 2010, vol. 20, no. 7, pp. 1641-1646. Doi:10.1134/S1054660X1014001X
- 11) Yusupov V. I., Chudnovskii V. M., Bagratashvili V. N. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated biotissues: 2. Effect on delivery fiber. *Laser Physics*, 2011, vol. 21, no. 7, pp. 1230-1234. Doi:10.1134/S1054660X11140015
- 12) Yusupov V. I. et al. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated tissue: III. Optoacoustic effects. *Laser Physics*, 2013, vol. 24, no. 1, pp. 015601. Doi:10.1088/1054-660X/24/1/015601
- 13) Yusupov V. I. et al. Generation of acoustic waves by cw laser radiation at the tip of an optical fiber in water. *Acoustical Physics*, 2016, vol. 62, no. 5, pp. 537-544. Doi:10.1134/S1063771016050183
- 14) O'Connor C. J., Case N., Guilak F. Mechanical regulation of chondrogenesis. *Stem cell research & therapy*, 2013, vol. 4, no. 4, pp. 1-13. Doi:10.1186/scrt211
- 15) Fahy N., Alini M., Stoddart M. J. Mechanical stimulation of mesenchymal stem cells: Implications for cartilage tissue engineering. *Journal of Orthopaedic Research*, 2018, vol. 36, no. 1, pp. 52-63. Doi :10.1002/jor.23670
- 16) Juang Y. M. et al. Proteomic analysis of chondrocytes exposed to pressure. *Biomedical Chromatography*, 2010, vol. 24, no. 12, pp. 1273-1282. Doi:10.1002/bmc.1436
- 17) Mizuno S., Ogawa R. Using changes in hydrostatic and osmotic pressure to manipulate metabolic function in chondrocytes. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2011, vol. 300, no. 6, pp. 1234-1245. Doi:10.1152/ajpcell.00309.2010
- 18) Karameinis K. et al. Continuous hydrostatic pressure induces differentiation phenomena in chondrocytes mediated by changes in polycystins, SOX9, and RUNX2. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 2017, vol. 78, no. 1, pp. 21-31. Doi:10.1007/s00056-016-0061-1
- 19) Sobol E. N. et al. Laser-induced regeneration of cartilage. *Journal of Biomedical Optics*, 2011, vol.16, no. 8, pp. 080902. Doi:10.1117/1.3614565
- 20) Alexandrovskaya Y. M. et al. Mechanisms of laser activation of chondrocytes in osteoarthritis healing. *Laser Physics Letters*, 2018, vol. 15, no. 8, pp. 085601. Doi:10.1088/1612-202X/aac746
- 21) Баум О. И. Механизмы модификации хрящевой ткани и тканей глаза под действием лазерного излучения. Москва. 2016. 22 с.
- 22) Лазерная обработка хондромалиции суставного хряща / А.В.Лычагин. и [др.]. //Лазерная медицина. 2022. Т. 25. №. 4. С. 9-15.
- 23) Escudero J. S. B. et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) in bone repair: A systematic review. *Injury*, 2019, vol. 50 no. 11, pp. 1853-1867. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.09.031>

References:

- 1) Glyn-Jones S., Palmer A. J. R. Agricola, AJ Price, TL Vincent, H. Weinans . AJ Carr, Osteoarthritis. *Lancet*, 2015, vol 386, no 9991, pp. 376-87. Doi: 10.1016/S0140-6736(14)60802-3

- 2) Madry H., Kon E., Condello V., Peretti G.M., Steinwachs M., Seil R., Berruto M., Engebretsen L., Filardo G., Angele P. (2016) Early osteoarthritis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, no 24, pp. 1753-1762. Doi: 10.1007/s00167-016-4068-3
- 3) Kornilov N. N., Denisov A. A. Paradigma rannego gonartroza: obzor sovremennykh vozmozhnostey diagnostiki i lecheniya (chast' 1) [The paradigm of early gonarthrosis: an overview of modern diagnostic and treatment options (Part 1)]. *Terapevticheskij arhiv*, 2017, vol.89, no.12-2, pp. 238-243. (In Russian)
- 4) Ivannikov S. V. Lazernaya artroskopicheskaya hirurgiya (Degenerativno-distroficheskie porazheniya kolennogo sustava) [Laser arthroscopic surgery (Degenerative-dystrophic lesions of the knee joint)]. Moscow, 2001. 19 p. (in Russ)
- 5) Sandler B. I. et al. Perspektivy lecheniya diskogennykh kompressiionnykh form poyasnichno-krestcovykh radikulitov s pomoshch'yu punkcionnykh neendoskopicheskikh lazernykh operacij [Prospects for the treatment of discogenic compression forms of lumbosacral radiculitis using puncture non-endoscopic laser operations] Vladivostok, 2004. 181 p. (in Russ)
- 6) Bagratashvili V. N. et al. Lazernaya inzheneriya hryashchej [Laser Cartilage engineering] Moscow, 2006. 448 p. (in Russ)
- 7) Sobol E. et al. Laser regeneration of spine discs cartilage: mechanism, in-vivo study and clinical applications. *Proceedings of Light-Activated Tissue Regeneration and Therapy Conference*. Springer, Boston, MA, 2008. Pp. 259-266. Doi: 10.1007/978-0-387-71809-5_24
- 8) Holden P. K. et al. The effects of laser irradiation of cartilage on chondrocyte gene expression and the collagen matrix. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 2009 vol. 41, no. 7, pp 487-491. Doi: <https://doi.org/10.1002/lsm.20795>
- 9) Wong B. J. F. et al. Identification of chondrocyte proliferation following laser irradiation, thermal injury, and mechanical trauma. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 2005, vol. 37, no. 1, pp.89-96. Doi: <https://doi.org/10.1002/lsm.20180>
- 10) Yusupov V. I., Chudnovskii V. M., Bagratashvili V. N. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated biotissues. 1. Generation of bubbles in liquid. *Laser physics*, 2010, vol. 20, no. 7, pp. 1641-1646. Doi:10.1134/S1054660X1014001X
- 11) Yusupov V. I., Chudnovskii V. M., Bagratashvili V. N. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated biotissues: 2. Effect on delivery fiber. *Laser Physics*, 2011, vol. 21, no. 7, pp. 1230-1234. Doi:10.1134/S1054660X11140015
- 12) Yusupov V. I. et al. Laser-induced hydrodynamics in water-saturated tissue: III. Optoacoustic effects. *Laser Physics*, 2013, vol. 24, no. 1, pp. 015601. Doi:10.1088/1054-660X/24/1/015601
- 13) Yusupov V. I. et al. Generation of acoustic waves by cw laser radiation at the tip of an optical fiber in water. *Acoustical Physics*, 2016, vol. 62, no. 5, pp. 537-544. Doi:10.1134/S1063771016050183
- 14) O'Connor C. J., Case N., Guilak F. Mechanical regulation of chondrogenesis. *Stem cell research & therapy*, 2013, vol. 4, no. 4, pp. 1-13. Doi:10.1186/scrt211
- 15) Fahy N., Alini M., Stoddart M. J. Mechanical stimulation of mesenchymal stem cells: Implications for cartilage tissue engineering. *Journal of Orthopaedic Research*, 2018, vol. 36, no. 1, pp. 52-63. Doi :10.1002/jor.23670
- 16) Juang Y. M. et al. Proteomic analysis of chondrocytes exposed to pressure. *Biomedical Chromatography*, 2010, vol. 24, no. 12, pp. 1273-1282. Doi:10.1002/bmc.1436
- 17) Mizuno S., Ogawa R. Using changes in hydrostatic and osmotic pressure to manipulate metabolic function in chondrocytes. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2011, vol. 300, no. 6, pp. 1234-1245. Doi:10.1152/ajpcell.00309.2010
- 18) Karameinis K. et al. Continuous hydrostatic pressure induces differentiation phenomena in chondrocytes mediated by changes in polycystins, SOX9, and RUNX2. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 2017, vol. 78, no. 1, pp. 21-31. Doi:10.1007/s00056-016-0061-1
- 19) Sobol E. N. et al. Laser-induced regeneration of cartilage. *Journal of Biomedical Optics*, 2011, vol.16, no. 8, pp. 080902. Doi:10.1117/1.3614565
- 20) Alexandrovskaya Y. M. et al. Mechanisms of laser activation of chondrocytes in osteoarthritis healing. *Laser Physics Letters*, 2018, vol. 15, no. 8, pp. 085601. Doi:10.1088/1612-202X/aac746
- 21) Baum O. I. Mekhanizmy modifikacii hryashchevoj tkani i tkanej glaza pod dejstviem lazernogo izlucheniya [Mechanisms of modification of cartilage tissue and eye tissues under the influence of laser radiation]. Moscow, 2016. 22 p. (in Russ.)
- 22) A. V Lychagin et al. Lazernaya obrabotka hondromalycii sustavno-g hryashcha [Laser treatment of articular cartilage chondromalacia]. *Lazernaya medicina*, 2022, vol. 25, no 4, pp. 9-15. (In Russian) Doi; <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-4-9-15>
- 23) Escudero J. S. B. et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) in bone repair: A systematic review. *Injury*, 2019, vol. 50 no. 11, pp. 1853-1867. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.09.031>

Информация об авторах:

Иванников Сергей Викторович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф первого ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Ул. Миклухо –Маклая, Д. 20-248, г. Москва, 117437, Россия, e-mail: s.ivannikov@icloud.com

Лычагин Алексей Владимирович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Ул. 1й Нагатинский проезд, Д. 11, г. Москва, 115533, Россия, e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Бобров Дмитрий Сергеевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф первого ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail: footsurg@mail.ru

Юсупов Владимир Исаакович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института фотонных технологий

Федерального научно-исследовательского центра “Кристаллография и фотоника”, Ул. Нагорная, Д 10, г. Москва, 114612, Россия, e-mail: iouss@yandex.ru

Старцева Екатерина Дмитриевна, аспирант кафедры лазерной физики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Ул. молодёжная, Д 4, г. Москва, 117852, Россия, e-mail: startsevaed17@yandex.ru

Сурин Владимир Владимирович, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Ул. Ватутина, Д. 1, г. Химки, 141402, Россия, e-mail: rassvet_1612@mail.ru

Найманный Андрей Игоревич, кандидат медицинских наук, врач травматолог ортопед, стационар кратковременного пребывания №1 ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ, Ул. Ленская, Д. 28, г. Москва, 129327, Россия, e-mail: naimann.a@mail.ru

Жарова Татьяна Альбертовна, доктор медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Сеченовского университета. Ул. Видная, Д. 15, г. Москва, Россия, 129727; e-mail: zharova-mma@yandex.ru

Явлиева Роза Хазбулатовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф первого ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Ул. Вавилова, Д. 6, г. Москва, Россия, 127136; e-mail: hazbulatovna@mail.ru

Ян Яньбинь, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail: yanbin.yang@bk.ru

Information about authors:

Ivannikov Sergey Viktorovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of the First Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), Miklukho-Maklay Str., 20-248, Moscow, 117437, Russia, e-mail: s.ivannikov@icloud.com

Lychagin Alexey Vladimirovich, MD, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Catastrophes of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), 1st Nagatinsky Proezd, 11, Moscow, 115533, Russia, e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Bobrov Dmitry Sergeevich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of the First Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), e-mail: footsurg@mail.ru

Yusupov Vladimir Isaakovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Institute of Photonic Technologies of the Federal Research Center “Crystallography and Photonics”, 10 Nagornaya St., Moscow, 114612, Russia, e-mail: iouss@yandex.ru

Ekaterina Dmitrievna Startseva, Postgraduate student of the Department of Laser Physics of the National Research Nuclear University “MEPhI”, 4 Molodezhnaya Str., Moscow, 117852, Russia, e-mail: startsevaed17@yandex.ru

Vladimir Vladimirovich Surin, Postgraduate Student of the Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Catastrophes of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), 1 Vatutina Str., Khimki, 141402, Russia, e-mail: rassvet_1612@mail.ru

Naimann Andrey Igorevich, Candidate of Medical Sciences, orthopedic traumatologist, short-stay hospital No. 1 of the State Medical Institution named after S.P. Botkin DZM, Lenskaya Str., 28, Moscow, 129327, Russia, e-mail: naimann.a@mail.ru

Zharova Tatiana Albertovna, MD, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery at Sechenov University. 15 Vidnaya Street, Moscow, 129727, Russia, e-mail: zharova-mma@yandex.ru

Yavlieva Rosa Khazbulatovna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of the First Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), 6 Vavilova St., Moscow, 127136, Russia, e-mail: hazbulatovna@mail.ru

Yang Yanbin, Post-graduate student of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), e-mail: yanbin.yang@bk.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-53-62>

УДК 617.3

© Максимов Б.И., 2022

Оригинальная статья / Original article



РЕВЕРСИВНЫЕ ПЕРЕЛОМЫ БАРТОНА: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Б.И. МАКСИМОВ

ГБУЗ «Городская клиническая больница №29 имени Н.Э.Баумана» Департамента здравоохранения г. Москвы, Госпитальная пл. д.2, Москва, 111020, Россия

Резюме. Реверсивные переломы Бартоня занимают довольно широкую нишу в структуре внутрисуставных переломов дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЭЛК). Будучи крайне нестабильными повреждениями, эти переломы требуют осознанного подхода к выбору тактики лечения и по-прежнему являются актуальной темой для широкого обсуждения.

Целью работы является общая характеристика реверсивных переломов Бартоня, обзор тактических и технических аспектов лечения, а также анализ результатов остеосинтеза ДМЭЛК волярными пластинами с угловой стабильностью у пациентов с реверсивными переломами Бартоня.

Материал и методы: проанализированы результаты хирургического лечения 68 пациентов (41 женщина и 27 мужчин) с реверсивными переломами Бартоня, которым выполняли накостный остеосинтез волярными пластинами с угловой стабильностью винтов в период с 2017 по 2021 год. Средний возраст пациентов составил $41,7 \pm 5,3$ лет (от 33 лет до 51 года). В 40 случаях (58,8%) имел место перелом ДМЭЛК правого предплечья, в 28 (41,2%) – левого. Средний срок наблюдения за пациентами в послеоперационном периоде составил 22,9 недель, минимальный – 3 месяца.

Результаты: во всех случаях была достигнута консолидация перелома ДМЭЛК в сроки от 5 до 8 недель с момента операции. Ни в одном случае не было получено каких-либо осложнений хирургического вмешательства. Корректность консолидации переломов проводили путем оценки контрольных рентгенограмм, ориентируясь на основные параметры нормальной анатомии ДМЭЛК: ладонный наклон суставной фасетки лучевой кости, высота лучевой кости, а также инклинация лучевой кости. Итоговые результаты остеосинтеза реверсивных переломов Бартоня определяли исходя из динамических параметров пролеченных пациентов: сгибание/разгибание в лучезапястном суставе, супинация/пронация предплечья и сила хвата кисти, а также на основании анкетирования с применением опросника QuickDASH-9. Через 3 месяца результаты лечения 92,6% прооперированных пациентов были расценены как отличные, 7,4% – как хорошие и удовлетворительные.

Заключение. Лечение реверсивных переломов Бартоня является непростой задачей для травматологов-ортопедов и требует понимания, прежде всего, крайней нестабильности этих повреждений, диктующей необходимость однозначного тактического хода в сторону хирургического лечения этих переломов ДМЭЛК. Применение волярных пластин с угловой стабильностью винтов для накостного остеосинтеза реверсивных переломов Бартоня является оптимальным методом стабилизации, демонстрирующим прекрасные анатомические и функциональные результаты.

Ключевые слова: реверсивный перелом Бартоня, дистальный метаэпифиз лучевой кости, накостный остеосинтез, волярная пластина с угловой стабильностью

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Максимов Б.И., Реверсивные переломы Бартоня: общая характеристика повреждения, особенности и результаты хирургического лечения. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.53-62 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-53-62>

REVERSE BARTON'S FRACTURES: INJURY'S CHARACTERISTIC, FEATURES AND THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT

BORIS I. MAXIMOV

Moscow City Hospital #29 named after N.E. Bauman Department of health of Moscow city, Gospitalnaya sq. 2, Moscow, 111020, Russia

Abstract. Reverse Barton's fractures are very frequent type of intraarticular distal radius fractures. These fractures, being extremely unstable injury, require careful decision making concerning treatment strategy and continue to be an actual issue for general discussion.

The aim of the study is to describe reverse Barton's fractures in general, to review tactical and technical aspects of treatment and to analyze the results of volar locking plate fixation of these type of fractures.

Material and Methods. We analyzed 68 patients (41 female and 27 male) with reverse Barton's fractures treated in the period from 2017 to 2021 using volar locking plate fixation. The mean age was $41,7 \pm 5,3$ years (33-51 years). The right hand was involved in 40 (58,8%) patients, and the

left was involved in 28 (41,2%) cases. The patients were followed-up for a mean of 22,9 weeks after the surgery, with the minimal follow-up of 3 months.

Results. Primary union of distal radius was achieved within 5 to 8 weeks after the surgery in all cases. There were no perioperative complications. Consolidation's accuracy in terms of volar tilt, radial height and radial inclination as well as functional results (flexion/extension of the wrist, forearm's supination/pronation, grip strength and QuickDASH-9 score) were evaluated during follow-up period. After 3 months 92,6% of patients had an excellent results, 7,4% - good and satisfactory.

Conclusions. The treatment of reverse Barton's fractures is very difficult challenge for orthopedic surgeons. It is necessary to keep in mind – these fractures are extremely unstable, so that surgical treatment is the method of choice. Volar locking plating of reverse Barton's fractures seems to be the optimal option in terms of stable fixation with excellent anatomical and functional results.

Key words: reverse Barton's fracture, distal radius, plate osteosynthesis, volar locking plate

Funding: the study had no sponsorship

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Maximov B.I., Reverse Barton's fractures: injury's characteristic, features and the results of surgical treatment. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№2(48). pp.53-62 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-53-62>

Введение

Внутрисуставные переломы дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЭЛК) занимают значительную нишу в структуре переломов дистального отдела предплечья, составляя около 25% от их общего количества [1,2].

Характерной чертой данных повреждений являются вовлеченность суставной поверхности ДМЭЛК в линию перелома и, как правило, смещение костного отломка с частью суставного хряща, нарушающее конгруэнтность лучезапястного сустава [3]. Одним из вариантов таких травм является так называемый «срезающий» перелом ДМЭЛК или перелом Бартона, впервые описанный филадельфийским хирургом-ортопедом Джоном Бартоном в середине XIX века [4].

Стоит заметить, что в классической авторской трактовке под переломом Бартона подразумевали срезающий внутрисуставной перелом тыльной поверхности ДМЭЛК со смещением и вывихом в лучезапястном суставе. В дальнейшем в мировой литературе переломами Бартона стали называть как классические тыльные, так и ладонные срезающие внутрисуставные переломы ДМЭЛК, последние при этом стали именовать реверсивными [5]. Именно реверсивные переломы Бартона или, как еще их называют в профессиональном сообществе, «волярные переломы Бартона» являются сегодня доминирующим вариантом внутрисуставного срезающего перелома ДМЭЛК [6]. Эти переломы, будучи крайне нестабильными, закономерно вызывают дискуссии по части оптимального способа фиксации, однако в главном – в необходимости остеосинтеза – специалисты единодушны [7,8,9,10]. И хотя в литературе встречаются сообщения о различных вариантах открытой репозиции и внутренней фиксации переломов Бартона, остеосинтез при помощи волярных пластин с угловой стабильностью признается большинством автором, как эталонный способ лечения [8,11,12].

Целью работы является общая характеристика реверсивных переломов Бартона, обзор тактических и технических аспектов лечения, а также анализ результатов остеосинтеза

ДМЭЛК волярными пластинами с угловой стабильностью у пациентов с подобными травмами.

Материал и методы

В отделении травматологии и ортопедии ГКБ №29 имени Н.Э. Баумана в период с 2017 по 2021 год были прооперированы 114 пациентов с реверсивными переломами Бартона. Во всех случаях после открытой репозиции перелом фиксировали при помощи волярной пластины с угловой стабильностью винтов.

Учитывая ретроспективный характер исследования, для отбора пациентов, анализа и оценки результатов лечения были определены следующие критерии включения в исследуемую группу:

- закрытый характер перелома;
- изолированный перелом дистального отдела лучевой кости;
- срок с момента травмы не более 7 дней;
- минимальный срок наблюдения с момента операции – 3 месяца;
- согласие пациента.

Таким образом, в исследование были включены 68 пациентов с закрытыми изолированными реверсивными переломами Бартона.

Среди прооперированных больных были 41 женщина (60,3%) и 27 мужчин (39,7%). В 40 случаях имел место перелом ДМЭЛК правого предплечья, в 28 – левого. Все пострадавшие были лицами трудоспособного возраста (от 33 лет до 51 года), средний возраст пациентов на момент травмы составил $41,7 \pm 5,3$ лет. Во всех случаях перелом классифицировали как перелом типа II по классификации D.L. Fernandez et al. [13].

После выполнения анестезии места перелома, закрытой ручной репозиции и гипсовой иммобилизации, всех пациентов госпитализировал для последующего хирургического лечения, которое выполняли в течение 48-72 часов от момента обращения за медицинской помощью. Стоит заметить, что переломы данного типа являются крайне нестабильными, поэтому, даже

в случаях успешной ручной закрытой репозиции и получении соответствующих ей рентгенологических результатов при контрольной рентгенографии, необходимо рассматривать их, как гарантировано обреченные на вторичное смещение отломков при условии лечения пациентов в гипсовой повязке. Именно по этой причине всем пациентам нами был выполнен накостный остеосинтез ДМЭЛК волярными пластинами с угловой стабильностью винтов. Все операции выполняли под проводниковой анестезией, с блокадой плечевого сплетения и с обязательным использованием пневматического турникета.

Техника операции. Пациент располагается на спине, оперируемая верхняя конечность – на приставном рентген-прозрачном столике. Хирургические вмешательства осуществляли через стандартный ладонный доступ, популяризованный J. Orbay [14]: по ладонной поверхности дистального отдела предплечья в проекции сухожилия лучевого сгибателя кисти выполняли кожный разрез длиной до 5-6 см с последующей мобилизацией и ретракцией подлежащих сухожилий и мышц до достижения места перелома (рис. 1).



Рис. 1. Этапы выполнения ладонного хирургического доступа по Orbay

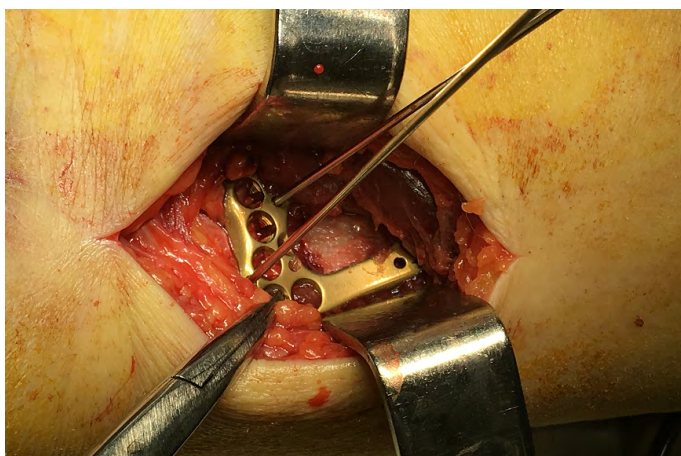


Рис. 2. Позиционирование и временная фиксация пластины спицами

Выполнив хирургический доступ, производили полноценную инспекцию места перелома и манипуляцию костными

отломками под контролем глаза. После репозиции перелома и проверки ее качества с использованием интраоперационного рентгенологического контроля, позиционировали волярную пластину и временно ее фиксировали спицами (рис. 2).

Убедившись в корректном положении пластины после ее временной фиксации, последовательно устанавливали винты и завершали остеосинтез (рис. 3), после чего послойно ушивали операционную рану.

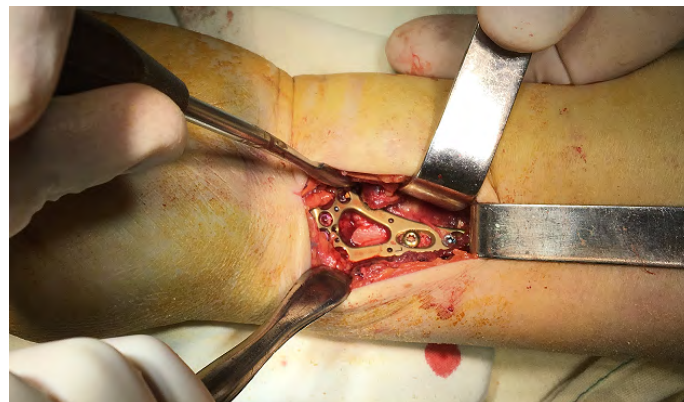


Рис. 3. Окончательный вид перелома, фиксированного пластиной

Здесь стоит остановиться на двух принципиальных технических аспектах остеосинтеза, отличающих реверсивные переломы Бартон от прочих внутрисуставных и внесуставных переломов ДМЭЛК, связанных с морфологией самого перелома и обусловленном этим смещением отломка суставной поверхности.

Технология установки современных волярных пластины, ее форма, полностью повторяющая нормальную анатомию дистального отдела лучевой кости, подразумевает первичную фиксацию пластины к дистальному отломку для максимально полного и плотного прилегания к кости и предотвращения ее выпирания в проекцию сухожилий сгибателей кисти и пальцев. Объяснение тут довольно краткое: прижать пластину к кости гораздо проще, чем притянуть кость к пластине. Последующее за этим заведение кортикальных диафизарных винтов одновременно с прижатием пластины к диафизарному участку лучевой кости приводит к выведению дистального фрагмента в корректное положение и восстановлению нормального ладонного наклона суставной фасетки ДМЭЛК. Такой подход является оптимальным для подавляющего большинства переломов ДМЭЛК, поскольку несет в себе элементы авторепозиции, обусловленные дизайном фиксатора и облегчающие работу хирургу (рис. 4).

На контрасте, реверсивные переломы Бартон, будучи частично внутрисуставными, характеризуются смещением клиновидной формы отломка ладонной поверхности ДМЭЛК, несущего значительную часть суставной поверхности. При этом противоположная часть суставной поверхности, как правило, остается целой и не теряет связь с диафизом лучевой кости (рис. 5).



Рис. 4. Авторепозиция перелома и восстановление ладонной инклинации при фиксации волярной пластины к диафизу лучевой кости

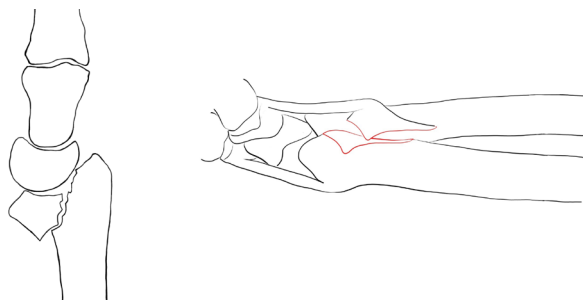


Рис. 5. Реверсивный перелом Бартона

В подобных случаях упование на авторепозицию перелома, заложенную особенностями конструкции применяемых фиксаторов, обречено на провал: винт, заведенный через пластину в ближайший к нему ладонный отломок и проникающий затем в противоположный тыльный фрагмент суставной фасетки ДМЭЛК, неразобщенный с диафизом лучевой кости, создаст невозможность последующего низведения хвоста пластины к диафизу лучевой кости без дополнительных ятрогенных разрушений в метаэпифизе и ухудшения положения костных отломков. Более того, первичное заведение блокирующих винтов в метаэпифиз лучевой кости может способствовать даже увеличению межфрагментарного пространства и разобщению отломков между собой (рис. 6).

Поэтому первым этапом в процессе остеосинтеза реверсивных переломов Бартона должна быть открытая анатомическая репозиция отломков и только после этого пластина, работая по принципу «опорной» (рис. 7), может быть фиксирована на кости. Причем при достижении репозиции и отсутствии

внутрисуставной «ступеньки», подтвержденных при помощи электронно-оптического преобразователя, последовательность заведения винтов (метаэпифиз-диафиз или наоборот) существенного значения уже играть не будет (рис. 8).

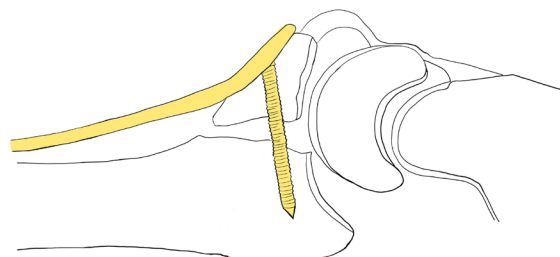


Рис. 6. Мальпозиция отломков ДМЭЛК при заведении винтов в нерепонированный реверсивный перелом Бартона и попытке диафизарной фиксации пластины



Рис. 7. Удержание репозиции реверсивного перелома Бартона за счет опорной функции пластины

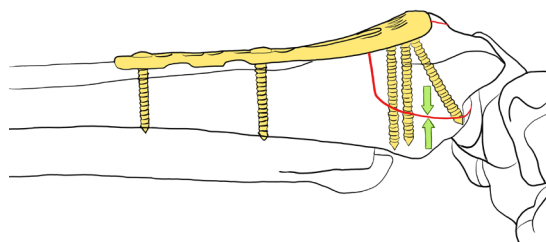


Рис. 8. Анатомическая репозиция и внутренняя фиксация реверсивного перелома Бартона

Результаты

Минимальный период наблюдения за пациентами после выполнения остеосинтеза ДМЭЛК по поводу реверсивного перелома Бартон составил 3 месяцев. У всех из них рентгенологические признаки консолидации перелома были получены в сроки от 5 до 8 недель после операции. Ни в одном случае не было получено каких-либо осложнений хирургического вмешательства. Корректность консолидации переломов проводили путем оценки контрольных рентгенограмм, ориентируясь на основные параметры нормальной анатомии ДМЭЛК: ладонный наклон суставной фасетки лучевой кости, высота лучевой кости, а также инклинация лучевой кости. Данные оценки основных статических параметров пролеченных пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изучаемый параметр		Показатели
Пол	М	27 (39,7%)
	Ж	41 (60,3%)
Возраст, лет		41,7±5,3
Срок с момента получения травмы, дней		3,8±1,6
Поврежденная конечность	правая	40 (58,8%)
	левая	28 (41,2%)
Тип перелома		тип II по классификации D.L.Fernandez (100%)
Срок консолидации перелома, недель		6,16±0,7
Ладонный наклон суставной фасетки лучевой кости, град		10,74±16,63
Высота лучевой кости, мм		11,25±2,87
Инклинация лучевой кости, град.		22,05±4,08



Диаграмма 1

Итоговые результаты остеосинтеза реверсивных переломов Бартон определяли исходя из динамических параметров про-

леченных пациентов: сгибание/разгибание в лучезапястном суставе, супинация/пронация предплечья и сила хвата кисти, а также на основании анкетирования их с применением опросника QuickDASH-9.

Через 3 месяца результаты лечения 92,6% прооперированных пациентов были расценены как отличные, 7,4% - как хорошие и удовлетворительные (диаграмма 1).



Рис. 9. Реверсивный перелом Бартон. Рентгенография и компьютерная томография левого лучезапястного сустава до операции

Клинический пример

Пациентка О., 37 лет, после падения на улице поступила в травматологическое отделение ГKB №29 имени Н.Э. Баумана с жалобами на боль и внешнюю деформацию области левого лучезапястного сустава. После выполнения ей рентгенологического исследования и компьютерной томографии левого лучезапястного сустава был установлен диагноз: закрытый перелом ДМЭЛК левого предплечья со смещением отломков (тип II по классификации Fernandez, реверсивный перелом Бартон) (рис.9).

Через 3 суток от момента получения травмы была выполнена операция – открытая репозиция, накостный остеосинтез ДМЭЛК левого предплечья волярной пластиной с угловой стабильностью. Нормальная анатомия ДМЭЛК восстановлена полностью (рис.10).

Через 1,5 месяца после операции отмечается полное восстановление функции в лучезапястном суставе и предплечье (рис.11).

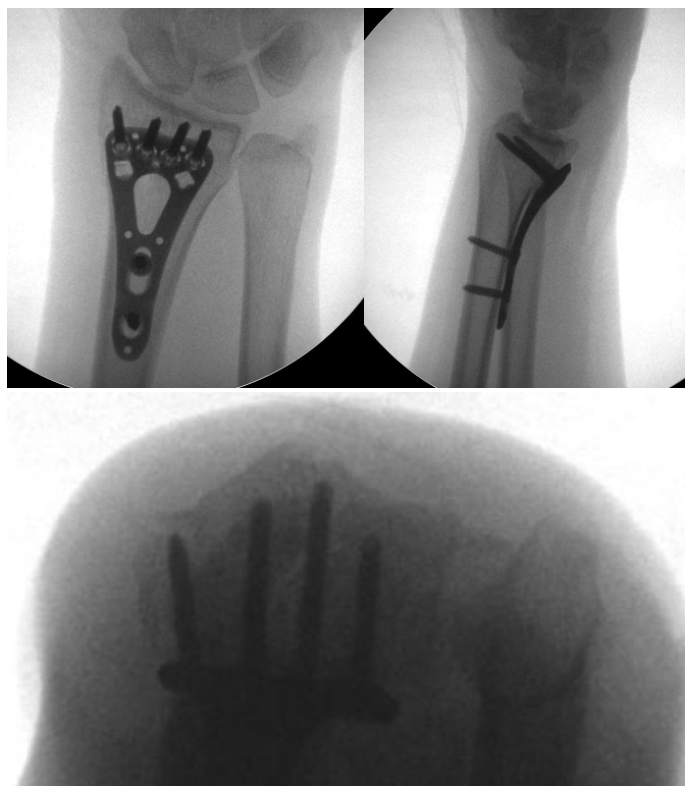


Рис. 10. Рентгенография левого лучезапястного сустава в трех проекциях после накостного остеосинтеза реверсивного перелома Бартон волярной пластиной с угловой стабильностью

Обсуждение

Переломы ДМЭЛК относятся к очень частым повреждениям верхней конечности и составляют около 20% всех переломов костей скелета у взрослого человека [15,16,17,18,19,20].

Эти травмы представляют в настоящее время и серьезную медико-социальную проблему, поскольку при неправильном и несвоевременном лечении могут становиться причиной значительных функциональных нарушений [21].

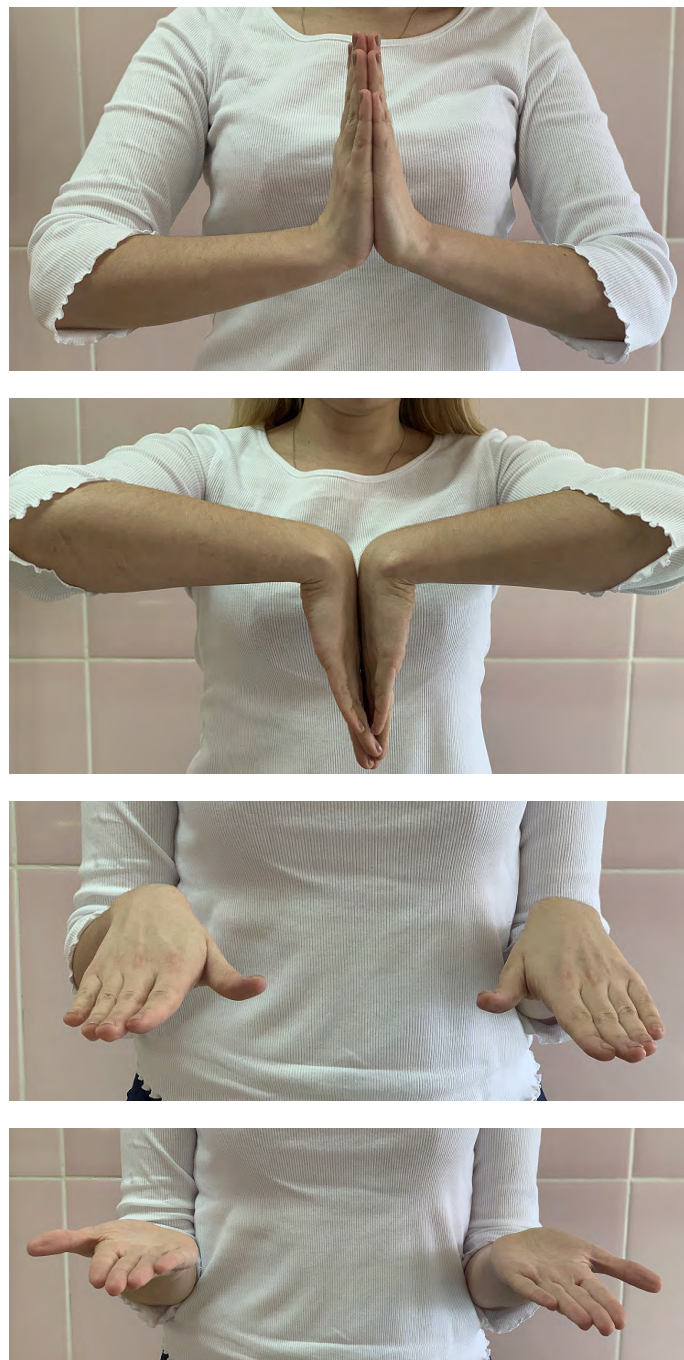


Рис. 11. Функциональный результат через 1,5 месяца после операции

Особое место в структуре переломов ДМЭЛК занимают внутрисуставные переломы, составляющие около 25% от их общего количества [1,2,22].

Актуальность лечения таких повреждений определяется вовлеченностью суставной поверхности ДМЭЛК в линию перелома и сопутствующим этому смещением костного отломка с частью суставного хряща, нарушающим конгруэнтность лучезапястного сустава и определяющим последующее нарушение нормальной кинематики в нем [3,24,25]. Все это при условии сохранения внутрисуставного смещения отломков и отсутствии должной репозиции закономерно приводит к неправильному их сращению, нейропатии срединного нерва, развитию посттравматического артроза и потере функции лучезапястного сустава [23,24,26,27]. Одними из нередких вариантов таких переломов являются переломы Бартона, носящие имя филаделфийского хирурга-ортопеда Джона Бартона, впервые их описавшего в середине XIX века [4], среди которых особой частотой встречаемости выделяются реверсивные, или ладонные, переломы Бартона [6,8,28], отличающиеся крайней нестабильностью [7,29,30,31]. Последнее, к слову, определяет и единственный верный тактический подход к лечению подобных переломов – открытую репозицию и внутреннюю фиксацию отломков [8,10,12,27].

Несмотря на то, что реверсивные переломы Бартона в классическом варианте представляют собой частично внутрисуставной, срезающий перелом только ладонной части ДМЭЛК, несущей суставную поверхность лучезапястного сустава и сопровождающейся его смещением, обуславливающим проксимальный и ладонный подвывих кисти, в последнее время появляются сообщения и о реверсивных переломах Бартона с полным суставным повреждением. Так M. Daly с соавт. в своей работе описывают реверсивный перелом Бартона с сопутствующим переломом тыльного кортикального слоя ДМЭЛК. При этом авторы отмечают дополнительные трудности не только в лечении таких переломов, но и их диагностики – стандартная рентгенография не всегда убедительна [32].

Интересные данные приводят Н. Jung с соавт. – учитывая детерминированную хирургическую тактику лечения пациентов с реверсивными переломами Бартона, нет необходимости добиваться анатомичной закрытой ручной репозиции перелома, хотя грубое смещение, при его наличии, должно быть устранено [33].

Оптимальным и наиболее эффективным способом внутренней фиксации реверсивных переломов Бартона большинством специалистов признается остеосинтез при помощи волярных пластин с угловой стабильностью [7,8,10,11,12,34,35], позволяющий выполнять не только анатомичную репозицию суставной поверхности ДМЭЛК и ее стабильную фиксацию, но и обеспечивающий максимально раннюю мобилизацию лучезапястного сустава и предплечья [36,37,38,39,40]. Тем не менее, метод не является панацеей и в ряде случаев может сопровождаться потерей первичной репозиции и стабильности, достигнутых в процессе остеосинтеза, и приводить к остаточному подвывиху кисти, болевому синдрому, ограничению движения в лучезапястном суставе, а также развитию посттравматического артроза в нем [19,41,42,43,44]. По данным ряда авторов, частота подобных осложнений может достигать 13% [24,45,46,47].

К сожалению, в отечественной литературе сообщения, раскрывающие суть и принципиальные отличия в подходе к классификации и лечению реверсивных переломов Бартона отсутствуют, между тем, как проблема эта более, чем актуальна. Все это и побудило к освещению данной тематики для практического руководства, особенно начинающих свой профессиональный путь, травматологов-ортопедов.

Результаты, полученные нами в процессе лечения пациентов с реверсивными переломами Бартона с использованием волярных пластин с угловой стабильностью, выглядят обнадеживающе. Стоит отметить, что у всех, прооперированных пациентов, наступила консолидация перелома в приемлемые сроки. Ни в одном случае не было получено каких-либо осложнений хирургического вмешательства. Через 3 месяца результаты лечения 92,6% прооперированных пациентов были расценены как отличные, 7,4% – как хорошие и удовлетворительные, что сопоставимо с имеющимися литературными данными [6,10,23,27,48,49].

Заключение

Реверсивные переломы Бартона являются доминирующим вариантом внутрисуставного срезающего перелома ДМЭЛК. Будучи крайне нестабильными, эти переломы обречены на вторичное смещение отломков в гипсовой повязке, даже в случаях успешной первичной ручной закрытой репозиции, и должны рассматриваться как повреждения со строгими показаниями к погружной фиксации.

Накостный остеосинтез при помощи волярных пластин с угловой стабильностью является эталонным способом лечения пациентов с реверсивными переломами Бартона, позволяющим добиваться анатомичной репозиции и стабильной внутренней фиксации, однако, требующим соблюдения определенной техники и последовательности действий, отличных традиционно используемым при остеосинтезе внесуставных и прочих внутрисуставных переломов ДМЭЛК.

Понимание, а главное, следование этим правилам позволяет не только достигать консолидации перелома в корректном положении и добиваться отличных функциональных результатов в лечении пациентов с реверсивными переломами Бартона, но и свести к минимуму риск осложнений, в большинстве случаев обусловленных тактическими и техническими ошибками.

Список литературы / References:

1. Ahmed, M., Ahmed, N., Kumar, S., Kumar, M., Bux, M., Hussain, G. Functional outcome of intraarticular fracture of distal radius managed by volar locking plate. *Cureus*. 2020 Oct 31;12(10): e11271. doi: 10.7759/cureus.11271.
2. Jung, H.S., Cho, H.C., Lee, J.S. Combined approach for intra-articular distal radius fractures: a case series and literature review. *Clin Orthop Surg*. 2021 Dec;13(4):529-538. doi:10.4055/cios20291.

3. Brogren, E., Petranek, M., Atroshi, I. Incidence and characteristics of distal radius fractures in a southern Swedish region. *BMC MusculoskeletDisord.* 2007;8:48. doi: 10.1186/1471-2474-8-48.
4. Szymanski, J.A., Reeves, R.A., Carter, K.R. Barton's Fracture. 2022 Jan 21. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 29763081.Excerpt
5. Mehara, A.K., Rastogi, S., Bhan, S., Dave, P.K. Classification and treatment of volar Barton fractures. *Injury.* 1993;24(1):55-59. doi:10.1016/0020-1383(93)90085-K.
6. Li, S.L., Li, A., Cui, P., Zhang, Y.Z. Epidemic characteristics of adult Barton's fractures between Western and Eastern of China from 2010 to 2011. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2019 Jan 1;99(1):62-66. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.01.014.
7. Jordan, R.W., Naeem, R., Jadoon, S., Srinivas, K., Shyamalan, G. The value of manipulation of displaced distal radius fractures in the emergency department. *Acta Orthop Belg.* 2016. Aug; 82(2):203-209.
8. Aggarwal, A.K., Nagi, O.N. Open reduction and internal fixation of volar Barton's fractures: a prospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2004;12:230-4. doi:10.1177/230949900401200218.
9. Chen, H.Q., Wen, X.L., Li, Y.M., Wen, C.Y. Case-control study on T-shaped locking internal fixation and external fixation for the treatment of dorsal Barton's fracture. *Zhongguo Gu Shang.* 2015 Jun;28(6):517-20.
10. Tang, Z., Yang, H., Chen, K., Wang, G., Zhu, X., Qian, Z. Therapeutic effects of volar anatomical plates versus locking plates for volar Barton's fractures. *Orthopedics.* 2012 Aug 1;35(8): e1198-203. doi: 10.3928/01477447-20120725-19.
11. Егизарян К.А., Максимов Б.И., Аскеров А.А., Ведерников Н.Н., Матвиенко М.И. Лечение переломов дистального метаэпифиза лучевой кости с использованием малоинвазивного накостного остеосинтеза и перкутанной спицевой фиксации: сравнительный анализ результатов // *Травматология и ортопедия России.* - 2021. - Т.27. - №4. - С. 31-41. [Egiazaryan K.A., Maximov B.I., Askerov A.A., Vedernikov N.N., Matvienko M.I. Functional and radiographic Outcomes for Distal Radius Fractures Treated with Volar-Locked Plates and Percutaneous K-Wires: A Comparative Study // *Traumatology and Orthopedics of Russia.* - 2021. - Vol. 27. - N. 4. - P. 31-41. (In Russ)]. doi: 10.21823/2311-2905-1696.
12. Хоминец В.В., Ткаченко М.В., Иванов В.С., Жогина М.А., Лисин С.В., Мышкин И.А. Современные тенденции в диагностике и хирургическом лечении переломов дистального метаэпифиза лучевой кости (научный обзор). // *Профилактическая и клиническая медицина.* 2020; 2(75):33-44. [Khominecs V.V., Tkachenko M.V., Ivanov V.S., Zhogina M.A., Lisin S.V., Myshkin I.A. Current trends in the diagnosis and surgical treatment of the distal radius fractures (review). *Preventive and clinical medicine.* 2020; 2(75):33-44 (In Russ)].
13. Fernandez, D.L., Jupiter, J.B. Fractures of the distal radius// *New York: Springer-Verlag*;1996. doi: 10.1007/978-1-4684-0478-4.
14. Orbay, J.L., Fernandez, D.L. Volar fixation of dorsally displaced fractures of the distal radius: a preliminary report. *J Hand Surg.* 2002;27A:205-215. doi: 10.1053/jhsu.2002.32081.
15. Vaghela, K.R., Velazquez-Pimentel, D., Ahluwalia, A.K., Choraria, A., Hunter, A. Distal radius fractures: an evidence-based approach to assessment and management. *Br J Hosp Med (Lond).* 2020 Jun 2;81(6):1-8. doi: 10.12968/hmed.2020.0006.
16. Gou, Q., Xiong, X., Cao, D., He, Y., Li, X. Volar locking plate versus external fixation for unstable distal radius fractures: a systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *BMC MusculoskeletDisord.* 2021 May 12;22(1):433. doi: 10.1186/s12891-021-04312-7.
17. Максимов Б.И. Минимально инвазивный накостный остеосинтез дистального метаэпифиза лучевой кости: есть ли преимущества перед стандартной техникой? // *Травматология и ортопедия России.* 2020;(1):76-84. [Maximov B.I. Minimally invasive plate osteosynthesis for distal radius fractures: are there any advantages against conventional technique? *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2020;(1):76-84. (In Russian)]. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-76-84.
18. Поликарпов А.В., Кашанский Ю.Б., Кондратьев И.П., Цапенко В.О. Результаты хирургического лечения нестабильных переломов костей дистального отдела предплечья в метаэпифизарной зоне. *Кафедра травматологии и ортопедии.* - 2021. - №4(46). - С.13-16. doi:10.17238/2226-2016-2021-4-13-16.
19. Mehrzad, R., Kim, D.C. Complication Rate Comparing Variable Angle Distal Locking Plate to Fixed Angle Plate Fixation of Distal Radius Fractures. *Ann Plast Surg.* 2016 Dec;77(6):623-625. doi: 10.1097/SAP.0000000000000850.
20. Knežević, J., Kodvanj, J., Čukelj, F., Pamuković, F., Pavić, A. A biomechanical comparison of four fixed-angle dorsal plates in a finite element model of dorsally-unstable radius fracture. *Injury.* 2017 Nov;48 Suppl5:S41-S46. doi: 10.1016/S0020-1383(17)30738-6.
21. O'Neill, T.W., Cooper, C., Finn, J.D., Lunt, M., Purdie, D., Reid, D.M., Rowe, R., Woolf, A.D., Wallace, W.A. UK Colles' Fracture Study Group. Incidence of distal forearm fracture in British men and women. *Osteoporos Int.* 2001;12(7):555-8. doi: 10.1007/s001980170076.
22. Meena, S., Sharma, P., Sambharia, A.K., Dawar, A. Fractures of distal radius: an overview. *J Family Med Prim Care.* 2014 Oct-Dec;3(4):325-32. doi: 10.4103/2249-4863.148101.
23. Shaw, R., Mandal, A., Mukherjee, K.S., Pandey, P.K., Shaw, R. An evaluation of operative management of displaced volar Barton's fractures using volar locking plate. *J. Indian Med. Assoc.* 2012;110:782-784.
24. Souer, J.S., Ring, D., Jupiter, J.B., Matschke, S., Audige, L., Marient-Huber, M.; AOCID Prospective ORIF Distal Radius Study Group. Comparison of AO Type-B and Type-C volar shearing fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Nov;91(11):2605-11. doi: 10.2106/JBJS.H.01479.
25. Marciano, A., Taormina, D.P., Karia, R., Paksima, N., Posner, M., Egol, K.A. Displaced intra-articular fractures involving the volar rim of the distal radius. *J Hand Surg Am.* 2015;40:42-48.
26. Cognet, J.M., Mares, O. Distal radius malunion in adults. *OrthopTraumatol Surg Res.* 2021 Feb;107(1S):102755. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102755.
27. Liao, Q.D., Zhong, D., Yin, K., Li, R.J., Li, K.H. [Internal fixation with T type titanium plate for volar Barton's fracture]. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2008 Jan;33(1):74-7. Chinese.

28. Lu, Y., Li, S., Wang, M. A classification and grading system for Barton fractures. *Int Orthop*. 2016 Aug;40(8):1725-1734. doi: 10.1007/s00264-015-3034-x.
29. Caldwell, R.A., Shorten, P.L., Morrell, N.T. Common Upper Extremity Fracture Eponyms: A Look Into What They Really Mean. *J Hand Surg Am*. 2019 Apr;44(4):331-334. doi: 10.1016/j.jhsa.2018.07.012.
30. Walenkamp, M.M., Vos, L.M., Strackee, S.D., Goslings, J.C., Schep, N.W. The Unstable Distal Radius Fracture-How Do We Define It? A Systematic Review. *J Wrist Surg*. 2015 Nov;4(4):307-16. doi: 10.1055/s-0035-1556860.
31. Wæver, D., Madsen, M.L., Rölfing, J.H.D., Borris, L.C., Henriksen, M., Nagel, L.L., Thorninger, R. Distal radius fractures are difficult to classify. *Injury*. 2018 Jun;49 Suppl 1:S29-S32. doi: 10.1016/S0020-1383(18)30299-7.
32. Daly, M.C., Horst, T.A., Mudgal, C.S. Dorsal Cortical Breaks in Volar Barton Distal Radius Fractures. *Hand (N Y)*. 2021 May;16(3):303-309. doi: 10.1177/1558944719862644.
33. Jung, H.S., Chun, K.J., Kim, J.Y., Lee, J.S. Necessity of acceptable radiologic alignment by preoperative closed reduction for unstable distal radius fractures treated with volar locking plates. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021 Dec;47(6):1881-1887. doi: 10.1007/s00068-020-01322-3.
34. Salibian, A.A., Bruckman, K.C., Bekisz, J.M., Mirrer, J., Thanik, V.D., Hacquebord, J.H. Management of Unstable Distal Radius Fractures: A Survey of Hand Surgeons. *J Wrist Surg*. 2019 Aug;8(4):335-343. doi: 10.1055/s-0038-1675792.
35. Izawa, Y., Tsuchida, Y., Futamura, K., Ochi, H., Baba, T. Plate coverage predicts failure for volarly unstable distal radius fractures with volar lunate facet fragments. *SICOT J*. 2020;6:29. doi: 10.1051/sicotj/2020026.
36. Koh, S., Morris, R.P., Patterson, R.M., Kearney, J.P., Buford, W.L. Jr, Viegas, S.F. Volar fixation for dorsally angulated extra-articular fractures of the distal radius: a biomechanical study. *J Hand Surg Am*. 2006 May-Jun;31(5):771-9. doi: 10.1016/j.jhsa.2006.02.015.
37. Leixnering, M., Rosenauer, R., Pezzei, C., Jurkowitsch, J., Beer, T., Keuchel, T., Simon, D., Hausner, T., Quaddlbauer, S. Indications, surgical approach, reduction, and stabilization techniques of distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020 May;140(5):611-621. doi: 10.1007/s00402-020-03365-y.
38. Heidgerd, R., Morgan, J., Schentrup, D. Evaluation of Functional Outcomes for Adult Patients After Distal Radius Fracture Treated With Volar Plate Fixation Versus Nonsurgical Care. *J Trauma Nurs*. 2019 Jan/Feb;26(1):59-64. doi: 10.1097/JTN.0000000000000416.
39. Quaddlbauer, S., Pezzei, C., Jurkowitsch, J., Kolmayr, B., Keuchel, T., Simon, D., Hausner, T., Leixnering, M. Early Rehabilitation of Distal Radius Fractures Stabilized by Volar Locking Plate: A Prospective Randomized Pilot Study. *J Wrist Surg*. 2017 May;6(2):102-112. doi: 10.1055/s-0036-1587317.
40. Quaddlbauer, S., Pezzei, C., Jurkowitsch, J., Rosenauer, R., Pichler, A., Schättin, S., Hausner, T., Leixnering, M. Functional and radiological outcome of distal radius fractures stabilized by volar-locking plate with a minimum follow-up of 1 year. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020 Jun;140(6):843-852. doi: 10.1007/s00402-020-03411-9.
41. Quaddlbauer, S., Pezzei, C., Jurkowitsch, J., Rosenauer, R., Pichler, A., Schättin, S., Hausner, T., Leixnering, M. Early complications and radiological outcome after distal radius fractures stabilized by volar angular stable locking plate. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018 Dec;138(12):1773-1782. doi: 10.1007/s00402-018-3051-5.
42. Rosenauer, R., Pezzei, C., Quaddlbauer, S., Keuchel, T., Jurkowitsch, J., Hausner, T., Leixnering M. Complications after operatively treated distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020 May;140(5):665-673. doi: 10.1007/s00402-020-03372-z.
43. Harness, N., Ring, D., Jupiter, J.B. Volar Barton's fractures with concomitant dorsal fracture in older patients. *J Hand Surg Am*. 2004 May;29(3):439-45. doi: 10.1016/j.jhsa.2003.12.009.
44. Harness, N.G., Jupiter, J.B., Orbay, J.L., Raskin, K.B., Fernandez, D.L. Loss of fixation of the volar lunate facet fragment in fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am*. 2004 Sep;86(9):1900-8. doi: 10.2106/00004623-200409000-00007.
45. Beck, J.D., Harness, N.G., Spencer, H.T. Volar plate fixation failure for volar shearing distal radius fractures with small lunate facet fragments. *J Hand Surg Am*. 2014 Apr;39(4):670-8. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.01.006.
46. O'Shaughnessy, M.A., Shin, A.Y., Kakar, S. Stabilization of Volar Ulnar Rim Fractures of the Distal Radius: Current Techniques and Review of the Literature. *J Wrist Surg*. 2016 May;5(2):113-9. doi: 10.1055/s-0036-1579549.
47. Huang, Y.M., Chen, C.Y., Lin, K.C., Tarng, Y.W., Liao, C.Y., Chang, W.N. Functional outcomes following fixation of a marginal distal radius fracture with two commonly used volar locking plates: a retrospective cohort study. *BMC MusculoskeletDisord*. 2022 Jan 3;23(1):18. doi: 10.1186/s12891-021-04984-1.
48. Dai, M.H., Wu, C.C., Liu, H.T., Wang, I.C., Yu, C.M., Wang, K.C., Chen, C.H., Jung, C.H. Treatment of volar Barton's fractures: comparison between two common surgical techniques. *Chang Gung Med J*. 2006 Jul-Aug;29(4):388-94.
49. Sugiyama, Y., Naito, K., Obata, H., Kinoshita, M., Aritomi, K., Kaneko, K., Obayashi, O. Devising for a distal radius fracture fixation focus on the intra-articular volar dislocated fragment. *Ann Med Surg (Lond)*. 2016 Apr 14;8:1-5. doi: 10.1016/j.amsu.2016.04.003.

Информация об авторах:

Максимов Борис Игоревич – к.м.н., заведующий отделением травматологии и ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница №29 имени Н.Э. Баумана» Департамента здравоохранения г. Москвы, Госпитальная пл. д. 2, Москва, 111020, Россия. E-mail: dr.borismaximov@gmail.com

Information about authors:

Boris I. Maximov - Cand. Sci. (Med.), Head of the Trauma Department of Moscow City Hospital #29 named after N.E. Bauman, Hospital-naya sq. 2, Moscow, 111020, Russia. E-mail: dr.borismaximov@gmail.com

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-62-68>

УДК 617.3

© Маннанов А.М., Загородний Н.В., Макинян Л.Г., Ауде Ф.С., Молдамырзаев Ч.К.,
Абу Заалан В.М., 2022

Оригинальная статья / Original article



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БРАХИМЕТАТАРЗИИ ПУТЕМ ОДНОМОМЕНТНОГО УДЛИНЕНИЯ ПЛЮСНЕВОЙ КОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АУТОТРАНСПЛАНТАТА ИЗ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ СТОПЫ

А.М. МАННАНОВ¹, Н.В. ЗАГОРОДНИЙ¹, Л.Г. МАКИНЯН¹, Ф.С. АУДЕ¹, Ч.К. МОЛДАМЫРЗАЕВ¹,
В.М. АБУ ЗААЛАН¹

¹ Кафедра травматологии и ортопедии, Медицинского института, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, 117198, ул. Миклухо-Маклая, 6, Россия

Аннотация

Введение. Брахиметатарзия - редкое заболевание, представляющее собой порок развития, характеризующийся аномально короткой плюсневой костью ввиду преждевременного закрытия эпифизарной ростковой зоны.

Цель исследования: внедрить в хирургическую практику метод одномоментного удлинения плюсневых костей с использованием аутоотрансплантата из трубчатых костей стопы.

Материалы и методы. В данной статье описан метод одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутоотрансплантата в лечении пациентов с брахиметатарзией. Большинство описанных в мире методов лечения брахиметатарзии – это лечение пациентов путем дистракционного удлинения плюсневых костей с использованием внешних фиксаторов. Единичные случаи одномоментного удлинения плюсневых костей, описанные в различных источниках, не позволяют нам полноценно оценить достоинство этих методик.

Результаты. Нами было прооперировано 27 пациентов (35 стоп) с брахиметатарзией, оценка результатов которых была проведена с помощью шкал общего эстетического улучшения. Представленные в статье результаты исследования позволяют говорить о преимуществе данной методики над альтернативными методами лечения.

Выводы. Нам удалось значительно сократить сроки лечения пациентов, достигнув ожидаемых эстетических результатов.

Ключевые слова: брахиметатарзия; удлинение плюсневых костей; аутоотрансплантат; врожденные деформации; одномоментное удлинение.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Маннанов А.М., Загородний Н.В., Макинян Л.Г., Ауде Ф.С., Молдамырзаев Ч.К., Абу Заалан В.М., Хирургическое лечение брахиметатарзии путем одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутоотрансплантата из трубчатых костей стопы. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.62-68 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-62-68>

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

SURGICAL TREATMENT OF BRACHYMETATARSIA BY ONE-STAGE LENGTHENING OF THE METATARSAL BONE USING AN AUTOGRAFT FROM TUBULAR BONES OF THE FOOT

ALBERT M. MANNANOV¹, NIKOLAY V. ZAGORODNIY¹, LEVON G. MAKINYAN¹, FADI S. AUDE¹,
CHYNGIS K. MOLDAMYRZAEV¹, ABU ZAALAN WESSAM MUSSA¹

¹ Department of Traumatology and Orthopedics, «Peoples' Friendship University of Russia», Moscow, 117198, Russia

Abstract

Brachymetatarsia is a rare disease, which is a malformation characterized by an abnormally short metatarsal bone due to premature closure of the epiphyseal growth zone.

Objective: to introduce into surgical practice the method of one-stage lengthening of the metatarsal bones using an autograft from the tubular bones of the foot.

Materials and methods. This article describes the method of one-stage lengthening of the metatarsal bone using an autograft in the treatment of patients with brachymetatarsia. Most of the methods described in the world for the treatment of brachymetatarsia are the treatment of patients by distraction lengthening of the metatarsal bones using external fixators. Isolated cases of one-stage lengthening of the metatarsal bones, described in various sources, do not allow us to fully appreciate the dignity of this technique.

Results. We operated on 27 patients with brachymetatarsia, the results of which were evaluated using scales of general aesthetic improvement. The results of the study presented in the article allow us to speak about the advantage of this technique over alternative methods of treatment.

Conclusion. We managed to significantly reduce the treatment time for patients, achieving the expected aesthetic results.

Keywords: brachymetatarsia; metatarsal lengthening; autograft; congenital deformities; one-stage lengthening.

Funding: the study had no sponsorship

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Mannanov A.M., Zagorodniy N.V., Makinyan L.G., Aude F.S., Moldamyrzaev C.K., Abu Zaalán W.M., Surgical treatment of brachymetatarsia by one-stage lengthening of the metatarsal bone using an autograft from tubular bones of the foot. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №2(48). pp.62-68 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-62-68>

Введение

Брахиметатарзия, или гипоплазия плюсневой кости, является редким заболеванием, характеризующимся аномально короткой плюсневой костью. Происходит это из-за преждевременного закрытия ростковой пластинки, которое чаще всего затрагивает четвертую плюсневую кость. Патология часто выявляется через несколько лет после рождения и обычно проявляется в детстве до четырнадцати лет, когда пластинка роста плюсневой кости окончательно закрывается [14]. К 10 годам укорочение плюсневой кости может составлять 15—45 % от длины луча [2].

Согласно статистике существующие эпидемиологические данные о патологии изменчивы, а частота ее возникновения невысока и составляет от 0,02 % до 0,05 % [1].

По патогенезу выделяют три типа брахиметатарзии: идиопатическую врожденную, врожденную в составе синдромов (синдром Аарскога, синдром Аперта Брахиодактилия тип E, синдром Карпентера, синдром Де Ланге, синдром Дауна, гипохондроплазия, синдром Хайду-Чейни, синдром Киллиана, синдром Лангера-Гидиона, дисхондростеоз Лери-Вейля, синдром полидактилии Мора, синдром множественного синостоза, синдром Пфайффера, синдром Ретта, синдром Робинова, синдром Ротмунда-Томсона, синдром Рувалькабы, синдром Сэтре-Чотцена, синдром Тайби, синдром Тернера, синдром Вейля-Марчезани, синдром Вернера, псевдогипопаратиреоз, множественная эпифизарная дисплазия, ахондроплазия, ахродизостоз, акромесомелическая дисплазия, гелеофизическая) и приобретенную [3—9].

Большинство случаев брахиметатарзии, опубликованных в литературе, соответствуют случаям идиопатических врожденных причин, хотя также сообщалось о врожденных случаях, связанных с различными заболеваниями или синдромами. В меньшей степени сообщалось о случаях брахиметатарзии, вызванной травмой, опухолью, инфекциями или ятрогенными состояниями [6,7,9].

Фактор, вызывающий преждевременное закрытие пластинки роста, неизвестен, хотя в настоящее время наиболее подтверж-

денная этиология связана с наличием генетических маркеров. Эта гипотеза подтверждается тем фактом, что эмбриональное разделение мембраны между вторым и третьим пальцами стопы происходит в последнюю очередь и, что четвертая и пятая плюсневые кости также являются последними, которые начинают развитие на стадии плода. Деформация начинается в эмбриональном периоде и продолжается во время развития организма, вызывая замедление роста плюсневой кости на протяжении всего ее морфогенеза [13].

Проблемы, возникающие из-за этого состояния, включают в себя боль, трудности с подбором обуви и косметические дефекты. В период полового созревания это часто приводит к искажению восприятия своего тела, что иногда может иметь психологические последствия [10].

Лечение данной патологии может быть как консервативным, включающим в себя различного рода протезы, так и хирургическим.

Хирургическое лечение брахиметатарзии — задача достаточно непростая как в техническом плане, так и в правильном выстраивании терапевтического сотрудничества с пациентом.

Наиболее часто используемыми хирургическими методами являются одномоментное удлинение с использованием аллогraftа и дистракционное удлинение с применением внешних фиксаторов [15,16,19].

В рамках одномоментного удлинения плюсневой кости найдены методики с использованием различных graftов: костный аутоотрансплантат из различных локаций, как на стопе [11], так и из малоберцовой кости [12], и гребня подвздошной кости [18]. Также существуют работы с применением аллогraftов и трансплантата из гидроксиапатита [20].

Статей, отражающих дистракционную методику [15,16,17,19], найдено на порядок больше, что отражает достаточный опыт применения этой технологии в лечении брахиметатарзии.

Цель исследования — улучшение результатов лечения пациентов с брахиметатарзией путем внедрения в хирургическую практику метода одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутоотрансплантата из трубчатых костей стопы.

Настоящее исследование представляет собой обзор метода хирургического лечения. Мы полагаем, что предложенный нами метод позволит достичь эффективных клинических и функциональных результатов в более короткие сроки, предложенными альтернативными хирургическими методами лечения.

Материалы и методы

Проведено открытое, нерандомизированное, ретроспективное исследование в группе пациентов. В исследование было включено 27 пациентов с брахиметатарзией.

Основную группу пациентов составляли женщины в возрасте от 18 до 35 лет с односторонним и двусторонним типом патологии, фото представлены на рисунках 1 и 2, в частоте 3:1 к двусторонней брахиметатарзии. В основную группу исследования вошли 20 пациентов.

Контрольная группа пациентов представлена женщинами в возрасте от 18 до 35 лет с преимущественно односторонним типом патологии, в лечении которых использовался метод дистракционного удлинения с применением внешних фиксаторов. В контрольную группу вошли 7 пациентов.

Все пациенты основной группы исследования были прооперированы на базе городской клинической больницы № 13 г. Москвы путем одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутооттрансплантата из трубчатых костей стопы в период с сентября 2019 года по ноябрь 2021 года.

Критерии включения пациентов: пациенты в возрасте от 18 лет с жалобами на дискомфорт при подборе обуви, а также косметическими дефектами, вызывающими психологический дискомфорт.



Рис. 1 Пациент 25 лет с брахиметатарзией IV луча левой стопы

Всем пациентам производилось предоперационное стандартное лабораторно-инструментальное обследование с целью

исключения противопоказаний к хирургическому вмешательству.

Пациенты анкетированы по шкалам общего эстетического улучшения (Global Aesthetic Improvement Scale — GAIS), ВАШ.

С целью оценки клинических результатов пациентам выполнялся послеоперационный рентгенологический контроль на первые послеоперационные сутки, спустя 3 месяца после операции и спустя год после операции.

Все операции выполнялись под рентгенологическим контролем мобильной рентгенологической системы с С-дугой OEC Elite MiniView.

В лечении патологии нами был использован метод одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутооттрансплантата из трубчатых костей стопы:

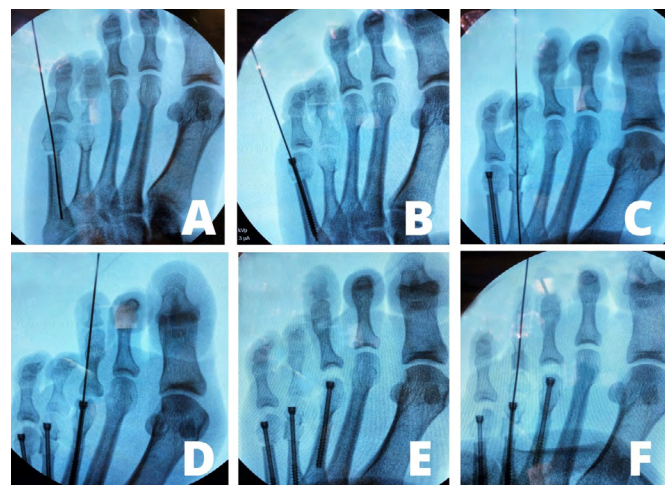


Рис. 2 А, остеотомия V плюсневой кости с выделением сегмента. В, фиксация диафиза V плюсневой кости винтом Герберта. С, имплантация аутооттрансплантата в диафиз IV плюсневой кости. D, фиксация диафиза III плюсневой кости винтом Герберта. E, F, контрольные снимки.

Шаг 1. Через боковой доступ в проекции дистального отдела V плюсневой кости на границе дистальной и средней трети выполняется остеотомия с выделением сегмента диафиза V плюсневой кости. Сегмент, представленный на рисунке 3, помещается в стерильный физиологический раствор.

Шаг 2. Через головку V плюсневой кости антеградно по спице-проводнику устанавливается винт. Выполняется фиксация сегментов V плюсневой кости (рис.2 A,B).

Шаг 3. Через дистальный тыльный доступ в проекции диафиза IV плюсневой кости выделяется сухожилие длинного разгибателя IV пальца стопы. Сухожилие Z-образное рассечено с целью дальнейшего удлинения.

Шаг 4. Выполняется субкапитальная остеотомия IV плюсневой кости с последующей установкой ранее выделенного аутооттрансплантата из диафиза V плюсневой кости (рис.2 C).



Рис. 3 Сегмент диафиза V плюсневой кости высотой (h) 0,6–0,7 см

Шаг 5. Сегмент фиксируется винтом по ранее установленной антеградно через головку IV плюсневой кости спице-проводнику (рис. 2 D,E,F).

Шаг 6. Через доступ в проекции IV межплюсневового промежутка на границе дистальной и средней трети выполняется остеотомия с выделением сегмента диафиза III плюсневой кости. Сегмент помещается в стерильный физиологический раствор.

Шаг 7. Через головку III плюсневой кости по спице-проводнику антеградно устанавливается винт. Выполняется фиксация сегментов III плюсневой кости (рис. 2 D).

Шаг 8. Через доступ в проекции IV межплюсневового промежутка выполняется поперечная остеотомия диафиза проксимальной фаланги IV пальца. Далее аутотрансплантация ранее выделенного сегмента из диафиза III плюсневой кости. Сегмент фиксируется спицей проведенной трансартикулярно в канал ранее установленного винта (рис. 2 F).

Шаг 9. Перед послойным ушиванием раны, выполняется удлиняющая пластика сухожилия длинного разгибателя IV пальца.

Шаг 10. Послойное ушивание ран с использованием техники внутрикожного шва.

Результаты

Все пациенты проходили ранний реабилитационный период в специальной обуви, разгружающий передний отдел стопы, сроком 7—8 недель. Удаление спицы, установленной трансартикулярно в IV луче, происходило на 6-ой неделе со дня операции. Начиная с 9-ой недели, все пациенты были способны давать полноценную осевую нагрузку на оперированную конечность.

Следует отметить, что по результатам контрольных рентгенограмм спустя год после операции у всех пациентов основной группы исследования присутствуют признаки стойкой консолидации, а длина луча в среднем увеличивалась на $1.5 \pm$

0,2 см (Таблица 1). В среднем сроки реабилитации с момента операции составляли не более 2 месяцев.

Все прооперированные пациенты были довольны достигнутыми эстетическими результатами коррекции. Болевой синдром сохранялся до 3х суток с момента операции (Диаграмма 1).

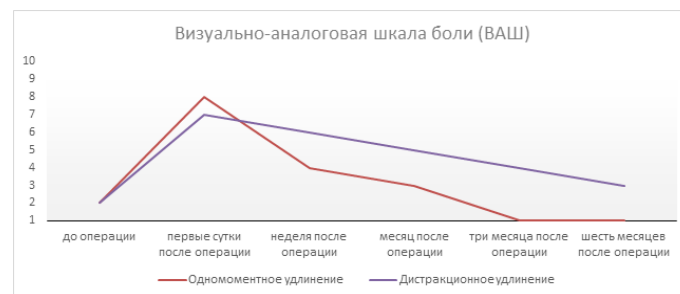


Диаграмма 1. Визуально-аналоговая шкала боли

Таблица 1

Итоговые результаты сравнения двух групп исследования

Критерии оценки	Одномоментное удлинение с использованием ауто-трансплантата	Дистракционное удлинение с использованием внешних фиксаторов
Удлинение луча, см	$1,5 \pm 0,2$ см	$1,9 \pm 0,2$ см
Средние сроки лечения	1-2 месяца	6-8 месяцев
Средние показатели эстетических результатов согласно шкале GAIS	2,91 балла	2,11 балла
Длительность пребывания в стационаре	1-2 дня	1-2 дня

С целью эстетической оценки результатов коррекции использовалась шкала общего эстетического улучшения (Global Aesthetic Improvement Scale — GAIS. (Таблица 2)

Осложнения, описанные в проанализированных работах — общехирургические, связанные глубокой инфекцией, лизис трансплантата, или не полная его перестройка, нами установлены не были. Однако у одного из 20 прооперированных пациентов основной группы исследования на 7—10 суток с момента операции наблюдались признаки поверхностной инфекции в области шва в проекции V плюсневой кости. После курса локальной антибактериальной терапии инфекция купирована, швы зажили первичным натяжением. На рисунках 4-5 представлены результаты раннего послеоперационного периода.

Таблица 2

Шкала общего эстетического улучшения

Баллы	Оценка врачом	Оценка пациентом
3	Достигнут оптимальный для данного пациента результат коррекции	Полностью удовлетворен результатом
2	Выраженное улучшение внешнего вида по сравнению с исходным состоянием, однако дополнительная коррекция позволит добиться лучшего результата	Удовлетворен результатом, но хотелось бы улучшить
1	Заметное улучшение внешнего вида по сравнению с исходным состоянием, однако необходимы дополнительная коррекция или повторное лечение	Улучшение незначительное, желательно дополнительная коррекция
0	Внешний вид практически не отличается от такового до коррекции	Без изменений
-1	Внешний вид хуже, чем до коррекции	Ухудшение по сравнению с исходным состоянием



Рис. 4 Послеоперационный рентгенологический снимок пациента, которому выполнено одномоментное удлинение IV луча с использованием аутотрансплантатов с диафизов III и V плюсневых костей, а также выполнена остеотомия Scarf I луча.

Обсуждение

В мире повсеместно используются способы дистракционного удлинения с применением внешних фиксаторов в лечении данной патологии.

К положительным сторонам дистракционного удлинения с применением внешних фиксаторов относится возможность коррекции любого укорочения без трофических нарушений в области удлиняемого сегмента. Однако данные методы имеют ряд недостатков, к которым относятся воспаление мягких тканей вокруг пинов и достаточно длительное функциональное восстановление на фоне трудностей послеоперационной реабилитации для пациента, непосредственно связанных с наличием аппарата наружной фиксации [17].

Средний срок лечения в аппарате внешней фиксации составляет 4—6 месяцев, что создает выраженный дискомфорт и дополнительный психологический стресс у пациента.

Также отмечены случаи несращения в области дистракции, деформации плюсневой кости, замедленной или, наоборот, ранней консолидации, перелома области регенерата и укорочения вследствие резорбции [17,19,20].

Учитывая это, необходимо использовать новые методы оперативного лечения брахиметатарзии с целью снизить послеоперационные риски и сократить сроки лечения. Мы прогнозируем хорошие клинические результаты с комфортными для пациента процессом лечения и сроком реабилитации.

Выводы

На основании результатов проведенного ретроспективного исследования нами было выявлено, что у всех прооперированных пациентов с брахиметатарзией путем одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутотрансплантата из трубчатых костей стопы были достигнуты хорошие клинические результаты. Предложенный нами метод позволил значительно сократить сроки лечения и реабилитации.

В свою очередь послеоперационные риски, включающие в себя лизис аутотрансплантата или инфицирование области операционного вмешательства, составляют менее 1 %.

Список литературы / References:

1. Marc D Jones, David M Pinegar, Sarah A Rincker Callus Distraction Versus Single-Stage Lengthening with Bone Graft for Treatment of Brachymetatarsia: A Systematic Review // The Journal of foot and ankle surgery. 2015 Sep-Oct; №54(5). P. 927-931. DOI:10.1053/j.jfas.2015.02.013.
2. Sitanshu Barik, Sebastian Farr Brachymetatarsia and brachymetatarsia: do we need to operate? // The Journal of foot and ankle surgery. 2021 Vol. 6. P. 15 —23. DOI:10.1302/2058-5241.6.200087.
3. F Fusini, M Alessandro, A Rava, Z Kristijan, L Felli, G Colò. Aetiology, diagnosis, and treatment of brachymetatarsia: a narrative review// Musculoskelet Surg. 2021 Aug 2. Vol. 94, №1 P. 373 —378. DOI: 10.1007/s12306-021-00720-z.
4. Yong Jin Cho, Jun Young Lee, Won Gyun Lee, Sung Taek Jung. Brachymetatarsia and Brachymetatarsia in Patients with Multiple Hereditary Exostosis// Clin Orthop Surg. 2020 Dec. №12(4). P.549-553. DOI:10.4055/cios19121.

5. Nancy Formosa, Mark Buttigieg, John Torpiano. Congenital brachymetatarsia and Turner syndrome// Arch Dis Child. 2016 Apr; №101(4). P. 332. DOI:10.1136/archdischild-2015-309707.

6. Meltem Özdemir, Rasime Pelin Kavak, Tuba Akdağ. A rare case of isolated congenital unilateral brachymetatarsia presenting in a young adult male// Radiol Case Rep. 2019 Aug 13 №14(10) P. 1252-1254. DOI:10.1016/j.radcr.2019.07.017.

7. Yakup Ekinici, Kaan Gürbüz, Mustafa Arik, Sabri Batın. Is the One Ray Normal or Are the Rest Shorter: Brachymetapody-A Case Report// J Am Podiatr Med Assoc. 2020 Nov. №110(6). P.20-23. DOI:10.7547/20-023.

8. Wada A, Bensahel H, Takamura K, Fukii T, Yanagida H, Nakamura T. Metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia// J Pediatr Orthop B. 2004. № 13. P. 206 —210. DOI: 10.1097/00009957-200405000-00012.

9. Davidson RS. Metatarsal lengthening// Foot Ankle Clin. 2001. № 6. P. 499—518. DOI:10.1016/s1083-7515(03)00110-4.

10. Sandro Giannini MD, Cesare Faldini MD, Stavroula Pagkrati MD, Maria Teresa Miscione MD, Deianira Luciani MD One-stage Metatarsal Lengthening by Allograft Interposition// Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 468. № 7. July 2010. P. 1933—1942. DOI:10.1007/s11999-009-1212-0.

11. Ankit Desai, Surjit Lidder, Andrew R. Armitage, Samuel S. Rajaratnam Brachymetatarsia of the fourth metatarsal, lengthening scarf osteotomy with bone graft // Orthopedic Reviews. 2013; Vol. 5. № 21. P. 97—98. DOI: 10.4081/or.2013.e21.

12. Sandro Giannini MD, Cesare Faldini MD, Stavroula Pagkrati MD, Maria Teresa Miscione MD, Deianira Luciani MD One-stage Metatarsal Lengthening by Allograft Interposition// Clinical Research. Vol. XX. 2018. P. 1—4. DOI: 10.1007/s11999-009-1212-0.

13. Dominique Barbier, Andrei Neretin, Pierre Journeau, Dimitry Popkov Gradual Metatarsal Lengthening by External Fixation: A New Classification of Complications and a Stable Technique to Minimize Severe Complications// Foot Ankle Int. 2015 Nov; №36(11) P.1369-77. DOI:10.1177/1071100715593373.

14. Hubert O Klauser The Surgical Treatment of Brachymetatarsia// Foot Ankle Clin. 2021 Dec. № 26(4). P. 685—704. DOI:10.1016/j.fcl.2021.07.003.

15. Mario Fuiano, Massimiliano Mosca, Silvio Caravelli, Michele Di Liddo, Alberto Grassi, Aditi Majumdar, Simone Massimi, Giuseppe Catanese, Stefano Zaffagnini Callus distraction with external fixator for the treatment of congenital brachymetatarsia of the fourth ray// Foot Ankle Clin. 2020 Aug. № 26(6). P. 693—698. DOI:10.1016/j.fas.2019.08.018.

16. Hyun Se Kim, Young Seok Lee, Jae Hoon Jung, Jong Sup Shim Complications of distraction osteogenesis in brachymetatarsia: Comparison between the first and fourth brachymetatarsia// Foot Ankle Surg. 2019. Apr. № 25(2). P. 113—118. DOI:10.1016/j.fas.2017.09.004.

17. Sang-Hyun Woo, Chi Young Bang, Hee-Chan Ahn, Sung-Jung Kim, Jun-Young Choi Anatomical reconstruction of the fourth brachymetatarsia with one-stage iliac bone and cartilage cap grafting// Foot Ankle Surg. 2019 Apr. № 25(2). P. 113—118. DOI: 10.1016/j.bjps.2017.02.020.

18. Gamal A. Hosny M.D., Abdel-Salam A. Ahmed M.D. Distraction osteogenesis of fourth brachymetatarsia// Foot Ankle Surg. 2016 Mar. № 22(1). P. 12—16. DOI:10.1016/j.fas.2015.03.009.

19. Mariko Hamada, Yoshiaki Sakamoto, Tomohisa Nagasao, Kazuo Kishi Treatment of Complications after Distraction Osteogenesis for Brachymetatarsia of the Fourth Metatarsal// International Open Access Journal of The American Society of Plastic Surgeons. 2016 Jul. № 4(7). 817. DOI:10.1097/GOX.0000000000000836.

Информация об авторах:

Маннанов Альберт Маратович, аспирант кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Москва, Россия, врач травматолог-ортопед отделения ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 13» Департамента здравоохранения города Москвы (Россия, 115280, Москва, ул. Велозаводская, д. 1/12), ORCID ID: 0000-0002-4456-8218, albertmannanov@gmail.com;

Загородний Николай Васильевич, д.м.н., профессор, руководитель Центра эндопротезирования суставов НМИЦ ТО (ЦИТО) им. Н.Н. Приорова Минздрава России, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов, профессор кафедры хирургии МГУ им. М.В.Ломоносова, член-корреспондент РАН, zagorodniy51@mail.ru;

Макинян Левон Гагикович, к.м.н., доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Москва, Россия, заведующий отделением ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 13» Департамента здравоохранения города Москвы (Россия, 115280, Москва, ул. Велозаводская, д. 1/12), ORCID ID: 0000-0002-8813-143X, dr.makinyan@gmail.com;

Ауде Фади Салемович, к.м.н., врач травматолог-ортопед отделения ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 13» Департамента здравоохранения города Москвы, (Россия, 115280, Москва, ул. Велозаводская, д. 1/12), dr.awde.fs@gmail.com;

Молдамырзаев Чынгис Калибекович, аспирант кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Москва, Россия, врач травматолог-ортопед отделения ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 13» Департамента здравоохранения города Москвы, (Россия, 115280, Москва, ул. Велозаводская, д. 1/12), moldamirzayev@mail.ru;

Абу Заалан Вессам Мусса, аспирант кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Москва, Россия, врач травматолог-ортопед отделения ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 13» Департамента здравоохранения города Москвы, (Россия, 115280, Москва, ул. Велозаводская, д. 1/12), ORCID ID: 0000-0003-3922-3052, wsameeexx@gmail.com;

Information about authors:

Albert M. Mannanov, PhD fellow in the department of Traumatology and Orthopedics in Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, MD, orthopaedic surgeon, Orthopaedic surgery Department, State Budgetary Institution of public health "City Clinical Hospital No. 13 of the Department of Health of Moscow" (1/12, Velozavodskaya st., Moscow, 115280, Russia, ORCHID ID: 0000-0002-4456-8218, albert-mannanov@gmail.com;

Nikolay V. Zagorodniy, head of the Center for Joint Arthroplasty NMIC TO (CITO) them. N.N. Priorov of the Ministry of Health of Russia (10, Priorova st., Moscow, 127299, Russia), head of the department of traumatology and orthopedics of the Peoples' Friendship University of Russia, professor of the department of surgery of Moscow State University. M.V. Lomonosov, corresponding member of the Russian Academy of Science, zagorodniy51@mail.ru

Levon G. Makinyan, PhD Med. Sci, Associate professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Head of Orthopaedic surgery Department, State Budgetary Institution of public health "City Clinical Hospital No. 13 of the Department of Health of Moscow" (12, Velozavodskaya st., Moscow, 115280, Russia), ORCHID ID: 0000-0002-8813-143X, dr.makinyan@gmail.com,

Fadi S. Aude, PhD Med. Sci, orthopaedic surgeon, Orthopaedic surgery Department, State Budgetary Institution of public health "City Clinical Hospital No. 13 of the Department of Health of Moscow" (12, Velozavodskaya st., Moscow, 115280, Russia) dr.awde.fs@gmail.com,

Chyngis K. Moldamyrzaev, PhD fellow in the department of Traumatology and Orthopedics in Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, MD, orthopaedic surgeon, Orthopaedic surgery Department, State Budgetary Institution of public health "City Clinical Hospital No. 13 of the Department of Health of Moscow" (12, Velozavodskaya st., Moscow, 115280, Russia) moldamirzayev@mail.ru;

Abu Zaaan Wessam Mussa. PhD fellow in the department of Traumatology and Orthopedics in Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, MD, orthopaedic surgeon, Orthopaedic surgery Department, State Budgetary Institution of public health "City Clinical Hospital No. 13 of the Department of Health of Moscow" (1/12, Velozavodskaya st., Moscow, 115280, Russia, ORCHID ID: 0000-0003-3922-3052, wsa-meeexx@gmail.com;

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-6-77>

УДК 617.3

© Пан Чжэньюй, Лычагин А. В., Рукин Я. А., Грицюк А.А., 2022

Оригинальная статья / Original article



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СГИБАТЕЛЬНОГО ПРОМЕЖУТКА ПРИ ПЕРВИЧНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

ПАН ЧЖЭНЬЮЙ¹, А.В. ЛЫЧАГИН¹, Я.А. РУКИН¹, А.А. ГРИЦЮК¹

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, Россия

Резюме

Результаты тотального эндопротезирования коленного сустава во многом зависят от понимания базовых биомеханических процессов функционирования сложного анатомического образования и философии протезирования, которые достигли определенного уровня и для дальнейшего поступательного движения необходимы новые возможности.

Целью исследования является определение уровня сгибательной щели при первичном эндопротезировании коленного сустава.

Материалы и методы. Были отобраны пациенты: 18 мужчин и 23 женщины, средний возраст 66.5 ± 7.2 лет, ИМТ в среднем 32.0 ± 2.6 кг/м², с первичным деформирующим остеоартрозом коленного сустава 3-4 ст. по классификации Kellgren-Lawrence, которых рандомизировали на две группы: первой группе (21) выполняли первичное ТЭКС с применением предложенного нами метода, второй (20) выполняли эндопротезирование стандартной мануальной техникой и инструментами. Всем пациентам выполняли стандартную компьютерную томографию и рентгенографию коленного сустава в фронтальной и сагитальной проекциях, определяли размер сгибательного промежутка до и после операции.

Результаты. При сравнении высоты стояния суставной щели до и после операции, при определении разницы расстояний (ошибки) в обеих плоскостях была получена высокая статистическая достоверность ($p < 0.001$): в фронтальной плоскости среднем на 2.4 ± 2.4 мм, в первой группе 2.1 ± 2.4 мм, во второй 2.6 ± 2.5 мм. Ошибка (разница в расстоянии до и после операции) в фронтальной проекции составила около 20,7% (I группа 2.06 ± 2.368 , II группа 2.629 ± 2.455 , $p < 0.001$), в сагитальной – 42,9 % (I группа 0.73 ± 1.56 , II группа 1.281 ± 1.6 , $p < 0.001$). Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка (фланца эндопротеза) в сагитальной плоскости после операции было больше чем до операции (отрицательные значения), что говорит об общей тенденции уменьшения сгибательной щели коленного сустава в сагитальной проекции на 3–4 мм, но у пациентов основной группы ошибка была значительно меньше на 28,2% ($p < 0.001$), чем в контрольной группе.

Вывод: на основании результатов проведенного исследования можно сказать, что предложенный метод позиционирования баланса сгибательного и разгибательного промежутков коленного сустава при тотальном эндопротезировании позволяет повысить точность восстановления сгибательного промежутка коленного сустава.

Ключевые слова: сгибательный промежуток коленного сустава, первичное эндопротезирование коленного сустава

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Для цитирования: Пан Ч., Лычагин А.В., Рукин Я.А., Грицюк А.А., Определение величины сгибательного промежутка при первичном эндопротезировании коленного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.69-77 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-6-77>

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

DETERMINING THE SIZE OF THE FLEXION GAP IN PRIMARY KNEE ARTHROPLASTY

PANG ZHENGYU¹, ALEXEY V. LYCHAGIN¹, ANDREY A. GRITSYUK¹, YAROSLAV A. RUKIN¹

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

Abstract

The results of total knee arthroplasty depend on the understanding of the basic biomechanical processes of functioning of a complex anatomical formation and the philosophy of prosthetics, which have reached a certain level and new opportunities are needed for further forward movement.

The aim The aim of the study is to determine the level of the flexion gap in primary knee arthroplasty.

Materials and methods. Patients were selected: 18 men and 23 women, mean age 66.5 ± 7.2 years, BMI on average 32.0 ± 2.6 kg/m², with primary deforming osteoarthritis of the knee joint 3-4 st. according to the Kellgren-Lawrence classification, who were randomized into two groups: the first group (21) underwent primary TEKS using the method proposed by us, the second (20) underwent arthroplasty using standard manual techniques and instruments. All patients underwent standard computed tomography and radiography of the knee joint in the frontal and sagittal projections, and the size of the flexion gap was determined before and after surgery.

Patients were selected: 18 men and 23 women, mean age 66.5 ± 7.2 years, BMI on average 32.0 ± 2.6 kg/m², with primary osteoarthritis of the knee joint 3-4 st. according to the Kellgren-Lawrence classification, who were randomized into two groups: the first group (21) underwent primary TKA using the instrument proposed by us, the second (20) underwent arthroplasty using standard manual techniques and instruments. All patients underwent standard computed tomography and radiography of the knee joint in the frontal and sagittal projections, the level of the knee joint gap and the size of the flexion gap were determined before and after surgery.

Results. When comparing the height of the joint space before and after surgery, when finding the difference in distances (errors) in both planes, high statistical significance was obtained ($p < 0.001$): in the frontal plane, on average, by 2.4 ± 2.4 mm, in the first group, 2.1 ± 2.4 mm, in the second 2.6 ± 2.5 mm. The error (difference in distance before and after the operation) in the frontal projection was about 20.7% (group I 2.06 ± 2.368 , group II 2.629 ± 2.455 , $p < 0.001$), in the sagittal projection – 42.9% (group I 0.73 ± 1.56 , II group 1.281 ± 1.6 , $p < 0.001$). The distance from the axis of the femur to the posterior surface of the internal condyle (endoprosthesis flange) in the sagittal plane after the operation was greater than before the operation (negative values), which indicates a general trend towards a decrease in the flexion gap of the knee joint in the sagittal projection by 3–4 mm, but in patients of the main group, the error was significantly less by 28.2% ($p < 0.001$) than in the control group.

Conclusion: based on the results of the study, it can be said that the proposed method for positioning the balance of the flexion and extension spaces of the knee joint during total arthroplasty improves the accuracy of restoring the flexion space of the knee joint.

Key words: flexion gap of the knee joint, primary total knee arthroplasty

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Pang Z., Lychagin A.V., Rukin Y.A., Gritsyuk A.A., Determining the size of the flexion gap in primary knee arthroplasty. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.Nº2. pp.69-77 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-69-77>

Введение

Тотальное эндопротезирование является самой успешной операцией при лечении грубых дегенеративных изменений коленного сустава различного генеза. Тем не менее, по литературным данным до 30 % пациентов не удовлетворены результатами данной операции [1]. Одним из залогов успеха является правильная пространственная ориентация компонентов эндопротеза во всех трех плоскостях, в частности правильное ротационное положение бедренного и большеберцовых компонентов, а также правильное восстановление сгибательного и разгибательного промежутков. Напротив, ошибки приводят к нарушению функционирования разгибательного аппарата коленного сустава, ограничению движений и болевому синдрому [2, 3].

Ротация бедренного компонента эндопротеза определяется по различным анатомическим ориентирам: линия Whiteside, линия проходящая через наружный и внутренний надмыщелки бедренной кости, линия, проходящая через задние отделы мыщелков бедренной кости [4].

При первичном эндопротезировании основное значение уделяется разгибательному промежутку, но для правильного функционирования эндопротеза коленного сустава важны величина сгибательного промежутка и баланс между ними. Фирмы-производители имплантатов предлагают различные инструменты для позиционирования опилочных шаблонов для задних отделов мыщелков бедренной кости при эндопротезировании, основанные на переднее или заднее-ориентированных

способах при восстановлении сгибательного промежутка коленного сустава. Об они имеют свои недостатки. Недостатком первого способа является вариабельность задней резекции, что ведет к изменению размера сгибательного промежутка, второго - при передней резекции возможно повреждение передней кортикальной пластинки диафиза бедренной кости, что может привести к перипротезным переломам в раннем послеоперационном периоде [6].

При этом величина стандартной дистальной резекции бедренной кости и задней резекции заложены в размере бедренного компонента эндопротеза, толщине дистального и заднего фланцев. Однако в различных случаях при гипер- или гипотрофии мыщелков бедренной кости (или первичном дефекте), может быть необходимым увеличить количество срезаемой кости (дополнительными направляющим), что приведет к различию в величине сгибательного и разгибательного промежутков [5].

Большую точность для восстановления уровня суставной щели при трудных случаях эндопротезирования коленного сустава может дать применение компьютерной навигации [7]. Однако точность компьютерной навигации зависит от анатомических ориентиров, которых, как уже говорилось выше, может не быть в условиях значительного дефицита кости [8, 9]. Внимание этим вопросам уделяется в отечественной [10, 11, 12] и иностранной литературе [13].

Целью исследования является определение уровня сгибательной щели при первичном эндопротезировании коленного сустава.

Необходимый уровень сгибательной щели определяется по здоровой контралатеральной стороне. Если поражение коленных суставов двустороннее, метод позволяет точно задать ротационное положение бедренного компонента, а уровень сгибательной щели выставляется соответственно геометрии планируемого бедренного компонента эндопротеза. Также для ориентирования может быть использован хорошо функционирующий эндопротез коленного сустава с контралатеральной стороны.

Материалы и методы

Были отобраны 50 пациентов с первичным деформирующим остеоартрозом коленного сустава 3-4 ст. по классификации Kellgren-Lawrence, и ИМТ < 35 кг/м². Пациентов рандомизировали на две группы (по методике случайных цифр), одной первой группе выполняли первичное ТЭКС с точным предоперационным планированием сгибательного промежутка, другой группе второй выполняли эндопротезирование стандартной мануальной техникой и инструментами. Операции выполняли три хирурга экспертного класса в равной мере в обеих группах.

В исследование не включали пациентов со специфическими остеоартрозами, а также с грубыми вальгус-варусными дефор-

мациями (более 10 градусов), дефектами костей коленного сустава, переломами и последствиями переломов бедренной и большеберцовой костей, повреждениями коллатеральных связок и разгибательного аппарата коленного сустава, вывихами или подвывихами надколенника или большеберцовой кости.

Исследование проведено в клинике травматологии, ортопедии и патологии суставов ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) с января 2019 г. по июль 2021 г. Пациенты давали согласие на исследование до включения в него, никакая информация кроме пола и возраста пациента не собиралась и не могла быть использована для идентификации личности. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (№ 2341 от 16.10.2018 г.).

В ходе исследования по техническим причинам было исключено 9 пациентов, окончательно было включено 18 мужчин и 23 женщины, средний возраст 66.5±7.2 лет (мужчины - 67.2±7.5, 65.9±7.1, мин. 43 лет, макс. 75 лет, p=0.587), ИМТ в среднем 32.0±2.6 кг/м² (мужчины 31.9±2.7 кг/м², женщины 32.1±2.6 кг/м², p=0.857), гендерные показатели пациентов по группам исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Гендерные показатели пациентов по группам исследования

Показатели	Общие (n=41)	I группа (n=21)	II группа (n=20)	p*
Возраст (лет)	66.463±7.211	63.762±8.173	69.3±4.758	0.012
Пол (муж./жен.)	18/23	8/13	10/10	0.689
Правая/левая	20/21	9/12	11/9	0.726
Рост (см)	167.707±9.696	167.238±9.322	168.2±10.294	0.755
Вес (кг)	90.244±12.304	89.143±10.603	91.4±14.058	0.564
ИМТ (кг/м ²)	32.01±2.603	31.826±2.246	32.203±2.979	0.649

* - p<0.05

Всем пациентам до операции и после выполняли стандартную компьютерную томографию (мультиспиральный компьютерный объемный томограф Toshiba Aquilion One 640-срезов) и рентгенографию коленного сустава (рентгеновская система Siemens Multix Fusion). Данные изображений были получены из системы (PACS), измерения выполнялись рентгенологами, не участвующими в исследовании, в программе RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.

Предоперационное планирование выполняли по компьютерной томограмме в аксиальной проекции, проводили линию через наиболее выступающие части задних отделов мыщелков бедренной кости, к которой опускали перпендикуляры от наружного и внутреннего надмыщелков бедренной кости

(рис. 1 а). От наибольшего перпендикуляра вычитается толщина задних отделов бедренного компонента эндопротеза (чаще всего 9 мм) (рис. 1 б).

Эта разница и будет отображать необходимый уровень задней резекции по отношению к надмыщелкам бедренной кости. Учитывая то, что при КТ после операции в аксиальной проекции из-за рассеивания лучей (помехи изображения) невозможно определить и точно измерить уровень резекции мыщелков бедренной кости, мы выполняли КТ исследование и рентгенографию коленного сустава во фронтальной и сагитальной плоскостях. Мы измеряли высоту стояния щели сустава, характеризующую разгибательный промежуток, ориентируясь на вершину головки малоберцовой кости (рис. 2 а и б), а на

сагитальной проекции измеряли расстояние от оси бедренной кости до края имплантата, который считали за предполагаемый уровень сгибательной щели (рис. 2 в), после операции были

проведены те же исследования и измерения (рис. 2 г-е). Помимо обследования пораженного сустава выполняли компьютерную томографию коленного сустава с контралатеральной стороны.

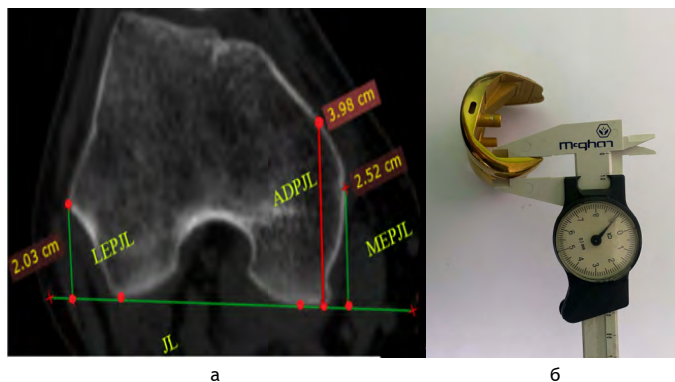


Рис. 1. А - КТ коленного сустава в аксиальной проекции: планирование уровня сгибательной щели, б - измерение толщины заднего фланца эндопротеза.

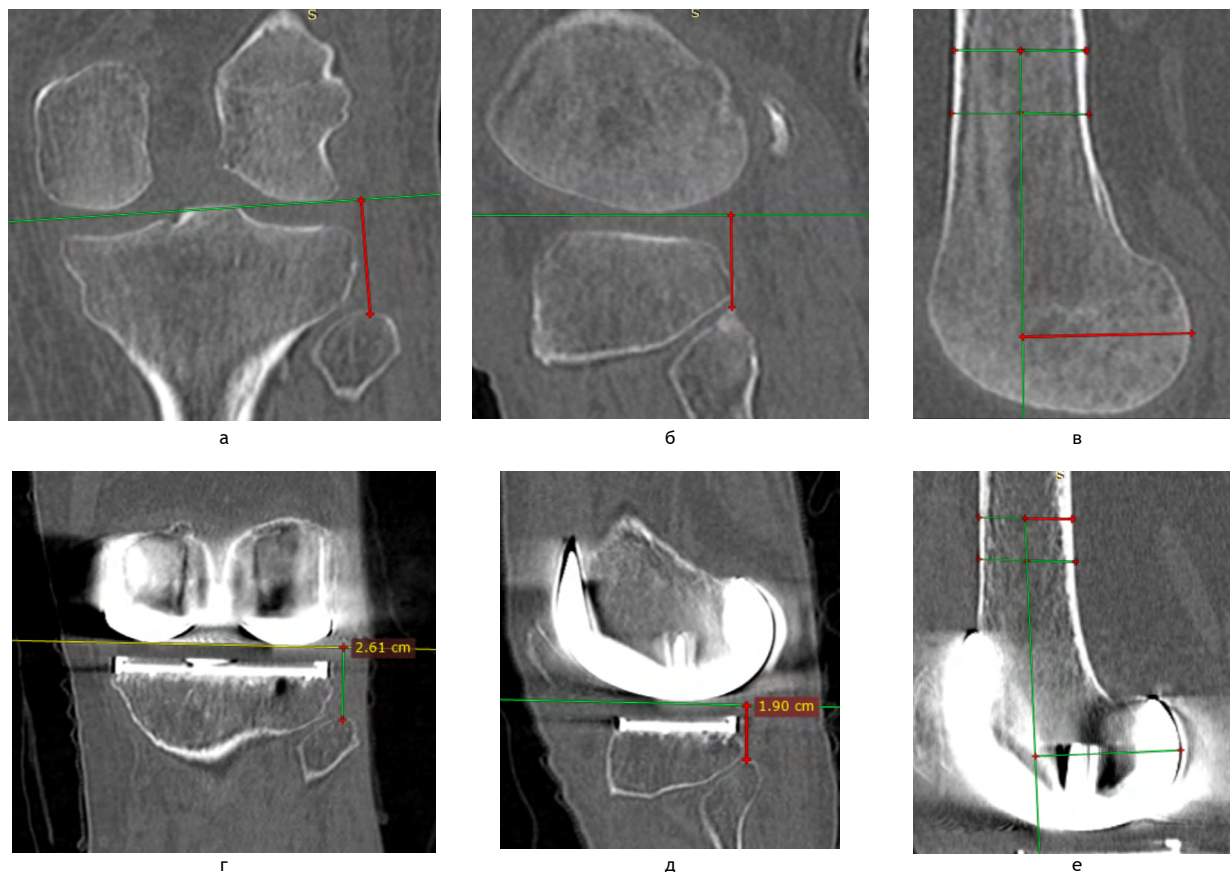


Рис. 2. КТ коленного сустава до операции (а-в), после операции (г-е): а и г фронтальная проекция, б-в и д-е - сагитальная проекция.

Учитывая клиническую направленность нашей разработки и практическую реальность (не всем пациентам выполняют КТ), мы провели анализ высоты суставной щели (сгибательно-разгибательного промежутка) рентгенографическим методом с использованием калибровочного рентгенконтрастного

элемента (металлический шар диаметром 32 мм) до и после операции (рис. 3).

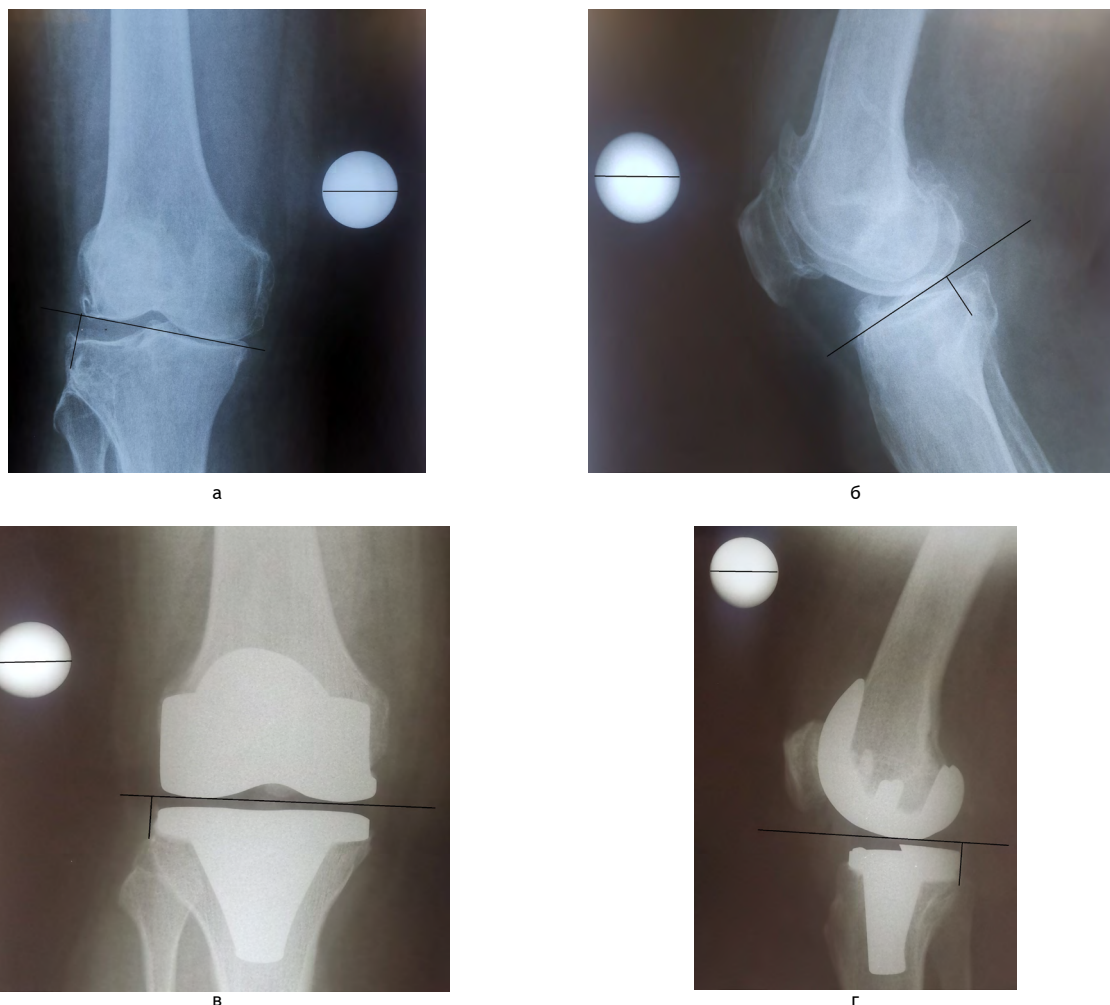


Рис. 3. Рентгенограммы коленного сустава до операции (а-б), после операции (в-г): а и в - фронтальная проекция, б и г - сагиттальная проекция.

Данные измерений вносили в электронную базу данных созданную в программе Excel, в ходе исследования изменения в которой не производили. Статистическую обработку проводили при помощи программы «IBM SPSS Statistics 22». Вычисляли средние величины и стандартную ошибку, сравнивали значения переменных в группе до операции и в процессе наблюдения до 1 года и между группами используя коэффициенты Стьюдента и χ^2 . Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым в этом исследовании.

Хирургическая техника предлагаемого нами способа направлена на точное восстановление уровня сгибательной щели при первичном эндопротезировании коленного сустава.

Пациенту с показаниями к первичному эндопротезированию коленного сустава выполняется компьютерная томография сустава со здоровой стороны, на которой проводится линия через наиболее выступающие части задних отделов мыщелков бедренной кости, к которой опускаются перпендикуляры от наружного и внутреннего надмыщелков бедренной кости.

Длина перпендикуляров измеряется в миллиметрах. От наибольшего перпендикуляра вычитается толщина задних отделов бедренного компонента эндопротеза (чаще всего 9 мм). Эта разница и будет отображать необходимый уровень задней резекции по отношению к надмыщелкам бедренной кости. Также может быть использована компьютерная томография нормально функционирующего эндопротеза с контралатеральной стороны (уровень сгибательной щели определяется по линии, проходящей через наиболее задние точки бедренного компонента эндопротеза).

В условиях операционной осуществляют хирургический доступ к коленному суставу. По стандартной методике выполняют дистальную резекцию бедренной кости. На полученный ровный бедренной кости наносят определенные в предоперационном периоде ориентиры и по планируемому уровню и выполняли резекцию задних отделов мыщелков бедренной кости строго параллельно надмыщелковой линии. В случае, если есть дефект и уровень резекции располагается

кзади от сохранившейся кости, рассчитывали необходимый объем пластического материала для его заполнения (костный трансплантат или металлический аугмент).

Далее с помощью стандартных инструментов выполняли оставшиеся резекции бедренной и большеберцовой кости, устанавливали примерочные компоненты эндопротеза, после оценки функции коленного сустава, приступали к установке компонентов эндопротеза коленного сустава на костном цементе.

Рана послойно ушита наглухо с оставлением дренажа. Интраоперационно достигали полного разгибание коленного сустава, пассивное сгибание до 135 градусов. Рана послойно ушивалась наглухо с оставлением дренажа.

Результаты

В послеоперационном периоде после купирования острого болевого синдрома на 5–7 сутки всем больным обеих групп были выполнены компьютерная томография и рентгенологическое исследование коленного сустава. При компьютерной томографии мы определяли высоту стояния суставной щели до и после операции в фронтальной и сагитальной проекциях относительно вершины малоберцовой кости и расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка в сагитальной плоскости. Следует отметить, что в обеих группах высота стояния щели сустава в фронтальной и сагитальной плоскости после операции была незначительно меньше, чем до операции, а расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка в сагитальной плоскости было больше, чем до операции, при этом статистически значимой разницы в показателях нам установить не удалось (таблица 2).

Таблица 2

Результаты КТ исследований

Показатели	Общие (n=41)	I группа (n=21)	II группа (n=20)	p*
R1	26.371±2.326	26.345±2.585	26.395±2.115	0.946
R2	19.868±2.062	20.045±1.936	19.7±2.21	0.599
R3	38.793±2.793	38.345±2.753	39.219±2.83	0.323
R4	24.02±2.98	24.285±2.995	23.767±3.017	0.584
R5	18.856±2.495	19.315±2.009	18.419±2.865	0.256
R6	41.959±3.341	41.876±3.686	42.045±3.031	0.874
R1-R4	2.351±2.4	2.06±2.368	2.629±2.455	<0.001**
R2-R5	1.012±1.585	0.73±1.56	1.281±1.6	<0.001**
R3-R6	-3.166±2.057	-2.657±2.143	-3.7±1.717	<0.001**

R1 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции до операции, мм;

R2 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции до операции, мм;

R3 - Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка в сагитальной плоскости до операции, мм;

R4 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции после операции, мм;

R5 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции после операции, мм;

R6 - Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка (фланца эндопротеза) в сагитальной плоскости после операции, мм;

R1-R4 - ошибка (разница расстояний между R1 R4), мм;

R2-R5 - ошибка (разница расстояний между R2 R5), мм;

R3-R6 - ошибка (разница расстояний между R3 R6), мм;

* - p<0.05

** - показатель p при сравнении групп до и после операции.

Однако, при сравнении высоты стояния суставной щели до и после операции, при определении разницы расстояний (ошибки) в обеих плоскостях была получена высокая статистическая достоверность (<0.001): в фронтальной плоскости среднем на 2,4±2.4 мм, в первой группе 2.1±2.4 мм, во второй 2.6±2.5 мм. Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка (фланца эндопротеза) в сагитальной плоскости после операции было больше чем до операции (отрицательные значения), но у пациентов основной группы ошибка была значительно меньше, что говорит о общей тенденции и необходимости точного позиционирования сгибающей щели коленного сустава. Ошибка (разница в расстоянии R1-R4) в фронтальной проекции составила около 20,7% (I группа 2.06±2.368, II группа 2.629±2.455, p<0.001), в сагитальной (разница в расстоянии R2-R5) – 42,9 % (I группа 0.73±1.56, II группа 1.281±1.6, p<0.001), в сагитальной проекции (R3-R6) 28,2% (I группа -2.657±2.143, II группа -3.7±1.717, p<0.001).

Данные рентгенологического исследования подтвердили общую тенденцию более точного позиционирования сгибательно-разгибательного промежутков при применении предложенного специального инструмента у пациентов основной группы. Анализ послеоперационных рентгенограмм в сагитальной проекции также подтвердил (отрицательные числа ошибки) направление смещения уровня резекции в тыльную сторону. При традиционной мануальной технике операции (II группа пациентов) в обеих проекциях ошибка была больше чем у пациентов основной группы (I группа) при высокой статистической достоверности результатов сравнения групп между собой (таблица 3).

Следует отметить, что технология рентгенологического исследования более сложная и в большей степени зависит от положения конечности во время исследования (проекция) и необходимости использовать ориентир для более точного масштабирования снимков, что снижает ошибки измерений, но они отражают общую тенденцию и могут быть использованы в рутинной практике.

Таким образом, при наличии общей ошибки до 10% (до операции 26.371±2.326 мм и после операции 24.02±2.98 мм, ошибка составила 2.351±2.4 мм) при сравнении групп между собой с высокой статистической достоверностью можно сказать, на основании результатов КТ исследования, что предложенный метод позволяет более точно позиционировать разгибательный

промежуток фронтальная проекция на 20,7%, сагиттальная проекция на 42,9%, сгибательный на 28,2%, то есть определять и устанавливать уровень щели коленного сустава.

Таблица 3

Результаты рентгенологического исследования

Показатели	Общие (n=41)	I группа (n=21)	II группа (n=20)	p*
R1	17.427±2.392	16.957±2.232	17.92±2.511	0.202
R2	41.62±2.639	41.429±2.473	41.82±2.853	0.641
R3	16.856±2.271	16.433±2.263	17.3±2.249	0.226
R4	45.107±2.799	44.933±2.631	45.29±3.023	0.689
B1	32.146±0.367	32.148±0.294	32.145±0.438	0.982
B2	32.173±0.323	32.186±0.345	32.16±0.305	0.802
B3	32.115±0.234	32.162±0.222	32.065±0.241	0.189
R1-R3	0.571±2.042	0.524±1.795	0.62±2.319	<0.001**
R2-R4	-3.488±1.068	-3.47±1.084	-3.505±1.079	<0.001**

R1 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции до операции, мм;

R2 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции до операции, мм;

R3 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции после операции, мм;

R4 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции после операции, мм;

B (1,2,3,4) – диаметр измерительного калибровочного шара, мм;

R1-R3 – ошибка (разница расстояний между R1 R3), мм;

R2-R4 – ошибка (разница расстояний между R2 R4), мм;

* - p<0.05

* - показатель p при сравнении групп до и после операции.

Обсуждение

Восстановление уровня щели нативного коленного сустава важно не только для ревизионного, но и первичного ТЭКС, надежного способа до сих пор не найдено, как правильно определять линию коленного сустава по данным рентгенографии, КТ или МРТ и как правильно ее получить во время операции [14].

Интраоперационно при первичной операции, хирург может оценить нормальное положение щели сустава в зависимости от толщины дистальной остеотомии бедренной кости, но как правильно сохранить баланс сгибательного и разгибательного промежутков, если суставы значительно деформированы. Какой из них наиболее важный, когда нормальная анатомия коленного сустава изменена, щель сустава деформирована, но при этом определить расположение медиального и латерального мыщелков бедренной кости в качестве ориентира возможно [15].

Поэтому использование анатомических ориентиров для определения положения щели сустава и определении линии резекции широко применяется в клинической практике для воссоздания сгибательно-разгибательного промежутков. Возможно использовать ориентиры мягких тканей, такие как

мениск и др., но они не всегда верны во время операции [16], тогда как костные ориентиры более надежны. Наиболее часто используемые костные ориентиры — это приводящий бугорок, медиальный и латеральный надмыщелки, бугорок большеберцовой кости, головка малоберцовой кости и нижний полюс надколенника [17, 18, 19].

Хирурги могут оценить эти ориентиры на рентгенограммах, томограммах КТ или МРТ исследований до операции или пальпацией во время операции. Это хорошо работает если контралатеральное колено не изменено, но использование этого метода ограничено. Однако, учитывая важность позиционирования уровня щели коленного сустава, зная, что небольшие изменения или ошибки в балансе между сгибательным и разгибательным промежутком могут привести к болевому синдрому или ограничению движений, значительно ухудшить результаты тотального эндопротезирования, все это подчеркивает важность и необходимость определения надежных ориентиров для широкого использования [20, 21, 22].

У работы есть ряд некоторых недостатков, которые авторы хорошо понимают. Инструмент не изготавливается промышленным способом, выборка пациентов небольшая, необходимо выполнение дорогостоящего исследования КТ коленного сустава и необходимость клинического обоснования эффективности применения инструмента при первичном тотальном эндопротезировании коленного сустава. Авторы понимают проблему и продолжают работу, направленную на понимание и улучшение результатов тотального эндопротезирования коленного сустава.

Вывод: на основании результатов проведенного исследования можно сказать, что предложенный метод позиционирования баланса сгибательного и разгибательного промежутков коленного сустава при тотальном эндопротезировании позволяет повысить точность восстановления сгибательного промежутка коленного сустава.

Список литературы / References:

1. Canovas F, Dagneaux L. Quality of life after total knee arthroplasty. Orthop. Traumatol Surg Res. 2018 Feb;104(1S):S41-S46. doi: 10.1016/j.otsr.2017.04.017
2. Rivièrè C, Iranpour F, Auvinet E, Howell S, Vendittoli PA, Cobb J, Parratte S. Alignment options for total knee arthroplasty: A systematic review. Orthop Traumatol Surg Res. 2017 Nov;103(7):1047-1056. doi: 10.1016/j.otsr.2017.07.010
3. Clavé A, Le Henaff G, Roger T, Maisongrosse P, Mabit C, Dubrana F. Joint line level in revision total knee replacement: assessment and functional results with an average of seven years follow-up. Int Orthop. 2016 Aug;40(8):1655-1662. doi: 10.1007/s00264-015-3096-9
4. Jang ES, Connors-Ehlert R, LiArno S, Geller JA, Cooper HJ, Shah RP. Accuracy of Reference Axes for Femoral Component Rotation in Total Knee Arthroplasty: Computed Tomography-Based Study of 2,128 Femora. J Bone Joint Surg Am. 2019 Dec 4;101(23):e125. doi: 10.2106/JBJS.19.00438

5. Robert A. Siston, Jay J. Patel, Stuart B. Goodman, Scott L. Delp, Nicholas J. Giori. The Variability of Femoral Rotational Alignment in Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. October 2005; 87 (10): 2276. doi: 10.2106/JBJS.D.02945
6. Ryan S. Charette, Neil P. Sheth, Friedrich Boettner, Giles R. Scuderi, Christopher M. Melnic. Femoral Component Sizing During Total Knee Arthroplasty. *JBJS REVIEWS* 2018;6(1):e4. doi: 10.2106/JBJS.RVW.17.00051
7. Chatain F, Denjean S, Delalande JL, Chavane H, Bejui-Hugues J, Guyen O. Computer-navigated revision total knee arthroplasty for failed unicompartmental knee arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012 Oct;98(6):720-7. doi: 10.1016/j.otsr.2012.02.010
8. Лычагин А.В., Кавалерский Г.М., Рукин Я.А., Грицюк А.А., Пан Ч., Определение уровня суставной щели коленного сустава: обсервационное исследование. Кафедра травматологии и ортопедии. 2021.№4(46). С.41-50 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2021-4-41-50>. Lychagin A.V., Kavaler-sky G.M., Rukin Y.A., Gritsyuk A.A., Pang Z, Determination of knee joint line level: observational study. Department of Traumatology and Orthopedics. 2021.№4(46). pp.41-50 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2021-4-41-50>. (In Russian).
9. Гуражев М.Б., Байтов В.С., Гаврилов А. Н., Павлов В.В., Корыткин А.А. Методы замещения костного дефицита большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава: систематический обзор литературы. Травматология и ортопедия России. 2021;27(3):173-188. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>. Gurazhev M.B., Baitov V.S., Gavrilov A.A., Pavlov V.V., Korytkin A. A. [Methods of the Tibia Bone Defect in Primary Knee Arthroplasty: Systematic Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):173-188. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>.
10. Козадаев М.Н., Гиркало М.В., Деревянов А.В., Кауц О.А., Мандров А.В. Идентификация референтной линии коленного сустава в зависимости от гендерных и антропометрических параметров у пациентов, нуждающихся в тотальной артропластике. Саратовский научно-медицинский журнал 2018; 14 (3): 557–560. [Kozadaev M.N., Girkalo M.V., Derevyanov A.V., Kauts O.A., Mandrov A.V. Identifikatsiya referentnoi linii kolennogo sustava v zavisimosti ot gendernykh i antropometricheskikh parametrov u patsientov, nuzhdayushchikhsya v total'noi artroplastike. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* 2018; 14 (3): 557–560]
11. Маланин Д.А., Володин И.В., Сучилин И.А., Демещенко М.В. Связанные с полом особенности строения областей прикрепления передней крестообразной связки. Травматология и ортопедия России. 2020;26(4):80-92. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-80-92. [Malanin D.A., Volodin I. V., Suchilin I. A., Demeshchenko M.V. Svyazannyye s polom osobennosti stroeniya oblastei prikrepneniya perednei krestooobraznoi svyazki. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2020;26(4):80-92. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-80-92]
12. Пихута Д.А., Абович Ю.А., Бронов О.Ю., Кабанова Ю.В., Крылова Т. А. К вопросу о КТ анатомии мягких тканей коленного сустава. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова 2016, т. 11, № 3, стр. 81–84. [Pikhuta D.A., Abovich Yu.A., Bronov O.Yu., Kabanova Yu. V., Krylova T. A. K voprosu o KT anatomii myagkikh tkanei kolennogo sustava. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N. I. Pirogova* 2016, t. 11, № 3, str. 81–84]
13. Fan, A., Xu, T., Li, X. et al. Using anatomical landmarks to calculate the normal joint line position in Chinese people: an observational study. *J Orthop Surg Res* 13, 261 (2018). <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0963-2>.
14. Pereira GC, von Kaeppler E, Alaia MJ, Montini K, Lopez MJ, Di Cesare PE, Amanatullah DF. Calculating the position of the joint line of the knee using anatomical landmarks. *Orthopedics*. 2016;39(6):381–6. <https://doi.org/10.3928/01477447-20160729-01>.
15. Romero J, Seifert B, Reinhardt O, Ziegler O, Kessler O. A useful radiologic method for preoperative joint-line determination in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(5):1279–83. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1114-1>.
16. Khan WS, Bhamra J, Williams R, Morgan-Jones R. “Meniscal” scar as a landmark for the joint line in revision total knee replacement. *World J Orthop*. 2017;8(1):57–61. <https://doi.org/10.5312/wjo.v8.i1.57>.
17. Servien E, Viskontas D, Giuffre BM, Coolican MR, Parker DA. Reliability of bony landmarks for restoration of the joint line in revision knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;16(3):263–9. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0449-y>.
18. Iacono F, Lo Presti M, Bruni D, Raspugli GF, Bignozzi S, Sharma B, Marcacci M. The adductor tubercle: a reliable landmark for analysing the level of the femorotibial joint line. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(12): 2725–9. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2113-4>.
19. Havet E, Gabrion A, Leiber-Wackenheim F, Vernois J, Olory B, Mertil P. Radiological study of the knee joint line position measured from the fibular head and proximal tibial landmarks. *Surg Radiol Anat*. 2007;29(4):285–9. <https://doi.org/10.1007/s00276-007-0207-3>.
20. Singerman R, Heiple KG, Davy DT, Goldberg VM. Effect of tibial component position on patellar strain following total knee arthroplasty. *J Arthroplast*. 1995;10(5):651–6.
21. Mason M, Belisle A, Bonutti P, Kolisek FR, Malkani A, Masini M. An accurate and reproducible method for locating the joint line during a revision total knee arthroplasty. *J Arthroplast*. 2006;21(8):1147–53. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2005.08.028>.
22. Laskin RS. Joint line position restoration during revision total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;404:169–71. doi: 10.1097/00003086-200211000-00029

Информация об авторах:

Пан Чжэньюй - аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сече-

нова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail: pzygogogo@gmail.com.

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

Рукин Ярослав Алексеевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф лечебного факультета ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail: yar.rukin@gmail.com

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

Information about authors:

Pang Zhengyu is the postgraduate doctor of department of traumatology, orthopedics, and surgery of accidents Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), e-mail: pzygogogo@gmail.com.

Alexey Vladimirovich Lychagin is the Doctor of Medical Sciences, the associate professor, the head of the department of traumatology, orthopedics, and surgery of accidents Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Andrey Anatolyevich Gritsyuk is the Doctor of Medical Sciences, professor, professor of department of traumatology, orthopedics and surgery of accidents of medical faculty Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), phone 8-916-614-76-66, e-mail: drgaamma@gmail.com;

Yaroslav Alekseevich Rukin - Ph.D. I.M. Sechenov, Ministry of Health of Russia (Sechenov University), e-mail: yar.rukin@gmail.com

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-78-88>

УДК 617.572

© Паршиков М.В., Ужахов И.М., Ярыгин Н.В., Гурьев В.В., Просвирин А.А., Говоров М.В., Кузбашева Т.Г., Бuryкин К.И., 2022

Оригинальная статья / Original article



ОПЫТ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА

М.В. ПАРШИКОВ¹, И.М. УЖАХОВ^{*1,2}, Н.В. ЯРЫГИН¹, В.В. ГУРЬЕВ^{1,2}, А.А. ПРОСВИРИН¹, М.В. ГОВОРОВ¹, Т.Г. КУЗБАШЕВА¹, К.И. БУРЫКИН¹

¹Кафедра травматологии ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия

²Центр травматологии и ортопедии, ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко», Москва, 109386, Россия

Аннотация

Травматические вывихи плеча являются одной из самых распространенных травм и занимают первое место среди всех вывихов конечностей. Стабилизацию плечевого сустава при хронической нестабильности, как правило, осуществляют хирургическим путем. Однако эффективность результата лечения в целом во многом зависит не только от адекватности оперативного вмешательства, но и от характера, объема и своевременности реабилитационных мероприятий.

Цель исследования: определить комплекс реабилитационных мероприятий после хирургической стабилизации плечевого сустава, позволяющих оптимизировать результаты лечения и повысить качество жизни пациентов.

Пациенты и методы исследования: исследование включает в себя послеоперационное наблюдение 70 больных с хронической нестабильностью плечевого сустава, проходивших лечение в ЧУЗ «КБ «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко». Научная новизна заключается в определении оптимального комплекса реабилитационных мероприятий, оценке эффективности использования ударно-волновой терапии и введения аутологичной тромбоцитарно-обогащенной плазмы на послеоперационном этапе восстановления функции верхней конечности.

Результаты исследования: в результате проведенного исследования было выявлено статистически значимое улучшение функции плечевого сустава в виде наиболее полного восстановления объема движений и снижения выраженности болевого синдрома в максимально короткие сроки в группе, где послеоперационная реабилитация проводилась с использованием ударно-волновой терапии и применением аутологичной тромбоцитарно-обогащенной плазмы.

Ключевые слова: вывих плечевого сустава; хроническая нестабильность плечевого сустава; ударно-волновая терапия; PRP-терапия.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Паршиков М.В., Ужахов И.М., Ярыгин Н.В., Гурьев В.В., Просвирин А.А., Говоров М.В., Кузбашева Т.Г., Бuryкин К.И., Опыт послеоперационной реабилитации больных с хронической нестабильностью плечевого сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.78-88 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-78-88>

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

EXPERIENCE IN POSTOPERATIVE REHABILITATION OF PATIENTS WITH CHRONIC INSTABILITY OF THE SHOULDER JOINT

MIKHAIL V. PARSHIKOV¹, IBRAGIM M. UZHAKHOV^{*1,2}, NIKOLAY V. YARIGIN¹, VLADIMIR V. GURIEV^{1,2}, ALEXANDER A. PROSVIRIN¹, MIKHAIL V. GOVOROV¹, TATIANA G. KUZBASHEVA¹, KIRILL I. BURYKIN¹

¹Department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

²Semashko Clinical Hospital of JSC «Russian Railways»

Abstract

Traumatic dislocations of the shoulder are one of the most common injuries and occupy the first place among all dislocations of the limbs. Stabilization of the shoulder joint in chronic instability is usually performed surgically. However, the effectiveness of the treatment result as a whole largely depends not only on the adequacy of surgical intervention, but also on the nature, volume and timeliness of rehabilitation measures.

Aim: determine the complex of measures necessary in the postoperative period after various methods to stabilize the shoulder joint, which will improve the results of treatment and improve the quality of life of these patients.

Materials and methods: the study includes postoperative follow-up of 70 patients with chronic instability of the shoulder joint, who were treated at the hospital. The scientific novelty lies in determining the optimal complex of rehabilitation measures, assessing the effectiveness of using shock wave therapy and introducing autologous platelet-rich plasma at various stages of restoration of the function of the upper limb.

Results: the study revealed a statistically significant improvement in the function of the shoulder joint in the form of the most complete restoration of range of motion and a decrease in the severity of pain in the group where postoperative rehabilitation was carried out using shock wave therapy and the use of autologous platelet-rich plasma.

Key words: dislocation of the shoulder joint, chronic instability of the shoulder joint, shock wave therapy, PRP therapy.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Parshikov M.V., Uzhakhov I.M., Yarygin N.V., Guryev V.V., Prosvirin A.A., Govorov M.V., Kuzbasheva T.G., Burykin K.I., Experience in postoperative rehabilitation of patients with chronic instability of the shoulder joint. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№2. pp.78-88 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-78-88>

Актуальность

Травматические вывихи плеча являются одной из самых распространенных травм и занимают первое место среди всех вывихов конечностей (более 45%) [1]. В 85% случаев встречается передний вывих. Частота возникновения таких вывихов колеблется от 8,2 до 23,9 случаев на 100 тыс. человек в год [2]. В основном травматические вывихи плеча лечатся консервативными методами – вправлением и иммобилизацией. Что касается последнего метода, то специалисты по всему миру не могут сойтись в едином мнении как в отношении характера иммобилизации, так и в ее сроках [3, 4].

Каждый травматический вывих приводит к изменениям в стабилизирующих структурах, что влечет за собой дисфункцию плечевого сустава (ПС), а это часто приводит к развитию его хронической нестабильности [5, 6]. Большое значение в развитии привычного вывиха играют и ятрогенные факторы: недостаточная или неадекватная анестезия при устранении первичного вывиха, неадекватный способ его устранения, отсутствие полноценной реабилитационной и восстановительной терапии, в частности несоблюдение сроков иммобилизации, раннее возвращение к повседневной физической активности [7, 8]. В настоящее время стабилизацию плечевого сустава при хронической нестабильности, как правило, осуществляют хирургическим путем. Однако эффективность результата лечения в целом во многом зависит не только от адекватности оперативного вмешательства, но и от характера, объема и своевременности реабилитационных мероприятий [9, 10].

Цель исследования. Определить комплекс реабилитационных мероприятий после хирургической стабилизации плечевого сустава, позволяющих оптимизировать результаты лечения и повысить качество жизни пациентов.

Пациенты и методы исследования. Для достижения поставленной цели нами был проведен анализ эффективности программ послеоперационной реабилитации 70 пациентов в условиях клинической базы кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф МГМСУ им. А.И. Евдокимова, центре травматологии и ортопедии ЧУЗ «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко».

За период с 2015 по октябрь 2021 гг. проходили лечение 78 пациентов с хронической нестабильностью плечевого сустава в возрасте от 20 до 38 лет, которым были проведены различные хирургические вмешательства, 70 из которых удалось наблюдать. Мужчин было 68, женщин – 2. В анамнезе у пациентов отмечалось не менее 2 вывихов плеча. Продолжительность болезни варьировала от 2 месяцев до 5 лет 2 месяцев.

Процесс реабилитации занимал до 12 недель. Причем восстановительные мероприятия начинали уже на следующий день после хирургического вмешательства. Базовая программа (классический протокол) составлялась лечащим врачом совместно со специалистом по физической и реабилитационной медицине с учетом особенностей повреждения, объема операции и характера предполагаемых нагрузок.

Однако в первые дни после операции у пациентов появлялись отек и болевой синдром плечевого сустава разной степени выраженности, которые мешают в полном объеме эффективно проводить весь комплекс реабилитационных мероприятий. Поэтому одной из задач раннего послеоперационного этапа является ликвидация данных проявлений в максимально короткие сроки.

Известно, что ударная волна при контакте с травмированными мягкими тканями запускает противовоспалительные механизмы регенерации, значительно улучшает кровоток, что приводит к оптимизации сроков их восстановления и уменьше-

нию риска появления нежелательных явлений в виде болевого синдрома, отеков и рубцовых изменений [11, 12]. Установлено, что механическое и физическое воздействие на ткани, подвергшиеся воздействию ударно-волновой терапии (УВТ), зависит от плотности потока энергии (EFD): низкий уровень энергии с низкими импульсами показал положительный стимулирующий эффект, тогда как высокий уровень энергии с высокими импульсами имел значительные тормозящие эффекты. При лечении ударными волнами с более низким EFD наблюдалась повышающая регуляция ядерного антигена пролиферирующих клеток (PCNA), коллагена типа I, коллагена типа III и экспрессии гена TGF-beta1 (трансформирующего ростового фактора, бета-1), за которым следовало увеличение продукции оксид азота (II) (NO), высвобождения TGF-beta1 и синтеза коллагена. Ударные волны могут стимулировать пролиферацию теноцитов и синтез коллагена. Эти данные подтверждают, что пролиферация теноцитов опосредуется ранним повышением экспрессии генов PCNA (ядерного антигена пролиферирующих клеток, представляющего собой ДНК-зажим, который действует как фактор процессивности для ДНК-полимеразы) и TGF-beta 1, высвобождением и синтезом эндогенного NO и белка TGF-beta1, а затем синтезом коллагена. Shuxiang Li et al. [13] доказали, что более высокая концентрация цитокинов и MMP (matrix metalloproteinase), обычно наблюдаемая в пораженных теноцитах, подавлялась после стимуляции ударной волной. Полученные экспериментальные результаты показывают, что ударно-волновая терапия значительно стимулировала рост неоваскуляризации, которая играет значительную роль в улучшении кровоснабжения. Оксид азота, по-видимому, также имеет большое значение в молекулярных механизмах УВТ. Кроме того, изменение концентрации медиаторов флогоза поддерживает противовоспалительный эффект этой терапии.

Врачи разных специальностей по всему миру давно и успешно применяют PRP для лечения остеоартритов, поражений сухожильно-связочного аппарата. На сегодняшний день известно, что в тромбоцитах есть множество активных веществ, которые участвуют в восстановлении тканей путем стимуляции таких процессов, как хемотаксис, ангиогенез, иммуномодуляция, антимикробная активность и ремоделирование [14, 15, 16, 19]. Есть данные, что тромбоцитарный фактор роста (PDGF), фактор роста фибробластов (FGF), трансформирующий фактор роста (TGF- β 1), инсулиноподобный фактор роста (IGF-1), факторы роста сосудов и эндотелия (VEGF, VGF), цитокины (IL-1, IL-6, TNF- α) и т. д. способны стимулировать пролиферацию, миграцию и дифференцировку по остеогенному пути мезенхимальных стволовых клеток, стимулировать рост остеобластов и синтез ими межклеточного матрикса [17, 18, 19]. Эти свойства позволяют использовать аутологичную тромбоцитарно-обогащенную плазму для снижения отека, уменьшения болевого синдрома, оптимизации регенерационного процесса [20, 21].

Ответная реакция ударной волны и аутологичной тромбоцитарно-обогащенной плазмы в травмированных мягких

тканях побудила нас у части пациентов включить УВТ и PRP-терапию в базовую программу на послеоперационном этапе реабилитации. Для изучения эффективности примененных комплексов с целью последующего сравнительного анализа нами были рандомизированно сформированы 2 группы пациентов, схожие по возрасту, антропометрическим параметрам и количеству оперативных вмешательств:

1 группа (контрольная) – послеоперационная реабилитация осуществлялась согласно классическому протоколу с преимущественным использованием иммобилизации и ЛФК;

2 группа (основная) – классический протокол + УВТ и PRP-терапия (Таблица 1).

Средний возраст в группе 1 составил 29 лет 7 месяцев, в группе 2 – 27 лет 4 месяца.

Критериями исключения во 2-й группе являлись:

при использовании УВТ:

- наличие инфицированной раны в месте воздействия акустических волн,
- незавершенный остеогенез,
- беременность,
- полиорганная недостаточность;
- при PRP-терапии:
- наличие полнослойного дефекта хряща,
- тяжелые дегенеративные изменения плечевого сустава,
- системные воспалительные заболевания (сахарный диабет, реактивные артриты), отягощенный онкологический анамнез,
- повышение уровня ревматоидного фактора,
- повышение уровня мочевой кислоты > 360 мкмоль/л,
- микрокристаллические артропатии, выявленные в ходе артроскопии,
- переломы суставного отростка лопатки, требующие изменения протокола реабилитации.

Таблица 1

Виды оперативных техник и реабилитационных программ

Реабилитационные программы	Классический протокол	Классический протокол + УВТ + PRP
Вид операции	Количество больных	
Операция Банкарта	13	13
Операция Банкарта + укрепление капсулы	8	8
Изолированное укрепление капсулы согласно оригинальной методике	5	5
Операция по Свердлову-2	5	5
Операция Бристоу – Латарже	4	4
Итого	35	35

Необходимо отметить, что для объективности анализа в обеих группах частота встречаемости различных методик оперативного лечения одинаковая. Как видно из таблицы 1, в 26 случаях (13 + 13) выполнена операция Банкарта; в 16 (8 + 8) – операция Банкарта + укрепление капсулы; в 10 (5 + 5) – изолированное укрепление капсулы согласно методике, разработанной на нашей кафедре; в 10 (5 + 5) – операция по Свердлову-2; в 8 (5 + 5) – операция Бристоу – Латарже. Операции проводились по общеизвестным технологиям [22, 23, 24, 25]. Во время операций у всех больных удалось полностью реализовать план стабилизации плечевого сустава. Оперативные вмешательства завершались фиксацией верхней конечности в ортезной повязке по типу Дезо. В нашем исследовании мы использовали ортезы заводской конструкции, позволяющие при необходимости временно прекратить фиксацию предплечья при сохранении иммобилизации плеча (рис. 1).



Рисунок 1. Конструкция ортеза, примененного на послеоперационной этапе

Базовая программа реабилитации включала три этапа, с последовательным увеличением нагрузки на оперированную верхнюю конечность, плечевой сустав и окружающие его мышцы, что приводило к их укреплению и постепенному восстановлению.

I этап – послеоперационный (3–6 недель после операции)

Задачи:

- 1) снижение отечности и боли в прооперированном плече;
- 2) полное восстановление пассивных движений в плечевом суставе;
- 3) профилактика гипотрофии мышц, стабилизирующих ПС;

4) стимулирование кровообращения в области плечевого сустава.

Применялись следующие упражнения:

– Изотоническое напряжение мышц плечевого пояса без движения руки, удержание напряжения в течение нескольких секунд, с последующим расслаблением. Рука фиксирована в ортезе. Сжатие гимнастического резинового мяча, эспандера (3–4 раза в день по 10 мин.).

– Движения пальцев кисти, разгибательно-сгибательные движения в лучезапястном суставе. Рука фиксирована в ортезе (5–6 раз по 10–12 мин.). Данные упражнения выполнялись с первого дня после операции.

– Сгибательно-разгибательные движения в локтевом суставе, не вызывающие боли в плечевом суставе. Часть повязки (ортеза) снималась (с предплечья), вторая часть, фиксирующая руку к туловищу, оставалась без изменений. Выполняется сгибание и разгибание в локтевом суставе, без утяжеления (3–4 раза в день по 10–15 мин.). После артроскопических операций данное упражнение начинали на следующий день, при открытых – только на 5–6-й. Если появлялся болевой синдром (7 больных), дальнейшее занятие отменяли и разбирались в причине. Выраженный болевой синдром – противопоказание к любым реабилитационным мероприятиям.

– Динамические упражнения, поднятие надплечий, вращение, сведение лопаток. Выполнялось в ортезе, при этом часть его снималась, вторая часть, фиксирующая руку к туловищу, оставалась без изменений.

Вначале, при попытке выполнить какое-либо упражнение, мышцы плеча рефлекторно напрягались. У части пациентов это выражалось в небольшом дискомфорте и тянущих ощущениях. В своей работе мы исходили из принципа, что одной из задач врача (методиста) является помощь пациенту в преодолении рефлекторного страха и обучение его выполнению упражнений так, чтобы избежать повторного травмирования плечевого сустава.

Упражнения на лечебном аппарате (ARTROMOT ACTIVE-K) (механотерапию) начинали уже в течение первых суток после артроскопических техник. При других операциях был избран индивидуальный подход: занятия начинали только после снятия ортеза (как правило, на втором этапе) под контролем специалиста по реабилитации. Работа на аппарате была направлена на раннее безболезненное восстановление подвижности в оперированном плечевом суставе, координацию движений и укрепление мышц-стабилизаторов.

К концу данного этапа (в зависимости от травматичности операции) иммобилизацию постепенно прекращали.

II этап – восстановительный (2–4 недели)

Задачи:

- 1) восстановление активно-пассивных движений в оперированном суставе;

- 2) восстановление тонуса мышц плечевого пояса;
- 3) восстановление чувства положения руки в пространстве (проприоцепции).

Условия проведения ЛФК определялись травматичностью проведенного вмешательства: темп, силу и амплитуду упражнений подбирали так, чтобы они были комфортны и безболезненны для пациента. Не разрешались резкие, маховые, рывковые движения. Занятия рекомендовали проводить 2–3 раза в день, каждое упражнение повторять 8–10 раз.

Упражнения:

– Качательные движения в плечевом суставе. Упражнение выполняют, наклонив туловище вперед и свесив руку. Рука расслаблена, качательные движения в различных плоскостях, в безболезненном диапазоне.

– Движения в плечевом суставе, при помощи здоровой руки. Движения начинали с безболезненного объема, постепенно увеличивая амплитуду движений. Усилие от здоровой руки к оперированному плечевому суставу передается при помощи гимнастической палки или трости. Гимнастическая палка бралась двумя руками, и за счет усилий здоровой руки производили движения в оперированном плечевом суставе.

– Поднимание руки кпереди, «взбираясь» пальцами кисти по стене.

– Помощь движениям оперированной руки здоровой, либо использовался жгут, переброшенный через блок.

– Использование упражнения типа «лыжные палки» с помощью двух гимнастических палок в и. п. – сидя на стуле, кушетке или на фитболе, имитируя движение палок при ходьбе на лыжах.

– Руки согнуты в локтевых суставах, кисти приведены к плечевым суставам. В таком положении выполнялись круговые движения в безболезненном диапазоне.

– Постепенное увеличение объема движений, используя «скольжение» конечности по горизонтальной поверхности.

– Упражнения «умывание», «причесывание».

– Упражнения для укрепления мышц стабилизаторов лопатки. Упражнения выполняли лежа либо прижавшись спиной к стене.

Также добавляли упражнения, направленные на координацию и восстановление проприоцепции.

Если сустав отекал и в нем усиливалась боль во время занятий либо после них и состояние не восстанавливалось к следующему утру, нагрузку уменьшали.

III этап – предтренировочный (4 недели)

Задачи:

- 1) тренировка мышц стабилизаторов плечевого сустава;
- 2) восстановление объема активных движений в суставе во всех плоскостях.

Упражнения:

– Использование блоковых тренажеров, отягощений и резиновых амортизаторов. Выполнялись стандартные упражнения для нагрузки на различные группы мышц плечевого пояса с умеренным ограничением амплитуды движений и постепенным увеличением весов до средних.

– Упражнения на координацию выполнялись с использованием мячей или баланс-платформ. Это были упражнения на удержание мяча, прижатого к стене, или упражнения с упором на мяч или платформу. Подобные упражнения начинали под контролем врача по физической и реабилитационной медицине.

– Имитация спортивных нагрузок (движения ракеткой, бросковые движения) в медленном темпе, в некоторых случаях с использованием резиновых амортизаторов.

– Увеличение амплитуды активных движений до полного объема.

После завершения реабилитационных мероприятий больным рекомендовали ограничение спортивных нагрузок до 4–6 месяцев.

В дополнение к базовой программе во 2-й группе применяли ударно-волновую терапию и инъекции PRP-плазмы по разработанной схеме.

Задачи:

1) оптимизация процессов снятия отека и уменьшения болевого синдрома на послеоперационном этапе;

2) профилактика рубцовых изменений мягких тканей в области оперативного вмешательства;

3) оптимизация механизмов регенерации.

Для УВТ-терапии использовали аппарат BTL-6000. Производитель (<https://www.btlmed.ru/news/radial-and-focused-shockwaves>) рекомендует осуществлять воздействие, направленное на регенерацию мягких тканей, в зависимости от болевого восприятия пациента. Процедуру проводили уже на первые сутки после оперативного лечения по следующей схеме: вначале производили 2000 импульсов с частотой 8 Гц и с давлением 3 бара, после чего совершали еще 500 импульсов с частотой 15 Гц, 3 бара. Количество сеансов составляло 5 процедур с интервалом через день. Техника проведения процедуры не зависела от характера выполненного оперативного вмешательства. На перевязке удаляли резиновые «выпускники» (при их установке), рану обрабатывали перекисью водорода или хлоргексидином, после чего на сухую чистую кожу больного наносили антибактериальный акустический гель в объеме достаточном для погружения в него датчика на 2–4 мм. При выполнении обработки плечевого сустава акустической волной старались не проходить датчиком по послеоперационной ране, но в то же время не отходили от нее далеко, держась в приграничной области (обычно это 0,5 см от ушитых краев). Эффективность процедуры оставалась высокой, даже если происходил прямой физический контакт датчика с самой ушитой раной (это произошло во время 6 сеансов), но все же старались его избегать

для исключения травмирования кожи и швов. Нередко во время проведения процедуры из послеоперационной раны опорожнялись гематомы или экссудат, которые аккуратно удаляли марлевой салфеткой, добавляли гель и продолжали процедуру.

Болевой синдром во время обработки акустической волной, как правило, невыраженный и спокойно переносился пациентами при условии объяснения всех нюансов до процедуры. Все последующие сеансы протекали с меньшими болевыми ощущениями и после третьей процедуры вовсе исчезали.

При определении точек воздействия особое внимание уделяли передней поверхности, а именно переходу сухожилия в мышечную ткань *m. coracobrachialis*, *mm. biceps et brachialis*,

m. biceps brachii, *m. coracobrachialis*. По нашему мнению, необходимо внимательно относиться к триггерным зонам у пациентов, так как они являются ориентирами для проведения сеансов ударно-волновой терапии. При выполнении процедуры учитывали, что основное воздействие следует оказывать на мягкие ткани, избегая работы в проекции костных ориентиров. Визуальную положительную динамику в плане увеличения кровотока отмечали при работе датчиком в проекции основного сосудисто-нервного пучка, представленного *a. et v. brachiales*, *n. medianus*. Его проецировали по линии, соединяющей точку, расположенную на границе передней и средней третей ширины подмышечной ямки (проекция подмышечной артерии), с серединой локтевого сгиба (рисунк 2).

Мышцы верхней конечности и груди, правой, вид сбоку

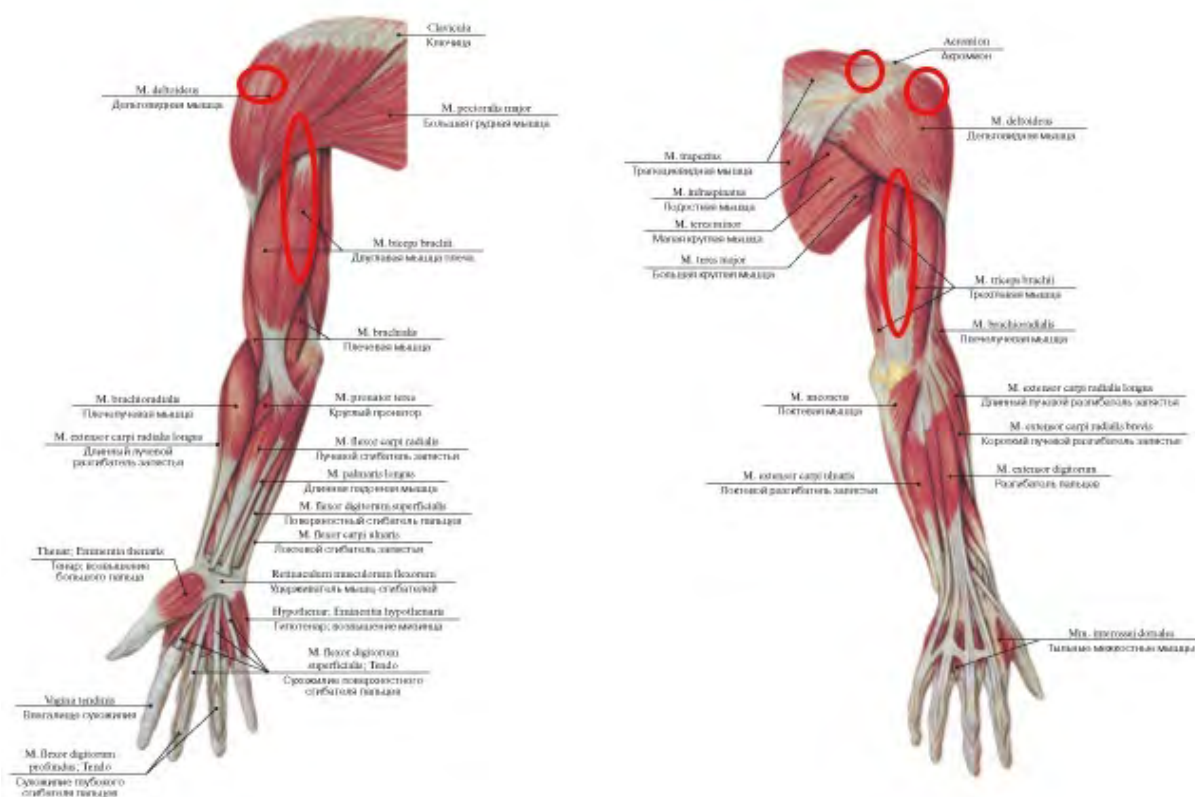


Рисунок 2. Актуальные триггерные точки для ударно-волновой терапии после хирургической стабилизации плечевого сустава

В конце процедуры появлялась гиперемия кожных покровов, а также определялось увеличение движений в суставе.

Немаловажным является факт, что УВТ в целом позволяла значительно снизить болевой синдром, это улучшало результаты лечения, так как его отсутствие помогало активно разрабатывать конечность, что приводило к оптимальному увеличению объема движений.

После снятия швов (через 10–14 суток) пациентам перед выпиской проводили инъекцию аутологичной тромбоцитар-

но-обогащенной плазмы, которую повторяли дважды с периодичностью 1 раз в неделю. Согласно рекомендациям производителей и ориентируясь на опыт травматологов-ортопедов, количество инъекций составляло 3 [26, 27, 28].

На практике использовали два варианта приготовления аутологичной тромбоцитарно-обогащенной плазмы.

1. Для приготовления аутологичной тромбоцитарно-лейкоцитарной фракции применяли пробирки с системой двойной фильтрации PlatGen. Пробирки содержат полиэфирный гель для

создания стойкого барьера между клеточными компонентами крови и сывороткой, гель Ficoll – это высоко разветвленный полисахарид, который позволяет отделить тромбоцитарно-лейкоцитарную фракцию от клеток крови.

2. Производили забор венозной крови из кубитальной вены в 4 пробирки с антикоагулянтом цитрат натрия или ЭДТА объемом 9 мл (всего 36 мл). Пробирки с кровью подвергали двукратному центрифугированию. Первое центрифугирование, необходимое для разделения крови на фракции и отделения тромбоцитов от первичной плазмы, проходило при 300 g 10 мин. После этого осуществляли забор полученной первичной плазмы без лейкоцитарного слоя в стерильные пробирки без наполнителя. Последние подвергались второму центрифугированию при режиме 700 g 10 мин., необходимому для концентрирования тромбоцитов (рисунок 3), с последующим удалением верхнего слоя бедной тромбоцитами плазмы.



Рисунок 3. Вид тромбоцитов, витально окрашенных трипафлавином-акридиновым оранжевым, при флуоресцентной микроскопии

Полученную богатую тромбоцитами плазму набирали в стерильный шприц и использовали для внутрисуставного или параартикулярного введения в оперированный плечевой сустав. Внутрисуставные введения (рисунок 4) позволяли активизировать регенерационные процессы в полости сустава, в том числе и формирование фиброзной капсулы после ее как изолированного, так и в комбинации с операцией Банкарта укрепления. Околосуставные инъекции проводились по ходу послеоперационного шва как при артроскопических техниках, так и при открытых оперативных вмешательствах.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение динамики восстановительного процесса проводилось начиная с первого дня после оперативного вмешательства до завершения программы реабилитации.

После акустического воздействия у 29 пациентов основной группы ко второму сеансу отмечалось восстановление контуров сустава, улучшение тургора и естественного цвета кожи, в то время как у 6 человек такие наблюдения произошли только к третьему сеансу, что связано с более высокой степенью травматизации тканей во время операции. Однако у всех больных

после осуществления упражнений механотерапии в плечевом суставе отмечался незначительный регресс болевого синдрома и отека. После четвертого – пятого сеанса УВТ реакции мягких тканей на двигательную активность в суставе уже не отмечали. Более того, на фоне УВТ и введения PRP-плазмы на послеоперационном этапе пациентам основной группы удалось выполнить базовую программу ЛФК в полном объеме в запланированные сроки и достичь ожидаемых позитивных эффектов.



Рисунок 4. Пункция плечевого сустава передним доступом при внутрисуставном введении плазмы (место введения инъекционной иглы находится в пальпируемом мягком углублении, находящемся на 1 см ниже и на 1 см кнаружи от клювовидного отростка лопатки)

Оцениваемыми показателями через 4, 8 и 12 недель после операции являлись болевой синдром, объем активных движений в плечевом суставе и ощущение субъективного удовлетворения его функцией пациентом.

Для статистической обработки результатов применялся пакет программ IBM SPSS Statistics 23. С целью проверки гипотезы о нормальности распределения используемых количественных переменных применялся тест Шапиро – Уилка. В случае нормального распределения данных для оценки и сравнения количественных критериев использовали t-критерий Стьюдента. В случае распределения данных, отличного от нормального, использовался критерий Манна – Уитни (для двух независимых выборок). Статистически значимым считался результат при вероятности ошибки $p < 0,05$.

Для изучения результатов применили усовершенствованную шкалу Свансона. Система позволяет проанализировать степень выраженности всех трех параметров от 0 до 10 баллов [29].

Болевой синдром (оценивался пациентом субъективно): 2 – в покое, 4 – при движениях в плече, 6 – при выполнении повседневных обязанностей, 8 – минимальная после тяжелой работы, 10 – полное отсутствие.

Объем активных движений в плечевом суставе: отведение < 20 – 1,14, 21–40 – 2,29, 41–60 – 3,43, 61–80 – 4,57, >80 – 5,71; разгибание < 5 – 0,29, 6–10 – 0,57, 11–20 – 0,86, 21–30 – 1,14, >30 – 1,43; сгибание < 90 – 0,57, 91–110 – 1,14, 111–130 – 1,71, 131–150 – 2,29, >150 – 2,86.

Активность в повседневной жизни, заключающаяся в наличии или отсутствии ограничений у пациента в связи с дискомфортом в области плечевого сустава: невозможность использовать руку – 2, только легкая работа с помощью помощников – 4, выполнение большей части своих повседневных обязанностей – 6, незначительные ограничения при тяжелой работе – 8, полная активность – 10.

Сумма значений показателей 30 баллов соответствует оптимальному состоянию плечевого сустава в конце реабилитационной программы.

При изучении состояния больных с 4-й по 12-ю неделю реабилитации в основной группе пациентов показатель отсутствия боли изменился с $8,6 \pm 0,11$ до $9,7 \pm 0,12$ ($p < 0,001$); объем активных движений увеличился с $8,1 \pm 0,14$ до $9,6 \pm 0,15$ ($p < 0,001$); активность в повседневной жизни – с $8,3 \pm 0,10$ до $9,6 \pm 0,08$ ($p < 0,05$).

В контрольной группе аналогичные показатели изменились соответственно с $7,7 \pm 0,09$ до $9,0 \pm 0,14$ ($p < 0,05$), с $7,9 \pm 0,16$ до $9,1 \pm 0,09$ ($p < 0,05$), с $7,2 \pm 0,10$ до $9,3 \pm 0,12$ ($p < 0,05$). Сравнительные данные представлены на таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная оценка обеих групп по модифицированной шкале Свансона

Программа реабилитации	Классический протокол (группа сравнения)			Классический протокол + УВТ + PRP (основная группа)		
	4 нед.	8 нед.	12 нед.	4 нед.	8 нед.	12 нед.
Болевой синдром	$7,7 \pm 0,09$	$8,6 \pm 0,11$	$9,0 \pm 0,14$	$8,6 \pm 0,11$	$9,3 \pm 0,11$	$9,7 \pm 0,12$
Активность в повседневной жизни	$7,9 \pm 0,16$	$8,8 \pm 0,10$	$9,1 \pm 0,09$	$8,3 \pm 0,10$	$9,2 \pm 0,11$	$9,6 \pm 0,08$
Объем активных движений в плечевом суставе	$7,2 \pm 0,10$	$8,9 \pm 0,11$	$9,3 \pm 0,12$	$8,1 \pm 0,14$	$9,2 \pm 0,13$	$9,6 \pm 0,15$
Итого	$22,8 \pm 0,11$	$26,3 \pm 0,10$	$27,4 \pm 0,11$	$25 \pm 0,12$	$27,7 \pm 0,11$	$28,9 \pm 0,12$

Таким образом, как видно из таблицы 2, в контрольной группе отмечалось повышение суммарного показателя с 22,8 баллов через 4 недели до 27,4 на 12-й, в то время как за этот же период в основной группе он составил 25,0 и 28,9 баллов соответственно.

Современный подход к послеоперационной реабилитации данной категории пациентов предполагает различные методы, в частности лечебную физкультуру, которая по праву играет одну из ведущих ролей по эффективности в плане увеличения объема движений, снижения выраженности болевого синдрома, а также возвращения к прежней степени активности данных пациентов [30]. В то же время наши наблюдения показали возможность оптимизации восстановительно процесса своевременным добавлением на послеоперационном этапе в базовую программу современных технологий улучшения локального кровоснабжения, снижения отеков и ликвидации болевого синдрома путем использования УВТ и инъекций аутологичной тромбоцитарно-обогащенной плазмы PRP (как один из вариантов). В основной группе отмечалось более раннее восстановление движений в патологическом суставе, купирование боли, и в последующем качество жизни восстанавливалось более активно. Разработанная программа реабилитации позволила иногородним пациентам выезжать в районы постоянного проживания и продолжать уже там реабилитацию,

не планируя повторное обращение в лечебное учреждение, где проводилось оперативное лечение. Необходимо отметить возможность осуществления данных процедур на уровне поликлинического звена, избегая госпитализации в стационар.

В то же время нельзя игнорировать тот факт, что после различных видов оперативных вмешательств мы наблюдали разные картины как в скорости достижения изучаемых показателей, так и в итоговом результате. На наш взгляд, это связано с характером, объемом оперативного вмешательства и степенью травматизации вследствие последнего. Так, укрепление капсулы плечевого сустава обладает меньшей травматичностью относительно операции Банкарта, которая осуществлялась комбинированно с укреплением капсулы. В случае изолированного укрепления капсулы сустава восстановление проходило эффективнее, в более быстрые сроки и с меньшей энергозатратностью пациента и специалистов лечебной физкультуры. Больные после операции Бристоу – Латарже, которая обладает большей травматичностью, демонстрировали наименьшую скорость восстановления. Более того, можно согласиться с мнением некоторых исследователей о том, что после этой техники опосредованно возникающие рецидивы макро- и микронеустойчивости, несмотря на различные программы реабилитации, приводят к дегенеративным изменениям в плечевом суставе [31, 32]. В частности, репаративный процесс в

области перемещенного костного блока клювовидного отростка при данной операции остается недостаточно изученным, а его биологические исходы часто не коррелируют с клиническими результатами и степенью восстановления функции плечевого сустава [34, 33].

Заключение

Полученный опыт послеоперационной реабилитации больных с хронической нестабильностью плечевого сустава показал, что для более раннего и полного восстановления объема активных движений в дополнение к классическим протоколам реабилитации можно использовать средства, улучшающие локальное кровоснабжение, ускоряющие процесс ликвидации отеков и болевого синдрома на послеоперационном этапе. Относительно невысокая стоимость оборудования, необходимого как для проведения ударно-волновой терапии, так и для PRP-терапии, позволяет рекомендовать их как одни из таких средств.

Список литературы / References

1. Вывихи плеча / Бондарев В. Б., Ваза А. Ю., Файн А. М., Титов Р. С. // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н. В. Склифосовского. 2020. Т. 9, № 1. С. 68–84 [Shoulder dislocations / Bondarev V. B., Vaza A. Yu., Fain A. M., Titov R. S. // Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch. Zhurnal im. N. V. Sklifosovskogo. 2020. Vol. 9, No. 1. P. 68–84].
2. The incidence and characteristics of shoulder instability at the United States Military Academy / Owens B. D., Duffey M. L., Nelson B. J., DeBerardino T. M., Taylor D. C., Mountcastle S. B. // Am J Sports Med. 2007. Vol. 35 (7). P. 1168–1173. DOI: 10.1177/0363546506295179.
3. Boffano M., Mortera S., Piana R. Management of the first episode of traumatic shoulder dislocation // EFORT Open Rev. 2017. Vol. 2 (2). P. 35–40. DOI: 10.1302/2058-5241.2.160018.
4. Low-cost alternative external rotation shoulder brace and review of treatment in acute shoulder dislocations / Lacy K., Cooke C., Cooke P., Schupbach J., Vaidya R. // West J Emerg Med. Vol. 16 (1). P. 114–120. DOI: 10.5811/westjem.2014.12.23068.
5. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике нестабильности плечевого сустава / Акимкина А.М., Гончаров Е.Н., Родионов А.В., Знаменский И.А., Юматова Е.А. // Здоровье и образование в XXI веке. 2012. № 4 (14). С. 499–503 [Posibilities of magnetic resonance imaging in the diagnosis of instability of the shoulder joint / Akimkina A. M., Goncharov E. N., Rodionov A. V., Znamenskii I. A., Yumatova E. A. // Zdorove i obrazovanie v XXI veke. 2012. Vol. 4 (14). P. 499–503].
6. Loppini M. Is the instability severity index score a valid tool for predicting failure after primary arthroscopic stabilization for anterior glenohumeral instability? // Arthroscopy. 2019. Vol. 35 (2). P. 361–366. DOI: 10.1016/j.arthro.2018.09.027.
7. Матвеев Р. П., Асланов В. А. Анализ результатов лечения первичного травматического вывиха плеча // Травматология и ортопедия России. 2011 № 1 (59). С. 96–100 [Matveev R. P., Aslanov V. A. The analysis of results of treatment a shoulder primary traumatic dislocation // Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2011. No. 1 (59). P. 96–100].
8. Immobilization in external rotation versus internal rotation after primary anterior shoulder dislocation: a meta-analysis of randomized controlled trials / Whelan D. B., Kletke S. N., Schemitsch G., Chahal J. // Am J Sports Med. 2016. Vol. 44 (2). P. 521–532. DOI: 10.1177/0363546515585119.
9. Nonoperative treatment of primary anterior shoulder dislocation in patients forty years of age and younger. A prospective twenty-five-year follow-up / Hovelius L., Olofsson A., Sandström B., Augustini B. G., Krantz L., Fredin H. [et al.] // J Bone Joint Surg Am. 2008. Vol. 90 (5). P. 945–952. DOI: 10.2106/JBJS.G.00070.
10. Кузьмина В. И., Доколин С. Ю. Первичный травматический передний вывих плеча: выбор между консервативным и ранним артроскопическим лечением (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2014. Т. 4 (74). С. 110–113 [Kuzmina V. I., Dokolin S. Yu. Primary traumatic anterior shoulder dislocation: conservative or early arthroscopic treatment (review) // Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2014. Vol. 4 (74). P. 110–113].
11. Пурига А. О. Эффективность комплексного применения ударно-волновой терапии и радоновых ванн в реабилитации пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.11. Москва, 2016. 129 с. [Puriga A. O. The effectiveness of the combined use of shock wave therapy and radon baths in the rehabilitation of patients with diseases of the musculoskeletal system: PhD med. sci. diss.: 14.03.11. Moscow, 2016. 129 p.].
12. Сермяжко Г. К. Экстракорпоральная ударно-волновая терапия у больных дорсопатиями в условиях реабилитационного отделения поликлиники // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Том 21, № 1. С. 48–53 [Sermiyazhko G. K. Extracorporeal shock-wave therapy in the treatment of the patients with dorsopathies in the rehabilitation department of the polyclinics // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. 2014. Vol. 21, № 1. P. 48–53]. DOI: 10.12737/3312.
13. Clinical effects of extracorporeal shock-wave therapy and ultrasound-guided local corticosteroid injections for plantar fasciitis in adults: A meta-analysis of randomized controlled trials / Shuxiang Li, Kun Wang, Han Sun, Xiaomin Luo, Peng Wang, Sheng Fang, Haifeng Chen, Xiaoliang Sun // Medicine (Baltimore). 2018. Vol. 97 (50). P. e13687. DOI: 10.1097/MD.00000000000013687.
14. Extracorporeal shock wave therapy mechanisms in musculoskeletal regenerative medicine / Simplicio C. L., Purita J., Murrell W., Santos G. S., Dos Santos R. G., Lana S. D. // J Clin Orthop Trauma. 2020. Vol. 11 (Suppl. 3). P. S309–S318. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.02.004.
15. Effectiveness of Extracorporeal Shock Wave Therapy and kinesio taping in calcific tendinopathy of the shoulder: a randomized controlled trial / Frassanito P., Cavalieri C., Maestri R., Felicetti G. // Eur J Phys Rehabil Med. 2018. Vol. 54 (3). P. 333–340. DOI: 10.23736/S1973-9087.17.04749-9.
16. Effect of extracorporeal shock wave therapy for burn scar regeneration: A prospective, randomized, double-blinded study / Lee S. Y., Joo S. Y., Cho Y. S., Hur G. Y., Seo C. H. // Burns. 2021. Vol. 47 (4). P. 821–827. DOI: 10.1016/j.burns.2020.08.009.
17. Use of Platelet Rich Plasma and Hyaluronic Acid in the Treatment of Complications of Achilles Tendon Reconstruction / Gentile P., De Ange-

lis B., Agovino A., Orlandi F., Migner A., Pasquali C. Di, Cervelli V. // *World J Plast Surg*. 2016. Vol. 5 (2). P. 124–132.

18. Макаров М. С., Пономарев И. Н. Роль богатой тромбоцитами плазмы в репарации дефектов костной ткани // *Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова*. 2015. № 10. С. 94–99 [Makarov M. S., Ponomarev I. N. Platelet rich plasma in bones defects regeneration // *Khirurgiya. Zhurnal im. N. I. Pirogova*. 2015. Vol. 10. P. 94–99]. DOI: 10.17116/hirurgia20151094-99.

19. Возможности и перспективы использования обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении переломов и дефектов костей / Бурыйкин К. И., Паршиков М. В., Ярыгин Н. В., Светлов Д. В., Говоров М. В., Чемянов И. Г. Просвирин А. А. // *Политравма*. 2020. № 3. С. 108–119 [Opportunities and prospects for the use of plasma enriched in platelets in the treatment of fractures and bone defects / Burykin K. I., Parshikov M. V., Yarygin N. V., Svetlov D. V., Govorov M. V., Chemyanov I. G., Prosvirin A. A. // *Politravma*. 2020. Vol. 3. P. 108–119]. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10039.

20. Методика применения аутологичной богатой тромбоцитами плазмы в лечении пациентов с остеоартрозом коленных суставов: методические рекомендации / Теплов О. В., Теплова Ю. С., Плаксейчук Ю. А., Масгутов Р. Ф., Масгутова Г. А., Салихов Р. З., Чекунов М. А., Галимов Д. Х. Казань: Б. и., 2017. 19 с. [Teplov O. V., Teplova Yu. S., Plaksejchuk Yu. A., Masgutov R. F., Masgutova G. A., Salikhov R. Z., Chekunov M. A., Galimov D. Kh. The method of using autologous platelet-rich plasma in the treatment of patients with knee osteoarthritis. Guidelines. Kazan, 2017. 19 p.].

21. The Role of platelet-rich plasma in cartilage pathology: an updated systematic review of the basic science evidence / Fice M. P., Miller J. C., Christian R., Hannon C. P., Smyth N., Murawski C. D., Cole B. J., Kennedy J. G. // *Arthroscopy*. 2019. Vol. 35 (3). P. 961–976. DOI: 10.1016/j.arthro.2018.10.125.

22. Latarjet M. Treatment of recurrent dislocation of the shoulder // *Lyon Chir*. 1954. Vol. 49. P. 994–997.

23. Сverdlov Ю. М. Травматические вывихи и лечение. Москва: Медицина, 1978. 200 с. [Sverdlov Yu. M. Traumatic dislocations and treatment / Yu. M. Sverdlov. Moscow: Medicine, 1978. 200 p.].

24. Тяжелов А. А. Сравнительная оценка лечения повреждений Банкарта методом анкерной фиксации и традиционной чрескостной стабилизации капсулы // *Травма*. 2005. Т. 6, № 2. С. 153–158. [Tyazhelov A. A. Comparative evaluation of the treatment of Bankart injuries by anchor fixation and traditional transosseous stabilization of the capsule // *Travma*. 2005. Vol. 6, No. 2. P. 153–158].

25. Оценка и значение состояния капсулы в оперативном лечении хронической нестабильности плечевого сустава / Паршиков М. В., Ужахов И. М., Ярыгин Н. В., Гурьев В. В., Тетерский А. А., Переведенцева А. М., Гнетцкий С. Ф., Говоров М. В. // *Политравма*. 2019. № 3. С. 46–54 [Assessment and significance of state of the capsule in surgical treatment of chronic instability of the shoulder joint / Parshikov M. V., Uzhakhov I. M., Yarygin N. V., Guryev V. V., Teterskiy A. A., Perevedentseva A. M., Gnetckiy S. F., Govorov M. V. // *Polytrauma*. 2019. No. 3. P. 46–54].

26. Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча / Маланин

Д. А., Норкин А. И., Трегубов А. С., Демещенко М. В., Черезов Л. Л. // *Травматология и ортопедия России*. 2019. № 25 (3). С. 57–66 [Malanin D. A., Norkin A. I., Tregubov A. S., Demeshchenko M. V., Cherezov L. L. PRP-Therapy for Tendinopathies of Rotator Cuff and Long Head of Biceps. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2019. Vol. 25 (3). P. 57–66]. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-57-66.

27. The effect of subacromial injections of autologous conditioned plasma versus cortisone for the treatment of symptomatic partial rotator cuff tears / Wehren L., Blanke F., Todorov A., Heisterbach P., Sailer J., Majewski M. // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016. Vol. 24 (12). P. 3787–3792. DOI: 10.1007/s00167-015-3651-3.

28. The clinical impact of platelet-rich plasma on tendinopathy compared to placebo or dry needling injections: a meta-analysis / Tsicopoluos K., Tsicopoluos I., Simeonidis E., Papathanasiou E., Haidich A. B., Anastasopoulos N., Natsis K. // *Phys Ther Sports*. 2016. Vol. 17. P. 87–94. DOI: 10.1016/j.ptsp.2015.06.003.

29. Поквашев Д. П. Лечение больных с переломами проксимального отдела плечевой кости: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15. Москва, 2010. 26 с. [Pokhvashchev D. P. Treatment of patients with fractures of the proximal humerus: authoref. PhD med. sci. diss.: 14.01.15. Moscow, 2010. 26 p.].

30. ЛФК после хирургического вмешательства: показания, ограничения, эффективность после операции [Электронный ресурс] // *Качество жизни: клиника восстановительной медицины*. URL: <https://qualis-vita.ru/lfk-posle-operaczii/> (дата обращения: 26.01.2022) [Exercise therapy after surgery: indications, limitations, effectiveness after surgery [Electronic resource] // *Kachestvo zhizni: klinika vosstanovitel'noi meditsiny*. Available at: <https://qualis-vita.ru/lfk-posle-operaczii/> (accessed: 26.01.2022)].

31. Graft position and fusion rate following arthroscopic Latarjet / Casabianca L., Gerometta A., Masein A., Khiami F., Rousseau R., Hardy A., Pascal-Moussellard H., Loriaut Ph. // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016. Vol. 24. P. 507–512. DOI: 10.1007/s00167-015-3551-6.

32. Contribution of osseous and muscular stabilizing effects with the Latarjet procedure for anterior instability without glenoid bone loss / Dines J. S., Dodson C. C., McGarry M. H., Oh J. H., Altchek D. W., Lee T. Q. // *J Shoulder Elbow Surg*. 2013. Vol. 22. P. 1689–1694. DOI: 10.1016/j.jse.2013.02.014.

33. Влияние расположения и ремоделирования костного блока трансплантата на результаты операции Bristow – Latarjet / Маланин Д. А., Трегубов А. С., Грунин С. В., Черезов Л. Л. // *Травматология и ортопедия России*. 2016. Том 22, № 3. С. 31–43 [Effect of location and bone graft remodeling on results of Bristow-Latarjet procedure / Malanin D. A., Tregubov A. S., Grunin S. V., Cherezov L. L. // *Travmatologia i ortopediya Rossii*. 2016. Vol. 22 (3). P. 31–43]. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-22-3-31-43.

34. Операция Bristow – Latarjet: комплексная оценка состояния плечевого сустава и результатов лечения / Маланин Д. А., Трегубов А. С., Норкин А. И., Грунин С. В., Жуликов А. Л. // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2019. № 4 (72). С. 95–101 [Operation Bristow – Latarjet: complex estimation condition of the shoulder joint and treatment outcomes / Malanin D. A., Tregubov A. S.,

Norkin A. I., Norkin A. I., Grunin S. V., Zhulikov A. L. // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta. 2019. № 4 (72). P. 95–101]. DOI: 10.19163/1994-9480-2019-4(72)-95-101.

Информация об авторах:

Паршиков Михаил Викторович, д. м. н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия, e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

Ужахов Ибрагим Мурадович, врач травматолог-ортопед, ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко, Москва, 109386, Россия, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия, e-mail: ibra_moscow@mail.ru

Ярыгин Николай Владимирович, д. м. н., профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и медицины катастроф, ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия, E-mail: dom1971@yandex.ru

Гурьев Владимир Васильевич, д. м. н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, МГМСУ им. А.И. Евдокимова, Москва, 127473, Россия, руководитель центра травматологии и ортопедии, ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко», Москва, 109386, Россия, e-mail: drguriev@mail.ru

Просвирин Александр Александрович, к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия, e-mail: prosvirin.alex@gmail.com

Говоров Михаил Владимирович, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия, e-mail: gmv99@yandex.ru

Кузбашева Татьяна Георгиевна, к.м.н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия, e-mail: tdoc72@mail.ru

Бурькин Кирилл Игоревич, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, 127473, Россия, e-mail: bi.kirik@mail.ru

Ibragim M. Uzhakhov, traumatologists-orthopedist, Semashko Clinical Hospital JSC of Russian Railways, assistant of department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Moscow, 109386, Russia, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, e-mail: ibra_moscow@mail.ru

Nikolay V. Yargin, MD, PhD, professor, corresponding member of RAS, Head of the department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, e-mail: dom1971@yandex.ru

Vladimir V. Guriev, MD, PhD, professor of department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, chief of traumatology and orthopedic center, Semashko Clinical Hospital of Russian Railways, Moscow, 109386, Russia, e-mail: drguriev@mail.ru

Alexander A. Prosvirin, PhD in Medicine, traumatologists-orthopedist, Semashko Clinical Hospital of Russian Railways, associate professor of department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, e-mail: prosvirin.alex@gmail.com

Mikhail V. Govorov, assistant of department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, e-mail: gmv99@yandex.ru

Tatiana G. Kuzbasheva, PhD of department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, e-mail: tdoc72@mail.ru

Kirill I. Burykin, postgraduate student of department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, e-mail: bi.kirik@mail.ru

Information about authors:

Mikhail V. Parshikov, MD, PhD, professor of department of traumatology, orthopedics and disaster medicine, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, 127473, Russia, e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-89-94>

УДК 617.3

© Р.И. Закиров, И.Ф. Ахтямов, 2022

Обзор / Review

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕСТАБИЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ЗАДНЕГО ПОЛУКОЛЬЦА ТАЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Р.И. ЗАКИРОВ^{*1}, И.Ф. АХТЯМОВ¹

¹ ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России, , Казань, 420012, Россия

Аннотация

Введение. Переломы заднего полукольца таза являются одними из самых тяжелых повреждений в травматологии, требуют специализированной помощи, отличаются продолжительностью лечения, длительной нетрудоспособностью, высоким уровнем инвалидности и летальности, в настоящее время актуальным остается поиск путей повышения эффективности лечения больных.

Цель. Определение современного статуса проблемы нестабильных переломов заднего полукольца таза. **Материалы и методы.** Доступ к источникам литературы осуществлен через отечественные БАЗ – рецензируемые и включенные в международную базу данных “SCOPUS” журналы, а также в информационных системах и базах данных (Pubmed, EMBASE, SCOPUS, MEDLINE, Cochranelibrary, eLibrary.ry, Wiley Online Library). Использованы термины: переломы таза, переломы крестца, переломы заднего полукольца таза, нестабильные переломы таза. **Результаты.** Раскрыто современное состояние проблемы травматизации заднего полукольца таза, механизмов повреждений. Определены современные тенденции структуры травмы тазового кольца, структура травмы заднего полукольца таза по возрастным и половым характеристикам. **Дискуссия.** Большинство авторов отмечают сохраняющуюся актуальность и неуклонный рост количества пострадавших в результате высокоэнергетической травмы, сохраняющиеся сложности в лечении и диагностике травм заднего полукольца таза. Травма таза продолжает занимать ключевое место в структуре сочетанной и политравмы. Также ряд авторов отмечает рост травмы таза у пациентов пожилого возраста на фоне остеопороза. **Заключение.** Анализ данных научной литературы демонстрирует, что частота переломов таза не имеет тенденции к снижению, данные повреждения остаются наиболее сложными для лечения и диагностики.

Ключевые слова: переломы таза; переломы крестца; переломы заднего полукольца таза; нестабильные переломы таза.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Закиров Р.И., Ахтямов И.Ф., Современное состояние проблемы нестабильных переломов заднего полукольца таза (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2022. №2. С.89-94 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-89-94>

THE CURRENT STATE OF THE PROBLEM OF UNSTABLE POSTERIOR PELVIC RING FRACTURES (LITERATURE REVIEW)

RUSLAN I. ZAKIROV^{*1}, ILДАР F. АХТЯМОВ¹

¹ Department of traumatology of Kazan State Medical University, Kazan, 420103, Russia

Abstract

Introduction. Fractures of the posterior pelvic ring are one of the most severe injuries in traumatology, require specialized care, differ in the duration of treatment, long-term disability, high levels of disability and mortality; currently, the search for ways to improve the effectiveness of treatment of patients remains relevant.

Goal. Determination of the current status of the problem of unstable fractures of the posterior pelvic ring. **Materials and methods.** Access to literature sources is carried out through domestic VAK – peer-reviewed journals included in the international database “SCOPUS”, as well as in information systems and databases (Pubmed, EMBASE, SCOPUS, MEDLINE, Cochranelibrary, eLibrary.ry, Wiley Online Library). The terms used are: sacral fractures, pelvic fractures, posterior pelvic ring fractures, unstable pelvic ring fractures.

Results. The current state of the problem of traumatization of the posterior pelvic ring, mechanisms of injuries is disclosed. The current trends in the structure of the pelvic ring fractures, the structure of the trauma of the posterior pelvic ring in terms of age and sex characteristics have been determined.

Discussion. Most authors note the continuing relevance and steady increase in the number of victims of high-energy trauma, the continuing difficulties in the treatment and diagnosis of injuries of the posterior pelvic ring. Pelvic trauma continues to occupy a key place in the structure of concomitant and polytrauma. Also, a number of authors note an increase in pelvic trauma in elderly patients with osteoporosis.

Findings. Analysis of scientific literature data demonstrates that the incidence of pelvic fractures does not tend to decrease, these injuries remain the most difficult to treat and diagnose.

Key words: sacral fractures, pelvic fractures, posterior pelvic ring fractures, unstable pelvic ring fractures.

Funding: the study had no sponsorship

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Zakirov R.I., Akhtyamov I.F., The current state of the problem of unstable posterior pelvic ring fractures (literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№2(48). pp.89-94 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-89-94>

Введение. Актуальность оценки современного состояния проблемы нестабильных переломов заднего полукольца таза обусловлена неуклонным ростом травматизма во всех возрастных группах [1, 2]. Большинство пострадавших с нестабильными повреждениями, лица в возрасте до 45 лет (74,1%) [1], что указывает на то, что травма таза носит не только медицинскую, но и социально-экономическую значимость [3, 4].

Переломы заднего полукольца таза являются одними из самых тяжелых повреждений в травматологии, требуют специализированной помощи, отличаются продолжительностью лечения, длительной нетрудоспособностью, высоким уровнем инвалидности и летальности, в настоящее время актуальным остается поиск путей повышения эффективности лечения больных.

Материалы и методы. Доступ к источникам литературы осуществлен через отечественные ВАК – рецензируемые и включенные в международную базу данных “SCOPUS” журналы, а также в информационных системах и базах данных (Pubmed, EMBASE, SCOPUS, MEDLINE, Cochranelibrary, eLibrary.ru, Wiley Online Library). Использованы термины: переломы таза, переломы крестца, переломы заднего полукольца таза, нестабильные переломы таза. Анализированы 58 литературных источники, из них 20 – отечественных, 38 иностранных источника.

Результаты. Переломы костей таза встречаются примерно в 3-17% случаев в структуре всех переломов скелета [5, 6, 7]. Абсолютно нестабильные повреждения тазового кольца наблюдаются у 37-44% пострадавших [5]. Повреждения тазового кольца в заднем отделе с нарушением его непрерывности отмечаются в 8% случаев [8, 9]. По данным Д.И. Черкес-Заде (2006) переломы заднего тазового кольца составили 4,6% случаев [6]. Повреждения тазового кольца с ротационной нестабильностью и латеральным смещением, по наблюдениям Р.Я. Хабибьянова (2014) составляют 84% от повреждений тазового кольца с ротационной нестабильностью [10]. В исследовании Y.C. Yoon и соавт. (2021) повреждения заднего тазового кольца, связанное с переломом крестца и вывихом крестцово-подвздошного сустава составили 76,7% случаев [11]. Переломы таза чаще

всего возникают в условиях высокоэнергетической травмы и являются одними из самых сложных высокоэнергетических травм, часто встречаются в составе сочетанной травмы [12, 13, 14, 15].

Травмы таза серьезно угрожают качеству жизни пациентов, вызывая хронические функциональные нарушения [16]. По данным исследований в структуре инвалидности среди травм опорно-двигательного аппарата удельный вес повреждений таза составляет 14-66,7%, а неблагоприятные исходы 20-74% [17, 18].

Согласно результатам исследований уровень смертности составляет 8-19% случаев [19, 20, 21, 22], как правило связанной с массивной кровопотерей или сопутствующими травмами, до 54% травм таза являются сочетанными, летальность при множественных и сочетанных переломах костей таза составляет 70-98% [23, 24, 25].

По данным официальной статистики в Российской Федерации динамика травм внутренних органов грудной и брюшной областей, таза за период 2005-2015 гг. составила 19,2 в 2005 г. и 16,0 в 2015 г. случаев на 100 000 человек населения [26]. В структуре травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин в 2018 г. травмы живота, пояснично-тазового перехода, поясничного отдела позвоночника и таза составили 3,2% [26].

В отечественных и зарубежных исследованиях отмечено увеличение числа повреждений костей таза высокоэнергетического характера, структура травматизма представлена большей частотой множественной и сочетанной травмы, участились нестабильные переломы таза со смещением отломков и обширным повреждением мягких тканей, нейросудистых структур, массивной внутренней кровопотерей [27, 28, 17, 21, 29]. Авторы отмечают, что лечение нестабильных переломов таза должно одновременно сочетать в себе все принципы лечения шокового больного с принципами лечения внутрисуставных переломов.

При разработке методик фиксации и коррекции деформации поврежденного тазового кольца учитывают анатомо-функциональные особенности таза. Таз рассматривается как

замкнутое кольцо, находящееся в напряженной системе, образованной костно-мышечно-связочным комплексом. Тазовое кольцо состоит из крестца и двух безымянных костей (каждая из которых состоит из седалищной, подвздошной и лобковой кости), которые соединены короткими и мощными связками подвздошных костей в области переднего полукольца. В то время как симфиз состоит из комбинации гиалинового и фиброзного хряща [30, 31], крестцово-подвздошное сочленение в основном состоит из фиброзного хряща в сочетании с прочной суставной капсулой и прочными связками [32, 33].

В контексте значимости травмы и механизмов повреждений тазовое кольцо делится на заднее и переднее полукольца [34]. Заднее полукольцо располагается позади суставной поверхности вертлужной впадины и включает в себя крестец, крестцово-подвздошное сочленение со связками и задний отдел подвздошной кости. Передняя часть тянется от передних столбов вертлужной впадины по лонным ветвям до симфиза. Между передней и задней частями тазового кольца вертлужные впадины расположены в пределах подвздошно-гребенчатых линий и четырехугольных пластин, которые функционируют как костное соединение между передним и задним тазовым кольцом.

Функционально тазовое кольцо служит границей для внутритазовых органов с одной стороны и является точкой прикрепления ягодичных мышц и мышц задней поверхности бедра, мышц живота и мышц тазового дна, с другой стороны. Заднее полукольцо – это главное звено стабильности таза, нагружаемая часть тазового кольца, которая обеспечивает передачу нагрузки веса тела человека на нижние конечности. Таким образом, тазовое кольцо играет решающую роль в стабилизации туловища, а также в подвижности тазобедренных суставов [35].

Биомеханически тазовое кольцо и особенно верхние лобковые ветви направляют мышечные силы во время вертикальной ходьбы дорсально к крестцово-подвздошным суставам и через симфиз к противоположной стороне [36, 37]. Основная тяжесть туловища ложится на крестец, распределяясь далее по горизонтали на обе стороны тазового свода. Силе этого давления оказывает сопротивление вся архитектура тазового кольца, скрепляемая мощным связочным аппаратом. Диафрагма таза состоит из крестцово-остистых и крестцово-бугорных связок. Крестцово-остистые связки противостоят наружной ротации гемипельвиса, а крестцово-бугорные связки – ротационным силам в сагиттальной плоскости.

Переломы костей таза, особенно нестабильные, серьезные повреждения костной системы, сопровождающиеся утратой его опорной функции и требующие оперативного лечения. Существуют разные системы классификации переломов тазового кольца. Наиболее широко используемой международной системой является AO/ASIF классификация, которая дает информацию о стабильности тазового кольца. Согласно данной классификации ротационно-нестабильные (но вертикально-

стабильные), возникающие вследствие воздействия на таз боковых компрессионных или ротационных сил относятся к типу В. Повреждения с ротационной и вертикальной нестабильностью, с полным разрывом тазового кольца относятся к переломам типа С. Разница между травмами типа В и типа С заключается в поражении задней части. При травмах типа В перелом заднего тазового кольца неполный, при травмах типа С полностью разрывается заднее тазовое кольцо [38]. Травмы типа В и С считаются нестабильными переломами.

Переломы тазового кольца являются результатом сильного сдавления или удара в сагиттальном, фронтальном и вертикальном направлениях [12]. Наиболее частой причиной переломов являются высокоэнергетические травмы, в результате дорожно-транспортных происшествий (например, столкновение транспортных средств или пешеходов) или падения со значительной высоты [39, 40, 41]. По данным исследований нестабильные повреждения таза в ДТП составляли 47,5%–65,4 %, при падении с высоты – 21,8 % [27, 42, 6, 43], в меньшей степени причиной травмы могут быть сдавления – 4,8%, бытовая, уличная или спортивная травма – 1,6% [35, 20].

По данным официальной статистики Российской Федерации внешние причины заболеваемости и смертности, включая транспортные несчастные случаи травм спины, поясничного отдела позвоночника и таза составили 231,0 в 2016 г. и 282,1 в 2018 г. Другие внешние причины составили 209,6 в 2016 г. и 262,6 в 2018 г. на 100 000 человек населения [26].

Как сообщается в исследованиях среди пациентов с нестабильными переломами таза преобладают мужчины 57,7-69,7% [42, 44, 45]. В некоторых работах отмечается, что нестабильные повреждения заднего полукольца таза были у 50,3% больных в возрасте от 20 до 72 лет, среди них - 60,2% мужчин и 39,8% - женщин [46]. Чаще всего травмируются мужчины трудоспособного возраста [29]. Большинство пациентов (60-70%) с травмами заднего тазового кольца имеют трудоспособный возраст (от 21 до 50 лет) [47]. По оценкам, в США наибольшая частота переломов костей таза встречается у лиц в возрасте от 15 до 28 лет. В возрасте до 35 лет чаще страдают мужчины, а старше 35 лет – женщины [48].

Э.Ю. Валиев (2019) отметил, что пострадавшие с нестабильными повреждениями таза были в возрасте до 45 лет в 74,1% случаях [1]. Ряд авторов указывает, что средний возраст пострадавших с переломами костей таза составил $44 \pm 12,8$ лет [49]. Таким образом, проблема лечения переломов таза носит не только медицинскую, но и социально-экономическую значимость [3, 4].

У пациентов пожилого возраста, основной причиной травмы тазового кольца является низкоэнергетический удар. Остеопороз - важнейший фактор риска переломов тазового кольца [50, 51, 52, 53]. В исследованиях показано, что около 7% всех остеопоротических переломов затрагивают тазовое кольцо, а в группе пациентов старше 60 лет 94% переломов костей таза связаны с остеопорозом [2]. М.А. Küper и соавт. (2019) проана-

лизировали повреждения таза у 1024 пациента, обнаружили, что 816 пациентов имели повреждение тазового кольца, из них 494 были старше 65 лет. Переломы тазового кольца типа С были в 16,4% случаях [54]. По результатам других исследований переломы типа В у пожилых имеют коэффициент 24,7% [55].

Дискуссия. Большинство авторов отмечают сохраняющуюся актуальность и неуклонный рост количества пострадавших в результате высокоэнергетической травмы [26], в результате дорожно-транспортных происшествий или падения со значительной высоты [39, 40, 41]. По данным исследований нестабильные повреждения таза в ДТП составили 47,5%-65,4%, при падении с высоты 21,8% [27, 42, 6, 43], в меньшей степени причиной травмы могут быть сдавления 4,8%, бытовая, уличная или спортивная травма – 1,6% [35, 20]. Сохраняются сложности в лечении и диагностике травм заднего полукольца таза [17, 18, 16]. Травма таза продолжает занимать ключевое место в структуре сочетанной и политравмы [12, 13, 14, 15]. Также ряд авторов отмечает рост травмы таза у пациентов пожилого возраста на фоне остеопороза [55, 54, 2], в группе пациентов старше 60 лет 94% переломов костей таза связаны с остеопорозом [2].

Наибольшее распространение среди авторов получила классификация АО/ASIF, которая дает информацию о стабильности тазового кольца. При травмах типа В перелом заднего полукольца таза не полный, при травмах типа С полностью разрывается заднее тазовое кольцо [38]. Травмы типа В и С считаются нестабильными переломами.

В последние годы при разработке методик фиксации и коррекции деформации поврежденного тазового кольца учитываются анатомо-функциональные особенности таза [30, 32, 33, 31].

Заключение. Анализ данных научной литературы демонстрирует, что частота переломов таза не имеет тенденции к снижению, данные повреждения остаются наиболее сложными для лечения и диагностики.

Список литературы / References:

1. Coccolini, F., Stahel, P.F., Montori, G. et al. Pelvic trauma: WSES classification and guidelines. // *World J Emerg Surg* 12, 5 (2017). DOI: 10.1186/s13017-017-0117-6
2. Soles G.L.S., Ferguson T.A. Fragility fractures of the pelvis. // *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* – 2012. – № 5. – P. 222–228. DOI: 10.1007/s12178-012-9128-9
3. Morris R.O., Sonibare A., Green D.J., Masud T. Closed pelvic fractures: characteristics and outcomes in older patients admitted to medical and geriatric wards. // *Postgrad Med J.* 2000 Oct;76(900):646-50. PMID: 11009580 DOI: 10.1136/pmj.76.900.646
4. Pereira G.J.C., Damasceno E.R., Dinane D.I. [et al.] Epidemiology of pelvic ring fractures and injuries. // *Rev. Bras. Ortop.* – 2017. – Vol. 52, № 3. – P. 260–269. DOI: 10.1016/j.rboe.2017.05.012
5. Хоурани М.Ю., Линник С.А., Кучеев И.О. [и др.]. Диагностика и лечение переломов костей таза. // *Фундаментальные исследования.* – 2014. – № 10. – С. 1866–1871. [Hourani M.Y., Linnik S.A., Kucheev I.O. [et al.] Diagnostika i lechenie perelomov kostei taza. // *Fundamentalnie issledovaniya.* – 2014. – №10. – С. 1866–1871. [in Russ]. УДК 616.718.19-001.5-07-089
6. Кажанов И.В., Микитюк С.И., Колчанов Е.А., Петров А.В. / Структура, особенности и характер сочетанных травм таза у пострадавших в травмоцентре 1 уровня Санкт-Петербургской агломерации. // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.* 2019. № 2. С. 25–38. [Kajanov I.V., Mikituk S.I., Kolchanov E.A., Petrov A.V. / The structure, features and nature of combined pelvic injuries in victims in the level I trauma center of a St. Petersburg agglomeration // *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2019. N 2 C. 25–38. [in Russ]
7. Incagnoli P., Puidupin A., Ausset S. [et al.] Early management of severe pelvic injury (first 24 hours). // *Anaesth. Crit. Care. Pain. Med.* – 2019. – Vol. 38, № 2. – P. 199–207. PMID: 30579941 DOI: 10.1016/j.accpm.2018.12.003
8. Lu Y., He Y., Li W. [et al.] Comparison of biomechanical performance of five different treatment approaches for fixing posterior pelvic ring injury. // *J. Healthc. Eng.* – 2020. – 2020. – Vol. 22:5379593. DOI: 10.1155/2020/5379593
9. Halawi M.J. Pelvic ring injuries: surgical management and long-term outcomes. // *J. Clin. Orthop. Trauma.* – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 1–6. PMID: 26908968 DOI: 10.1016/j.jcot.2015.08.001
10. Хабибьянов Р.Я. Механогенез ротационно-нестабильных переломов и повреждений тазового кольца. // *Практическая медицина.* – 2014. – № 4. – С. 148–151. [Habibyanov R.Y. Mehanogenez ritacionno-nestabilnih perelomov i povrejdennii tazovogo kolca. // *Prakticheskaya medicina.* – 2014. № 4. – С. 148–151. [in Russ]. УДК: 616.718.1-001.5-036.1-06
11. Yoon Y.C., Ma D.S., Lee S.K. [et al.] Posterior pelvic ring injury of straddle fractures: Incidence, fixation methods, and clinical outcomes. // *Asian. J. Surg.* – 2021. – Vol. 44, № 1. – P. 59–65. DOI: 10.1016/j.asjsur.2020.03.021
12. Ананьин Д.А., Сергеев С.В., Минасов Б.Ш. / Реконструкция лонного сочленения при переломах таза типа В. // *Медицинский вестник Башкортостана.* – 2015. – Т. 10, № 5. – С. 19–23. [Anain D.A., Sergeev S.V., Minasov B.S. Reconstruction of the symphysis pubis in pelvic fractures type B. // *Medicinskii vestnik Bashkortostana.* – 2015. – Т. 10, № 5. – С. 19–23. [in Russ]. УДК: 616-001.515
13. Касымов К.Т., Тлемисов А.С., Жунусов Е.Т. [и др.] Хирургическое лечение нестабильных повреждений заднего полукольца таза // *Наука и здравоохранение.* – 2019. – Т. 21, № 5. – С. 11–22. [Kassymov K.T., Tlemisov A.S., Zhunusov E.T. [at al.] // *Nauka i zdavoohranenie.* – 2019. – Т. 21, № 5. – С. 11–22. [in Russ]. УДК 611.718.1+340.624+616-089.223
14. Gordon W.T., Fleming M.E., Johnson A.E. [et al.] Pelvic Fracture Care // *Mil. Med.* – 2018. – Vol. 183, suppl. 2. – P. 115–117. PMID: 30189052 DOI: 10.1093/milmed/usy111
15. Tiziani S., Dienstknecht T., Osterhoff G. [et al.] Standards for external fixation application: national survey under the auspices of the German Trauma Society // *Int. Orthop.* – 2019. – Vol. 43, № 8. – P. 1779–1785. PMID: 30191276 DOI: 10.1007/s00264-018-4127-0

16. Acker A., Perry Z.H., Blum S. [et al.] Immediate percutaneous sacroiliac screw insertion for unstable pelvic fractures: is it safe enough? // *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. – 2018. - Vol. 44, № 2. – P. 163–169. DOI: 10.1007/s00068-016-0654-9
17. Козопас В.С. Современные способы и методы лечения переломов костей таза. / *Новости хирургии*. Т24 - №6 – 2016. С. 601-609. [Kozopas V.S. Current techniques and methods of the treatment of pelvic fractures. / *Novosti khirurgii*. 2016 Nov-dec; vol 24(6): 601-609 [in Russ].
18. Хабибянов Р.Я., М.В. Малеев. Система оказания медицинской помощи пострадавшим с повреждениями тазового кольца и переломами вертлужной впадины на госпитальном этапе в регионе (Республика Татарстан) // *Norwegian Journal of development of the International Science*. – 2021. - № 57. - С. 19-29. [System of providing medical care for victims with pelvic ring injuries and hospital fractures in the region (Republic of Tatarstan). // *Norwegian Journal of development of the International Science*. – 2021. - № 57. - С. 19-29. [in Russ]. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-57-1-19-29
19. Vigdorich J.M., Jin X., Sethi A. [et al.] A biomechanical study of standard posterior pelvic ring fixation versus a posterior pedicle screw construct. // *Injury*. – 2015. - Vol. 46. – P. 1491-1496. DOI: 10.1016/j.injury.2015.04.038
20. McLachlin S., Lesieur M., Stephen D. [et al.] Biomechanical analysis of anterior ring fixation of the ramus in type C pelvis fractures. // *Eur. J. Trauma. Emerg. Surg.* – 2018. - Vol. 44. – P. 185-190. PMID: 28391395 DOI: 10.1007/s00068-017-0788-4
21. Küper M.A., Trulsson A., Stuby F.M., Stöckle U. Pelvic ring fractures in the elderly // *EFORT Open. Rev.* – 2019. - Vol. 4, № 6. – P. 313-320. PMID: 31312519 DOI: 10.1302/2058-5241.4.180062
22. Shui X., Ying X., Kong J. [et al.] Radiographic diagnosis of sagittal plane rotational displacement in pelvic fractures: a cadaveric model and clinical case study // *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* – 2015. - Vol. 135, № 8. – P. 1093-1099. PMID: 26130438 DOI: 10.1007/s00402-015-2251-5
23. Benders K.E.M., Leenen L.P.H. Management of hemodynamically unstable pelvic ring fractures // *Front. Surg.* – 2020. - № 4:601321. DOI:10.3389/fsurg.2020.601321
24. Gandhi G., Vijayvargiya M., Shetty V. [et al.] CT-guided percutaneous sacroiliac stabilization in unstable pelvic fractures: a safe and accurate technique // *Rev. Bras. Ortop.* – 2017. - Vol. 53, № 3. – P. 323-331. DOI:10.1016/j.rboe.2017.03.013
25. Song W., Zhou D., Xu W. [et al.] Factors of pelvic infection and death in patients with open pelvic fractures and rectal injuries // *Surg. Infect.* – 2017. - Vol. 18. - P. 711–715. PMID: 28759327 DOI: 10.1089/sur.2017.083
26. Миронов С.П., Еськин Н.А., Андреева Т. М. Динамика травматизма среди взрослого населения Российской Федерации. // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2019, №3. – С. 5-13. [Mironov S.P., Eskin N.A., Andreeva T.M. Dynamics of traumatism in adult population of the Russian Federation // *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2019, №3. – С. 5-13. [in Russ].
27. Баранов А.В., Матвеев Р.П., Барачевский Ю.Е. Повреждения таза как проблема современного травматизма // *Экология человека*. – 2013. - № 8. - С. 58-64. [Baranov A.V., Matveev R.P., Barachevsky Yu.E. Pelvic injuries as problem of current traumatism // *Ekologiya cheloveka*. – 2013. - № 8. - С. 58-64.] УДК 616.718.19-001
28. Enninghorst N., Toth L., King R.L. [et al.] Acute definitive internal fixation of pelvic ring fractures in polytrauma patients: a feasible option. // *J Trauma*. 2010 Apr;68(4):935-41. doi: 10.1097/TA.0b013e3181d27b48
29. Watkins R.J., Hsu J.M. The road to survival for haemodynamically unstable patients with open pelvic fractures // *Front. Surg.* – 2020. - Vol. 2, № 7. – P. 58. DOI: 10.3389/fsurg.2020.00058
30. DeSilva J.M., Rosenberg K.R. Anatomy, Development, and function of the Human Pelvis // *The anatomical record* 2016. Vol.300 issue 4 P. 628-632 DOI: 10.1002/ar.23561
31. Shwayder J.M. Normal pelvic anatomy // *Obstet. Gynecol. Clin. North. Am.* – 2019. - Vol. 46, № 4. – P. 563-580. PMID: 31677742 DOI: 10.1016/j.ogc.2019.06.001
32. Яриков А.В., Смирнов И.И., Перлмуттер О.А. [и др.] Вопросы патогенеза, диагностики и лечения дисфункции крестцово-подвздошного сочленения // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. – 2018. - Т. 13, № 4. - С. 389-402. [Yarikov A.V., Smirnov I.I., Perlmutter O.A. [at al] Questions of pathogenesis, diagnosis and treatment of dysfunction of the sacroiliac joint // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Medicina*. – 2018. - Т. 13, № 4. - С. 389-402.] DOI:10.21638/11701/spbu11.2018.406
33. Ghosh R., Pal B., Ghosh D., Gupta S. / Finite element analysis of a hemi-pelvis: the effect of inclusion of cartilage layer on acetabular stresses and strain // *Comput. Methods. Biomech. Biomed. Engin.* – 2015. - Vol. 18, № 7. – P. 697-710. PMID: 24156480 DOI: 10.1080/10255842.2013.843674
34. Harvey, H., Rasuli, B. Pelvic fractures. Reference article, Radiopaedia.org. (accessed on 07 Jan 2022) <https://doi.org/10.5334/rliD-15002>
35. Грищук А.Н., Пусева М.Э. Оперативное лечение больных с двусторонними ротационно-нестабильными повреждениями тазового кольца – Иркутск, 2015. - 116 с. [Grishchuk A.N., Puseva M.E. Operative treatment of old and inveterate bilateral rotary-unstable pelvis injuries – Irkutsk, 2015. - 116 с. [in Russ]. УДК 616.718.19-089
36. Grechenig P., Gänsslen A., Grechenig S., Fächthmeier B. (2021) *Biomechanics of the Pelvis*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54730-1_3
37. Kim W.O. Treatment of unstable pelvic ring injuries. // *Hip Pelvis*. 2014 Jun;26(2):79-83 DOI: 10.5371/hp.2014.26.2.79
38. Leach S.E.T., Skiadas V., Lord C.E., Purohit N. / Pelvic fractures: experience of pelvic ring fractures at a major trauma Centre // *Clin. Radiol.* – 2019. - Vol. 74, № 8. – P. 649. PMID: 31153596 DOI: 10.1016/j.crad.2019.04.020
39. Hermans E., Edwards M.J.R., Goslings J.C., Biert J. / Open pelvic fracture: the killing fracture? // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2018. - Vol. 13, № 1. – P. 83. PMID: 29653551 DOI: 10.1186/s13018-018-0793-2
40. Pelvic Fracture / D.D. Davis, L.A. Foris, S.M. Kane, M. Waseem // *Stat. Pearls. Publishing*. – 2021. - № 1. PMID: 28613485 Bookshelf ID: NBK430734
41. Posterior pelvic ring fractures: Intraoperative 3D-CT guided navigation for accurate positioning of sacro-iliac screws / S. Ghisla, F. Napoli, G. Lehoczy [et al.] // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2018. - Vol. 104, № 7. – P. 1063-1067. PMID: 30081217 DOI: 10.1016/j.otsr.2018.07.006

42. Culemann U., Oestern H.J., Pohlemann T. Current treatment of pelvic ring fractures. *Unfallchirurg*. 2014 Feb;117(2):145-59; quiz 160-1. DOI: 10.1007/s00113-014-2558-7

43. Weatherby, D.J. The retrograde-antegrade-retrograde technique for successful placement of a retrograde superior ramus screw / D.J. Weatherby, M.L. Chip Routt, J.G. Eastman // *J. Orthop. Trauma*. – 2017. – Vol. 31, № 7. – P. 224-229. PMID: 28632658 DOI: 10.1097/BOT.0000000000000849

44. Ankin N.L., Ankin L.N., Petryk T.M., Ladyka V.A. The role of external osteosynthesis in treatment of unstable pelvic osseous injuries. *Klinichna khirurgiia*. 2019 May; 86(5):48-53 DOI: 10.26779/2522-1396.2019.05.48

45. Giordano V., Koch H.A., Gasparini S. [et al.] / Open pelvic fractures: review of 30 cases // *Open. Orthop. J.* – 2016. – № 10. – P. 772–778. PMID: 28217202 DOI: 10.2174/1874325001610010772

46. Стэльмах К.К. Лечение нестабильных повреждений таза // *Травматология и ортопедия России*. – 2005. – № 4. – С. 31-38. [Stelmah K.K. Lechenie nestabilnih povrejdennii taza // *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. – 2005. – № 4. – С. 31-38. [in Russ]. УДК 616.718.19 001 08

47. Kusturova A.V., Kusturov V.I. Polytrauma: vertically unstable pelvic injuries, early surgical treatment. // *Kafedra travmatologii i ortopedii*. 2018. 3(33). С. – 36-39 DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.3.36-39

48. Oliphant B.W., Tignanelli C.J., Napolitano L.M. [et al.] American college of surgeons committee on trauma verification level affects trauma center management of pelvic ring injuries and patient mortality // *J. Trauma. Acute. Care. Surg.* – 2019. – Vol. 86, № 1. – P. 1-10. PMID: 30188423 DOI: 10.1097/TA.0000000000002062

49. Zagorodny N.V., Kolesnik A.I., Lazarev A.F. [et al.] Current trends in surgical treatment of patients with pelvic and acetabular injuries. *Genii ortopedii*, T 26, № 2, 2020. С. – 266-274. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-266-274

50. Солод Э.И., Лазарев А.Ф., Петровский Р.А. [и др.] Клинический опыт лечения переломов костей таза на фоне остеопороза // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. – 2019. – № 4. – С. 5-11. [Solod E.I., Lazarev A.F., Petrovskii R.A. [et al.] Clinical experience in the treatment of fragility pelvic fractures [in Russ]. DOI: 10.17116/vto20190415

51. Макурин М.Ю., Верещагин Н.А., Валуев А.Н. [и др.] Результаты лечения пациентов старше 60 лет с переломами костей таза // *Вестник Ивановской медицинской академии*. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 22-26. [Makurin M.Y., Vereschagin A.N., Valuev A.N. [et al.] Surgical treatment for pelvis bones fractures in elderly patients (over 60 years) [in Russ] УДК 616-001.5

52. Arduini M., Saturnino L., Piperno A. [et al.] Fragility fractures of the pelvis: treatment and preliminary results // *Aging. Clin. Exp. Res.* – 2015. – Vol. 27, Suppl 1. – P. 61-67. PMID: 26264247 DOI: 10.1007/s40520-015-0430-4

53. Wagner D., Ossendorf C., Gruszka D. [et al.] Fragility fractures of the sacrum: how to identify and when to treat surgically? // *Eur. J. Trauma. Emerg. Surg.* – 2015. – Vol. 41. – P. 349–362. PMID: 26038048 DOI:10.1007/s00068-015-0530-z

54. Schmitz P., Lüdeck S., Baumann F. [et al.] Patient-related quality of life after pelvic ring fractures in elderly // *Int. Orthop.* – 2019. – Vol. 43, № 2. – P. 261-267. PMID: 29946740 DOI: 10.1007/s00264-018-4030-8

55. Giannoudis, P.V. Principles of damage control for pelvic ring injuries / P.V. Giannoudis, H.C. Pape // *Damage Control Management in the Polytrauma Patient*. – Springer, Cham, 2017. – P. 219-232. DOI: 10.1007/978-3-319-52429-0_21

Информация об авторах:

Закиров Руслан Ильгизарович, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России, врач травматолог-ортопед отделения травматологии №1 ГАУЗ ГКБ №7 г. Казани, 420103. 1980zri@gmail.com +79393184223. <https://orcid.org/0000-0002-5747-2573>

Ахтямов Ильдар Фуатович, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России, профессор, доктор медицинских наук. Казань, 420012, Казань, Бултерова, 49; E-mail: yalta60@mail.ru +79053150150 <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

Information about authors:

Ruslan I. Zakirov, orthopedic and trauma surgeon, department of traumatology 1, Kazan city hospital 7, 420103. 1980zri@gmail.com +79393184223. <https://orcid.org/0000-0002-5747-2573>

Ildar F. Ahtyamov, head of trauma, orthopedic and surgery of extreme conditions department of Kazan State Medical University, professor, Doctor of Medicine. yalta@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-95-105>

УДК: 616.72-002 / 616.72-002-031.11 / 616.72-002-031.12

© Лычагин А.В., Тимашев П.С., Погосян Д.А., Липина М.М., Мурдалов Э.Э., Гончарук Ю.Р., Ермилов И.В., Богданов М.М., Магданов А.М., 2022

Обзор / Review



ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ КАК ФАКТОР РИСКА ОСТЕОАРТРИТА КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.В. ЛЫЧАГИН¹, П.С. ТИМАШЕВ³, Д.А. ПОГОСЯН^{2*}, М.М. ЛИПИНА¹, Э.Э. МУРДАЛОВ², Ю.Р. ГОНЧАРУК^{1,2}, И.В. ЕРМИЛОВ¹, М.М. БОГДАНОВ¹, А.М. МАГДАНОВ²

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

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

³Институт регенеративной медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Аннотация (Резюме)

Введение: Широко известен факт зависимости распространённости хронических заболеваний от пола. К данной категории относится и остеоартрит (ОА), который значительно чаще встречается у женщин. Однако, до сих пор, остается открытым вопрос, какие именно различия между мужчинами и женщинами являются факторами риска развития данной патологии. В качестве возможных причин рассматриваются показатели как анатомические (соотношение медиально-латерального и передне-заднего размеров дистального отдела бедра, Q-угол, толщина хряща коленного сустава и т.д.), так и физиологические (гормональный фон, особенности биохимии различных процессов и другие). Понимание данных причинно-следственных связей потенциально может помочь в составлении адекватного алгоритма диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата, а также в разработке методов скрининга и профилактики ОА.

Цель исследования: Целью данного обзора является описание зависимости распространенности ОА от особенностей коленных суставов мужчин и женщин. В обзоре рассмотрены анатомические показатели, особенности походки, а также физические свойства хряща.

Материалы и методы: В работе проанализированы результаты исследований зарубежных авторов, внесенных в электронную библиографическую базу Medline с периодом публикаций с 1964 по 2020 года, с применением поисковой системы PubMed.

Результаты: Некоторые отличия, такие как размеры коленного сустава, можно с уверенностью назвать достоверными. Однако много рассмотренных исследований характеризуются низкой достоверностью, а на результаты с большей вероятностью могут влиять такие факторы, как этническая принадлежность и образ жизни. Современные радиологические методы исследования и обработки полученных данных, такие как Statistical Shape Modeling - Статистическое Моделирование Формы - , а также продолжительные наблюдения могут помочь в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: зависимость от пола; анатомические различия; половой диморфизм; коленный сустав; остеоартрит.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Лычагин А.В., Тимашев П.С., Погосян Д.А., Липина М.М., Мурдалов Э.Э., Гончарук Ю.Р., Ермилов И.В., Богданов М.М., Магданов А.М., Половой диморфизм как фактор риска остеоартрита коленного сустава (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.95-105 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-95-105>

SEXUAL DIMORPHISM AS A FACTOR OF OSTEOARTHRITIS IN KNEE JOINT (LITERATURE REVIEW)

ALEXEY V. LICHAGIN¹, PETER S. TIMASHEV³, DAVID A. POGOSYAN^{2*}, MARINA M. LIPINA¹, EMIRKHAN E. MURDALOV², YULIYA R. GONCHARUK^{1,2}, ILYA V. ERMILOV², MAXIM M. BOGDANOV¹, AZAT M. MAGDANOV¹

¹Department of Traumatology, Orthopedics and Surgery of Catastrophes, Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 127994, Moscow, Russia

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

³Institute for Regenerative Medicine, Sechenov University, 119991, Moscow, Russia

Abstract.

Introduction: The dependence of some chronic diseases on gender is commonly known. Osteoarthritis is one of those, as it occurs among women more frequently. However there is still no accepted consensus view on what differences between male and female can play role as risk factors. Some of potential risk factors have anatomical nature (such as ratio ML\AP, Q-angle, articular cartilage thickness etc.), another have physiological nature (hormonal background, features of biochemistry of various processes and others). Understanding of this causal relationships may help in diagnostics and adequate treatment of diseases of the musculoskeletal system.

Purpose of the study: The purpose of this review is to describe the dependence of the prevalence of OA on the characteristics of the knee joints in men and women. This review considers anatomical indicators, gait features, as well as the physical properties of cartilage.

Materials and methods: This study included results of several studies from the Medline database published between 1964 and 2020, using PubMed engine.

Results: Some of the reviewed differences, like knee size, can be considered as reliable, however, a pronounced heterogeneity of the data was revealed, which can be explained by dependence on research methods and tools used. We also mentioned, that the results can be effected by such parameters as ethnics and lifestyle. For more accurate results modern methods, such as Statistical Shape Modeling, and prolonged investigations can be used in future.

Keywords: depending on sex; anatomical differences; sexual dimorphism; knee joint; osteoarthritis.

Funding: the study had no sponsorship

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Lychagin A.V., Timashev P.S., Pogosyan D.A., Lipina M.M., Murdalov E.E., Goncharuk Y.R., Ermilov I.V., Bogdanov M.M., Magdanov A.M., Sexual dimorphism as a factor of osteoarthritis in knee joint (literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№2(48). pp.95-105 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-95-105>

1. Введение.

Остеоартрит крупных суставов (далее — ОА) представляет большую проблему для населения развивающихся и развитых стран, являясь наиболее распространенным хроническим заболеванием суставов [1]. У человека, страдающего от ОА, снижается уровень трудоспособности, что в конечном итоге может значительно снизить качество жизни и активности пациента. Результатом является необходимость в дорогостоящем лечении данных больных [2].

Наиболее распространенным является ОА коленных суставов, встречающийся, по некоторым данным, у 6% всего взрослого населения [3]. С возрастом распространенность данного заболевания значительно увеличивается [4,5], что связано с естественным для старения процессом истирания суставного хряща. Однако в последние годы определяется тенденция к увеличению доли молодых людей, нуждающихся в лечении [6]. Также важной особенностью ОА коленных суставов является его гендерное (половое) разделение — у женщин старше 60 лет данное заболевание встречается примерно в два раза чаще, чем у мужчин той же возрастной группы [2,7,8].

В то время как женский пол считается важным фактором риска, до сих пор нет достоверных сведений о причине данной корреляции. Выдвинуты идеи, что анатомические, биомеханические и физиологические особенности женского и мужского организмов могут являться непосредственными факторами риска развития ОА, тем самым, связывая их с разницей распространённости ОА между полами. Однако, учитывая многофакторность данного заболевания [9], можно также предположить, что разница в распространённости ОА — это явление, обусловленное сочетанием всех этих особенностей.

Современные представления о различиях в строении коленного сустава у мужчин и женщин сильно разнятся, но большинство из них относится к характеристикам бедренной кости, в частности ее дистального отдела (описывают бедренную кость). К «классическим» особенностям чаще всего относят: соотношение медиально-латеральных к передне-задним размерам дистального конца бедренной кости, высоту переднего края мыщелков бедра и различия осей дистального конца бедренной кости [10]. Причем их влияние на мнение врачей и тактику лечения за длительное время оказалось настолько велико, что это привело к появлению так называемых «гендерно-специфических» имплантов [11,12]. Также рассматриваются особенности строения задних краев мыщелков бедра и общих размеров сустава [13,14,15], а с развитием новых инструментальных методов, таких как Statistical Shape Modeling [16] – Статистическое Моделирование Формы (далее — SSM), появилась возможность глубокой оценки строения костных структур (таких как межмыщелковая борозда, надмыщелки, задний и передний края мыщелков) и их формы [17].

Для более удобного и логичного анализа данных необходимо понимать, что половые особенности должны быть сопоставлены между собой с учётом возраста, выраженности ОА и клинической картины. Можно условно разделить данные на две категории: 1) суставы молодых/здоровых пациентов без клинических проявлений ОА; 2) суставы с клинической и рентгенологической симптоматикой ОА. Отдельно можно выделить особенности биомеханики суставов и походки [18] как потенциальный динамический фактор риска, возрастные изменения костной ткани [19,20], конгруэнтность суставных поверхностей, а также физические свойства самого хряща, такие как толщина хрящевого слоя [21,22] и скорость потери его объёма [23,37].

В данном обзоре описаны особенности коленных суставов мужчин и женщин, а также их влияние на распространенность ОА. В обзоре рассмотрены анатомические показатели, особенности походки, а также физические свойства хряща.

2. Материалы и методы.

Для написания данного обзора был выполнен поиск научных публикаций в электронной библиографической базе Medline с применением поисковой системы PubMed. Был сформирован следующий поисковый запрос: (knee) AND (osteoarthritis) AND ((sex) OR (gender)) AND ((difference) AND (associated)) Filters: English. По результатам поиска было найдено 878 работ. После тщательного анализа аннотаций были исключены следующие публикации: не относящиеся к дисциплине ортопедии; не относящиеся к коленному суставу; связанные с клиническими исследованиями; связанные со спортивной медициной или реабилитацией; не затрагивающие тему анатомических различий коленного сустава между мужчинами и женщинами. По результатам исключения было получено 35 работ, опубликованных в период с 1964 года по 2020 год, результаты которых вошли в данный обзор литературы.

3. Анатомические особенности.

Половой диморфизм в строении коленного сустава человека остается дискуссионным вопросом на протяжении уже многих десятков лет. Наиболее часто этот вопрос рассматривается со стороны тотального эндопротезирования коленного сустава (далее ТЭКС), подразумевая необходимость в разделении протезов по половой принадлежности. Впрочем, имеются исследования, доказывающие обратную точку зрения, что результаты протезирования гендерно-специфическими протезами статистически не отличаются от аналогичных операций с применением гендерно-нейтральных протезов [11,24].

3.1. Различия строения костных структур и их формы.

В исследование Wise и соавт. (2016) [17] были включены данные участников из базы Osteoarthritis initiative (OAI) без рентгенологических признаков ОА и с наименьшими рисками развития ОА (на основе данных анамнеза и физикального обследования). Было исследовано 192 и 147 записей женского и мужского дистального отдела бедра соответственно и 191 и 149 записей проксимального отдела женской и мужской большеберцовой кости соответственно. Авторами была применена методика SSM, с помощью которой исследователи разделили рентгенограммы на разные типовые группы (представленные в статье как modes) в зависимости от строения костных структур (линии переходов мышечков в надмышечки, глубины и ширины надколенниковой борозды, формы мышечков и т.д.). Всего удалось выделить 13 типовых групп для описания

дистального отдела бедра и 10 для описания проксимального отдела большеберцовой кости, в совокупности описывающих 95,5% всех выбранных образцов. Было выявлено, что 6 типовых групп для дистального отдела бедренной кости, описывающих в общей сложности 65,6% всех образцов, обладали статистически значимыми различиями между полами, причём 1-я группа включала в себя 43.1% всех образцов и обладала наибольшими различиями. Также было установлено, что 3 группы для проксимального отдела большеберцовой кости, описывающих в общей сложности 27.1% всех образцов, обладали статистически значимыми различиями между полами. Отмечается то, что наибольшие различия присутствовали именно между мужскими и женскими дистальными отделами бедренной кости, в то время как форма проксимального отдела большеберцовой кости была меньше ассоциирована с половым диморфизмом. Также, в данном исследовании были получены данные о меньшем показателе соотношения медиально-латеральных размеров к переднее-задним у женщин, чем у мужчин.

3.2. Различия соотношения медиально-латеральных размеров к переднее-задним.

Различия соотношения медиально-латеральных размеров к переднее-задним (medio-lateral/anterior-posterior - далее ML\AP) между мужчинами и женщинами, а именно положение о том, что женский коленный сустав уже мужского, и его возможная значимость в патогенезе ОА остаётся до сих пор темой дискуссии [10]. ML\AP называется соотношением боковых размеров дистального отдела коленного сустава и передне-задних размеров, что определяет ширину и глубину суставных поверхностей коленного сустава.

С целью определения наличия гендерно-опосредованных особенностей коленного сустава и необходимости в гендерно-специфических имплантах Dargel и соавт. (2011) [13] были проведены кадаверные исследования, включившие 16 мужчин и 25 женщин со средним возрастом в 78 (в диапазоне 65-91) и 80 (в диапазоне 69-93) лет соответственно, при этом были полностью исключены испытуемые с травмами и оперативным вмешательством в анамнезе. Были проведены замеры с использованием рентгенографии. Полученные данные сначала сравнивали двумя методами: без корректировки по длине бедренной кости и с корректировкой по длине бедренной кости (ввиду невозможности проведения корректировки по росту). Без корректировки 17 показателей бедренной кости из 26 и 3 показателя большеберцовой кости показывали значимое отличие между полами (увеличенные показатели у мужчин). При этом соотношение ML\AP бедренной и большеберцовой костей (называемые в статье femoral aspect ratio и tibial aspect ratio и исчисляемые в процентах) не имели значимых различий между полами. После корректировки по длине бедра из 17 статистически значимых показателей бедренной кости таковыми остались лишь 7, в основном это были медиаль-

но-латеральные и передне-задние размеры, а также радиус кривизны сгибательной поверхности внутрисуставного хряща (задние отделы мыщелков бедренной кости). При этом все три (ширина плато большеберцовой кости, глубина медиального и латерального мыщелков) показателя большеберцовой кости сохранили статистически значимые различия. Статистический анализ также показал, что различия внутри одной половой группы всех образцов были меньше, чем разница между мужскими и женскими коленными суставами, что указывает на существование истинных половых различий. Статистическая значимость соотношений ML\AP бедренной и большеберцовой костей после коррективки не была подтверждена.

Отдельно проводились те же сравнения между пациентами с одинаковой длиной бедренных костей: полученные данные также не подтвердили теорию о различии соотношений ML\AP между мужчинами и женщинами.

Сами авторы указывают, что вычисление соотношений или частных линейных измерений приводит к неточным данным, поскольку многомерный объект сокращается до 2-мерного изображения, в котором истинная ориентация двух линейных осей остается неизвестной. Это может объяснить противоречивые результаты, полученные в данном исследовании.

В исследовании Lonner и соавт. (2008) [15] проводилось интраоперационное измерение медиально-латеральных и передне-задних размеров мыщелков бедренной кости у пациентов, подвергшихся ТЭКС. В исследование было включено по 100 пациентов обоих полов, средним возрастом 67 (в диапазоне 45–83) лет для мужчин и 68 (в диапазоне 48–88) лет для женщин. Измерения включали переднезадний размер дистального отдела бедренной кости от переднего края резекции до нерезецируемой поверхности заднего медиального мыщелка бедра, медиально-латеральный размер на уровне чрезмыщелковой оси, высоту латерального и медиального мыщелков, а также длину ребер опилов. По результатам собранных данных исследователи сделали вывод, что соотношение ML\AP действительно статистически отличается у мужчин и женщин, причем у мужчин он выше (в статье указано, что обратное значение AP\ML у мужчин меньше).

3.3. Различия высоты блока бедренной кости

Одним из часто указываемых анатомических различий между женским и мужским коленным суставом является высота блока бедренной кости [10]. Под этим термином подразумевается расстояние от самой выпирающей точки блока бедренной кости до линии, продолжающей передний кортикал бедренной кости. В систематическом обзоре Merchant и соавт. (2008) [25] приводятся примеры различных исследований, в которых изучали данный показатель и доказывали, что высота блока у мужчин действительно больше. В исследовании Poilvache и соавт. (1996) измерения проводились интраоперационно во время проведения операции ТЭКС. Как и было сказано, высота

блока у мужчин была больше, чем у женщин, однако авторы также указали, что не проводили коррективки по другим параметрам бедренной кости, и полученная разница могла быть объяснена исключительно большими размерами коленных суставов мужчин [26]. Ранее, ещё в 1964 году Brattström [27] на основе анализа рентгенограмм 400 коленных суставов (200 мужских и 200 женских) обнаружил, что у женщин блок бедренной кости в среднем на 1,5 мм ниже с латеральной и на 1,1 мм ниже с медиальной стороны. После коррективки данных по росту участников автор установил, что эти различия были скорее связаны с большими размерами самого мужского коленного сустава.

В исследовании Fehring и соавт. (2009) [28] изучили данные магнитно-резонансной томографии (далее - МРТ) коленных суставов 212 пациентов (112 мужчин и 100 женщин) с целью определения различий в высоте блока бедренной кости у мужчин и женщин. Исследователями было установлено отсутствие достоверной разницы между полами по высоте латерального отдела блока, при этом средняя разница составляла всего 0,5 мм. В то же время по высоте медиального отдела между мужчинами и женщинами наблюдалась достоверная разница, составлявшая, в среднем, всего 1,1 мм. Также исследователи отметили существенное различие внутри одного пола, что говорит о высокой вариабельности вне зависимости от гендера.

Li и соавт. (2014) [29] провели исследование с целью определения различий между высотой блока бедренных костей мужчин и женщин с использованием 3D-моделей 161 человек (96 мужчин и 65 женщин), 34 из которых были преобразованы из данных компьютерной томографии (далее - КТ), а остальные 127 из данных МРТ коленных суставов. Средний возраст мужчин составлял $38,3 \pm 10,2$ лет, женщин $35,5 \pm 10,1$. У мужчин показатели высоты блока были достоверно выше, также дело обстояло с надколенниковой бороздой. После коррективки по размерам сустава существенных различий между высотой блока у мужчин и женщин обнаружено не было.

3.4. Различия заднего оффсета мыщелков бедра

Под задним оффсетом мыщелков бедра подразумевается расстояние между наиболее отдаленными от заднего кортикального слоя бедренной кости точками на задних краях мыщелков. С целью выявления возможных гендерных различий заднего оффсета мыщелков бедра между мужчинами и женщинами Voleti и соавт. (2015) [30] использовали данные МРТ-исследований 100 пациентов, 50 женщин и 50 мужчин. В исследование были включены пациенты без артрита, деформаций, дисплазий, костно-хрящевых дефектов, переломов или операций на коленных суставах в анамнезе. Полученные данные подтверждали, что задний оффсет мыщелков бедра достоверно больше у мужчин, чем у женщин. Исследователи также сравнили соотношения оффсетов к размерам самих мыщелков между мужчинами и женщинами. Исследователи заключили, что отличие оффсетов

между мужчинами и женщинами обусловлено не гендерным диморфизмом, а размерами самих костей.

3.5. Различия осей дистального края бедренной кости

Также рассматривается возможность различий между коленными суставами у мужчин и женщин в соотношении осей и углов, образованных костными ориентирами. В частности, такими показателями являются задняя межмыщелковая ось (posterior condilar axis – PCA), межнадмыщелковая ось (transepicondilar axis – TEA), линия Вайтсайда (Whiteside's line – WSL), а также углы между ними: TEA vs PCA, TEA vs WSL, WSL vs PCA. На практике данные показатели применяются хирургами для планирования и интраоперационного позиционирования компонентов эндопротезов при ТЭКС.

Koh и соавт. (2020) [31] провели исследование с целью определения наличия гендерного диморфизма по отношению к вышеописанным показателям с учётом варусной\вальгусной деформации, используя данные MPT 1522 человек (1298 женщин и 224 мужчин). 1436 из исследуемых коленных суставов имели варусную деформацию, остальные 86 — вальгусную. На основе полученных данных было выявлено, что у женщин показатели TEA vs WSL, WSL vs PCA и TEA vs PCA были достоверно выше и вариабельнее (91.3 ± 2.8 , 93.8 ± 3.0 , 2.2 ± 1.1 соответственно) в сравнении с мужчинами (90.7 ± 2.7 , 93.1 ± 2.7 , 2.0 ± 1.0 , соответственно). В той же статье авторы, сравнивая свои данные с аналогичными исследованиями, замечают, что различия в данных могут быть связаны, как с тем фактом, что исследование проводилось на суставах, уже подверженных выраженному ОА, так и из-за того, что данные собирались исключительно с одной специфичной этнической группы (корейцы), отчего результаты могут быть не релевантны по отношению к представителям другого этноса.

3.6. Различия размеров сустава

Наиболее достоверным отличием, пожалуй, можно считать то, что мужской коленный сустав больше женского, что подтверждается исследованиями Dargel и соавт. (2011) [13], Bellemans и соавт. (2008) [14], Lonner и соавт. (2008) [15]. По данным Bellemans и соавт. (2008) [14], включивших в исследование 1000 пациентов, которым планировалось выполнение ТЭКС, из 250 пациентов с наименьшими показателями высоты латерального мыщелка 98% были женщинами, в то время как из 250 пациентов с наибольшими показателями высоты латерального мыщелка 81% были мужчинами.

4. Различия изменений в коленном суставе во времени

Как и любая другая, костная ткань имеет свойство изменяться и перестраиваться в течение всей жизни человека. В процессе изменения факторов внешней среды и следующей за этим

адаптацией организма происходит постепенная перестройка костных структур на микроскопическом уровне. Результаты таких трансформаций могут также вносить в процесс развития ОА и его неоднородного распределения свой вклад.

Wise и соавт. (2020) [19] в своём исследовании выдвинули мнение, что изменения костей, образующих коленный сустав, также зависят от пола. В когорту исследования вошли 473 пациента из базы OAI в возрасте от 45 до 79 лет на начальном этапе исследования, 254 из которых были женщины, остальные 219 — мужчины. При этом были включены только пациенты без ревматоидного артрита, остеонекроза или ампутации в анамнезе, а также не подвергавшиеся артропластике коленного сустава; с выполненными рентгенограммами на начальном этапе, через 2 и через 4 года; имевшие оценку стадии ОА по Kellgren-Lawrence на начальном этапе, через 2 и через 4 года. Как и в других исследованиях данных авторов использовалась методика SSM, позволяющая выводить и группировать получаемые формы. В данном исследовании проводилось сравнение форм дистального отдела бедра и проксимального отдела голени с временной разницей в 2 года. Было выведено 5 типовых групп как для бедра, так и для большеберцовой кости. Было определено, что костные структуры в течение данного времени не претерпевали выраженных изменений, однако, для каждой формы отмечалась своя тенденция изменений. Также авторы описали различия траекторий изменений между типовыми группами и полом, что может свидетельствовать о зависимости изменения костных структур коленного сустава от пола.

Lu и соавт. (2019) [20] исследовали различия возрастных изменений морфологии нижних конечностей при ОА с преимущественным поражением с медиальной стороны на когорте из 883 человек, разделённых на три возрастные группы: младше 40 лет, от 40 до 60 лет, старше 60 лет. С данных 883 человек было получено данных о 1538 нижних конечностях, 1187 из которых были женскими, остальные 351 — мужскими. В исследование не вошли данные пациентов с вальгусной деформацией коленного сустава, ревматоидным артритом, патологиями тазобедренного сустава, деформациями нижней конечности, переломами и операциями на нижних конечностях в анамнезе. Всем были выполнены рентгенологические снимки нижних конечностей с захватом тазобедренного и голеностопного суставов, были измерены и проанализированы показатели: Femoral Bowing Angle (FBA), medial angle between the mechanical axis of the tibia and the mechanical axis of the femur (HKA), Mechanical Medial Distal Femoral Angle (mMDFA), Distal Femoral Valgus Resection Angle (DFVRA), Medial Proximal Tibial Angle (MPTA), Joint Line Convergence Angle (JLCA), Minimum Joint Space Width (min-JSW). По полученным результатам у женщин были достоверно выявлены более выраженные изменения всех показателей в связи с возрастом. В то же время у мужчин статистически значимые изменения в связи с возрастом были отмечены только по параметру min-JSW. FBA и JLCA были статистически больше у женщин, чем у мужчин, из чего можно сделать вывод, что

женская бедренная кость сильнее подвержена деформации с течением возраста, чем мужская.

5. Различия биомеханических параметров

Всё больше внимания уделяется биомеханическим параметрам и их роли в динамических изменениях в коленном суставе.

Биомеханика коленного сустава сложна и не ограничивается лишь перемещением суставных поверхностей относительно друг друга. Наиболее часто встречаемым биомеханическим параметром является Q-угол (Q-angle), используемый для диагностики нестабильности надколенника и положения бугристости большеберцовой кости [35]. Также важными показателями считаются показатели Medial knee load - приводящий момент колена (knee adduction moment - KAM), пиковый приводящий момент колена (peak KAM) и impulse KAM (площадь под кривой пикового приводящего момента).

5.1. KAM, peak KAM

KAM характеризует нагрузку на медиальные отделы коленного сустава и прямо коррелирует со скоростью потери объёма хряща в медиальных отделах сустава, что, в свою очередь, приводит к прогрессированию ОА [32,33].

Ro и соавт. (2017) [34] исследовали разницу показателей KAM и peak KAM у мужчин и женщин, а также показатели походки. В исследование вошло 84 человека, по 42 каждого пола, без патологии коленных суставов и симптомов ОА. Разброс возрастов в обеих группах был от 60 до 69, средний возраст 64.5 лет. По полученным данным приводящий момент колена и пиковый приводящий момент колена у женщин достоверно были больше, что было связано с более широким тазом при коррективке по росту, но при этом более узким шагом. Выборка данного исследования является скромной, поэтому для более точных и достоверных данных рекомендуется большая когорта для исследования.

5.2. Q-угол

Термин Q-угол (Q-angle) ввёл Brattström в 1964 году [27], дав ему следующее определение: угол, образованный вектором силы четырёхглавой мышцы бедра и линией, соединяющей середину надколенника и бугристости большеберцовой кости. Тем не менее, ввиду очевидной сложности определения «вектора силы четырёхглавой мышцы бедра», наибольшее распространение получил метод измерения Q-угла между линией, соединяющей верхнюю подвздошную ось и линией, соединяющей центр надколенника и бугристости большеберцовой кости [35].

Широко распространено суждение, что угол Q у женщин больше [10,13,45]. Однако ряд авторов (Merchant и соавт. (2008) [25]; Grelsamer и соавт. (2005) [36]) придерживаются мнения, что значимых отличий между полами по данному показателю

нет. Данные авторы связывают статистические различия не с полом как таковым, а со средним ростом мужчин и женщин. Было установлено, что у более высоких людей Q-угол статистически меньше, чем у более низких, вне зависимости от пола испытуемых.

6. Различия свойств хряща

Интактный хрящ, при условии сохранности всех остальных внутрисуставных структур, конгруэнтности суставных поверхностей и отсутствии чрезмерных нагрузок, практически не стирается в течение жизнедеятельности. Однако постепенно возникающие в процессе старения изменения приводят к изменению клеточного состава хрящевого слоя и последующему истончению [37], что является ключевым звеном развития ОА. Было установлено, что скорость потери хряща прямо коррелирует с физическими нагрузками и характером трудовой деятельности [38]. Немаловажную роль играет и конгруэнтность, для измерения которой выведены отдельные величины.

В целях изучения хрящевой ткани крайне полезным неинвазивным методом была и остается МРТ [39]. Благодаря высокой чувствительности современных аппаратов МРТ возможно как измерять объём суставного хряща и изменения его в динамике, так и взаимоотношение суставных поверхностей между собой.

6.1. Толщина и объём суставного хряща

Jones и соавт. (2000) [21] изучили данные МРТ 92 участников в возрасте от 9 до 18 лет с целью определения зависимости объёма суставного хряща коленного сустава от пола (49 мальчиков и 43 девочки). Вся выборка была разделена по шкале Теннера для более корректного сравнения, также были учтены индекс массы тела и физическая активность участников. Было установлено, что объём суставного хряща у мальчиков был достоверно больше, чем у девочек, вне зависимости от стадий Теннера, индекса массы тела и физической активности: в медиальных отделах разница составляла 26%, в медиальных 8% и на надколеннике 20%. Наличие различий в хряще начиная с раннего возраста могут быть объяснением большей предрасположенности женщин к ОА, чем мужчин, в будущем.

Faber и соавт. (2001) [22] в своём исследовании изучили данные МРТ небольшой выборки из 18 пациентов (9 мужчин и 9 женщин) с целью определения достоверных различий между параметрами внутрисуставного хряща. Были рассмотрены следующие параметры: толщина хрящевого слоя, площадь суставных поверхностей и объём хрящевой ткани. На основе полученных результатов исследователи определили статистически достоверную разницу между полами — у мужчин были установлены более высокие показатели по всем трём пунктам. Однако, после коррективки данных по весу и росту участников эти различия нивелировались. Авторами было заключено,

что достоверная разница обусловлена не столько различиями в строении самих суставных поверхностей, сколько более крупными размерами самого коленного сустава у мужчин.

Также в ранее указанном исследовании Voletі и соавт. [30], помимо параметров оффсета, была измерена толщина хрящевого слоя задних краев мыщелков бедренной кости. Как и в случае с параметрами оффсета задних краев мыщелков, половых различий обнаружено не было.

6.2. Потеря объёма суставного хряща

Ding и соавт. (2007) [21] исследовали связь между полом, возрастом и скоростью изменения объема суставного хряща большеберцовой кости в выборке из участников в возрасте 25–61 лет. С этой целью были использованы данные МРТ со средней разницей в 2.3 года между исследованиями. В исследовании участвовало 325 человек, из которых 190 были женщинами. Половина всей выборки состояла из людей, у которых родители ранее перенесли оперативное вмешательство в объёме ТЭКС по поводу ОА коленного сустава (указанные в исследовании как «offsprings»), в то время как вторая половина участников была набрана случайным образом из местного населения (указанные как контрольная группа). После корректировки по объёму хряща в начале исследования и размерам кости результаты показали достоверную разницу: скорость потери суставного хряща у женщин была больше, чем у мужчин. Данные различия появлялись в ~40 лет, а далее усиливались. Было установлено, что скорость изменения объёма хряща прямо зависит от возраста пациентов, значительно увеличиваясь у людей старшей возрастной группы, а также от наследственности — у пациентов из группы «offsprings» она также была выше.

В другом исследовании Hanna и соавт. (2009) [40] изучили данные МРТ коленных суставов 271 участника без истории и клинической симптоматики ОА. Целью исследования было выявление разницы в изменении объёма суставного хряща большеберцовой кости и надколенника, а также склонности к прогрессированию хрящевых дефектов в тибеофemorальном и пателлофemorальном сочленениях. В исследовании были использованы данные МРТ одного и того же коленного сустава 152 женщин и 119 мужчин, выполненных с интервалом в 2 года. После корректировки собранных данных по возрасту, росту, весу и размерам кости было установлено, что скорость потери объёма суставного хряща большеберцовой кости и надколенника у женщин достоверно больше, чем у мужчин, а так же то, что у женщин имелаась большая склонность к прогрессированию хрящевых дефектов в тибеофemorальном сочленении.

Sai и соавт. (2019) [37] провели похожее исследование, однако с более продолжительным периодом наблюдения средней продолжительностью в 10,7 лет. Авторами была изучена зависимость скорости изменения объёма хряща большеберцовой кости от пола, индекса массы тела и возраста на когорте из 481 пациента в возрасте от 51 до 79 лет. Также указывается,

что у 49% участников имелись клинические проявления ОА коленных суставов, а у 58% - рентгенологические. Интервал между исследованиями составлял 10,7 лет. При корректировке данных по возрасту, индексу массы тела и объёму суставного хряща в начале исследования было установлено, что скорость потери суставного хряща у женщин больше, чем у мужчин, в особенности в латеральных отделах сустава. Также была отмечена прямая корреляция скорости потери суставного хряща от возраста и индекса массы тела в начале исследования (и последующего его увеличения).

В противоположность вышеуказанным трём исследованиям, в исследовании Eckstein и соавт. (2008) [41] были получены иные результаты. Исследователи проанализировали данные МРТ правых коленных суставов 79 женщин (средний возраст 60.3 ± 9.5 лет) и 77 мужчин (средний возраст 62.0 ± 10.2 года) из базы OAI. В исследование вошли пациенты из клиническими и рентгенологическими проявлениями ОА коленного сустава, а интервал между МРТ составлял 1 год. Анализ полученных данных показал у мужчин большую скорость потери суставного хряща, чем у женщин, однако это различие было статистически незначимым. Авторы указали, что короткий временной промежуток в 1 год, а также возможность применения в этом исследовании данных только с одного колена (которое могло быть не обязательно поражённым) ввиду ограничений программного обеспечения могли повлиять и исказить результаты.

6.3. Конгруэнтность суставных поверхностей

Важным фактором развития и прогрессирования ОА считается конгруэнтность сустава, а также площадь контакта суставных поверхностей. Tummala и соавт. (2018) [42] провели исследование с применением двух независимых баз данных - Center for Clinical and Basic Research (далее CCBR) и OAI. Целью исследования было определение корреляции конгруэнтности суставных поверхностей в медиальном отделе тибеофemorального сочленения, искомыми величинами выступили площадь контакта суставных поверхностей (Contact Area - CA) и индекс конгруэнтности (Congruity Index — CI) [43]. Из базы CCBR были использованы данные МРТ коленных суставов 159 пациентов (77 женщин и 82 мужчин), общей сложностью предоставляя данные 288 коленных суставов. Из OAI были использованы данные МРТ 1436 пациентов. Все пациенты были разделены на четыре группы в зависимости от степени выраженности ОА по Kellgren-Lawrence: без рентгенологических признаков, 1-ой стадии, 2-ой стадии и 3\4-ой стадии). Площадь контакта суставных поверхностей в обоих когортах во всех группах была больше у женщин, в то время как конгруэнтность суставных поверхностей - у мужчин. Также отмечалось, что между группой пациентов без рентгенологических признаков и группой с 1-ой стадией ОА в когорте CCBR отмечалось увеличение площади контакта у обоих полов, после чего площадь контакта уменьшалась. При этом похожая тенденция наблюдалась и во второй

когорте, однако, увеличение площади контакта происходило вплоть до 3-ей стадии, также у обоих полов. Увеличение площади контакта с повышением стадии ОА исследователи связали с большим вовлечением мениска в патологический процесс, что приводит к уменьшению его площади, и соответственно, к контакту более периферических областей хряща. Авторами было предположено, что найденные различия в конгруэнтности могут, по крайней мере частично, способствовать более высокой частоте заболеваемости ОА коленного сустава среди женщин, а также большей скорости прогрессирования заболевания.

7. Обсуждение

В данной статье были описаны лишь некоторые из факторов, потенциально влияющих на неравномерное распределение заболеваемости ОА между мужчинами и женщинами. Помимо анатомических и биомеханических свойств опорно-двигательного аппарата могут рассматриваться различия биохимического состава хряща, гормональные изменения, происходящие в женском организме в период постменопаузы, особенности иммунной системы мужчин и женщин и т.д.. Однако, учитывая многофакторность данного заболевания [9], можно также предположить, что разница в распространенности ОА — это явление, обусловленное сочетанием всех этих особенностей.

Нами была обнаружена некоторая неоднородность в результатах описанных исследований. На результаты исследований сильно влияют как методы получения данных (будь то инструментальные исследования или интраоперационные измерения), так и способы анализа.

Когда речь идёт о таких анатомических величинах, таких как ML\AP, или высота блока бедренной кости, следует учитывать, что мужчины статистически крупнее женщин [26], из-за чего сравнение полученных данных может указать на ложное статистически значимое различие. При повторном сравнении, но уже после корректировки по какому-либо объективному показателю (например, рост пациента [26], длина бедренной кости [13] и т.п. [29]), ранее определённая зависимость теряет актуальность. Из этого может возникнуть закономерный вопрос, какой показатель стоит считать наиболее подходящим для выполнения корректировки. Разные авторы могут придерживаться разных концепций, однако однозначного ответа пока что не найдено.

Для исследования костных структур и образований применяются рентгенография и КТ, в то время как для хряща методом выбора является МРТ. Качество выполняемых инструментальных исследований может также влиять на результаты и их оценку: аппарат мощностью 1,5 Т, очевидно, не способен выдать такой же уровень визуализации и, соответственно, качества сравнения, как аппараты 3 и 6 Т. Так, например, в статье Li и соавт. (2014) [29] авторы сравнивали показатели и анатомические образования, визуализированные как при помощи КТ, так и МРТ, что может потенциально вносить не-

которые погрешности в результаты, в то время как при сравнении изображений и данных, полученных при помощи одного инструментального метода, желательно с применением одного и того же оборудования.

При сравнении изображений, получаемых инструментальными исследованиями, всегда есть риски возникновения погрешностей в следствие несовершенства зрительного анализатора человека, а также различий между восприятием одного и того же изображения между исследователями. Внедрение современных технологий анализа данных на основе компьютерных алгоритмов может значительно помочь в решении проблемы субъективного восприятия. Применение техники SSM позволяет оценивать анатомические показатели и разделять получаемые данные на категории [16,17,19], минимизируя ошибки и недочёты со стороны человека. Более того, применение искусственного интеллекта уже рассматривается как потенциальный вспомогательный инструмент в диагностике и мониторинге прогрессирования ОА коленного сустава.

Другим источником достоверных данных могут служить исследования с вовлечением кадаверных и интраоперационных измерений. Однако, в случае с данными, полученными во время операционного вмешательства, стоит учитывать влияние хирургической манипуляции на исследуемые величины. Так, Lonner и соавт. (2008) [15] указывают, что ошибки в резекции, даже незначительные, могут вносить серьёзный вклад в конечные результаты (сохранность хряща, наличие дефектов кости, толщина пилы, которой выполняются опилы, и др.).

Следует принимать во внимание, что диморфизм может быть также связан с расой и исторически сложившимся географическим распределением населения [5]. Для достоверности результатов желательно включение в исследование участников из одного региона и одной этнической принадлежности.

Согласно данным актуальной литературы [11,45], применение гендерно-специфического дизайна при протезировании коленного сустава у женщин не даёт каких-либо преимуществ по результатам клиничко-рентгенологической картины в сравнении со стандартными гендерно-нейтральными протезами. Это может свидетельствовать как о нецелесообразности выбора имплантов на основании пола пациента, так и о том, что внесенные в дизайн протезов изменения достаточны для достижения клинически значимых различий в результатах протезирования.

8. Заключение

С каждым годом становится всё больше достоверных и истинных знаний, при этом пока что сложно с полной уверенностью назвать все анатомические различия между коленными суставами обоих полов. Наиболее очевидным и достоверным различием является размер коленного сустава — мужской коленный сустав больше женского. Все рассмотренные исследования имеют свои ограничения и недостатки. Методы

измерения, выбор ориентиров, качество и методы инструментальных исследований очень сильно разнятся от исследования к исследованию, что также может создавать дополнительную сложность в сравнении смежных или аналогичных данных.

Большую ценность представляют базы данных, включающие большое количество испытуемых разных возрастных групп с заболеваниями опорно-двигательного аппарата (как, например, Osteoarthritis initiative (OAI)). Общая цель OAI состояла в разработке общедоступного исследовательского ресурса для более точной научной оценки биомаркеров ОА и потенциальных точек начала и прогрессирования заболевания, а также создание возможности сравнения работ разных ученых между собой (сайт <https://nda.nih.gov/oai/>) [46].

Учитывая многофакторность ОА коленного сустава, биомаркеры и молекулярные различия состава тканей пациентов, вероятно, будут играть большую роль в диагностике и лечении ОА. Детальное понимание анатомических, биомеханических и биохимических факторов, а также их взаимодействие поможет в ранней профилактике и диагностике ОА в будущем.

Имеет смысл инициатива по созданию баз данных с исследованиями КТ, МРТ и биологических тканей молодых пациентов и пациентов среднего возраста с целью пролонгированного наблюдения и сбора данных с момента отсутствия признаков ОА до развития лёгких и средних стадий с целью выявления причинно-следственных связей.

Список литературы / References:

1. Felson DT. Epidemiology of hip and knee osteoarthritis. *Epidemiol Rev.* 1988;10:1-28. doi: 10.1093/oxfordjournals.epirev.a036019. PMID: 3066625.
2. Silverwood V, Blagojevic-Bucknall M, Jinks C, Jordan JL, Protheroe J, Jordan KP. Current evidence on risk factors for knee osteoarthritis in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2015 Apr;23(4):507-15. doi: 10.1016/j.joca.2014.11.019. Epub 2014 Nov 29. PMID: 25447976.
3. Michael JW, Schlüter-Brust KU, Eysel P. The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int.* 2010 Mar;107(9):152-62. doi: 10.3238/arztebl.2010.0152. Epub 2010 Mar 5. Erratum in: *Dtsch Arztebl Int.* 2010 Apr;107(16):294. PMID: 20305774; PMCID: PMC2841860.
4. Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of osteoarthritis. *Clin Geriatr Med.* 2010 Aug;26(3):355-69. doi: 10.1016/j.cger.2010.03.001. Erratum in: *Clin Geriatr Med.* 2013 May;29(2):ix. PMID: 20699159; PMCID: PMC2920533.
5. Deshpande BR, Katz JN, Solomon DH, Yelin EH, Hunter DJ, Messier SP, Suter LG, Losina E. Number of Persons With Symptomatic Knee Osteoarthritis in the US: Impact of Race and Ethnicity, Age, Sex, and Obesity. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2016 Dec;68(12):1743-1750. doi: 10.1002/acr.22897. Epub 2016 Nov 3. PMID: 27014966; PMCID: PMC5319385.
6. Otten R, van Roermund PM, Picavet HS. Trends in aantallen knie- en heupartroplastieken: de vraag naar knie- en heupprothesen blijft voorlopig toenemen [Trends in the number of knee and hip arthroplasties: considerably more knee and hip prostheses due to osteoarthritis in 2030]. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2010;154:A1534. Dutch. PMID: 20619009.
7. Manninen P, Riihimäki H, Heliövaara M, Mäkelä P. Overweight, gender and knee osteoarthritis. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1996 Jun;20(6):595-7. PMID: 8782738.
8. Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2010 Jan;18(1):24-33. doi: 10.1016/j.joca.2009.08.010. Epub 2009 Sep 2. PMID: 19751691.
9. Lespasio MJ, Piuze NS, Husni ME, Muschler GF, Guarino A, Mont MA. Knee Osteoarthritis: A Primer. *Perm J.* 2017;21:16-183. doi: 10.7812/TPP/16-183. PMID: 29035179; PMCID: PMC5638628.
10. Conley S, Rosenberg A, Crowninshield R. The female knee: anatomic variations. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15 Suppl 1:S31-6. doi: 10.5435/00124635-200700001-00009. PMID: 17766787.
11. Cheng T, Zhu C, Wang J, Cheng M, Peng X, Wang Q, Zhang X. No clinical benefit of gender-specific total knee arthroplasty. *Acta Orthop.* 2014 Aug;85(4):415-21. doi: 10.3109/17453674.2014.931194. Epub 2014 Jun 23. PMID: 24954488; PMCID: PMC4105774.
12. Barrett WP. The need for gender-specific prostheses in TKA: does size make a difference? *Orthopedics.* 2006 Sep;29(9 Suppl):S53-5. PMID: 17002150.
13. Dargel J, Michael JW, Feiser J, Ivo R, Koebeke J. Human knee joint anatomy revisited: morphometry in the light of sex-specific total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011 Apr;26(3):346-53. doi: 10.1016/j.arth.2009.12.019. Epub 2010 Mar 4. PMID: 20206467.
14. Bellemans J, Carpentier K, Vandenuecker H, Vanlauwe J, Victor J. The John Insall Award: Both morphotype and gender influence the shape of the knee in patients undergoing TKA. *Clin Orthop Relat Res.* 2010 Jan;468(1):29-36. doi: 10.1007/s11999-009-1016-2. Epub 2009 Aug 8. PMID: 19669385; PMCID: PMC2795809.
15. Lonner JH, Jasko JG, Thomas BS. Anthropomorphic differences between the distal femora of men and women. *Clin Orthop Relat Res.* 2008 Nov;466(11):2724-9. doi: 10.1007/s11999-008-0415-0. Epub 2008 Aug 22. PMID: 18719975; PMCID: PMC2565021.
16. Yokota F, Okada T, Takao M, Sugano N, Tada Y, Sato Y. Automated segmentation of the femur and pelvis from 3D CT data of diseased hip using hierarchical statistical shape model of joint structure. *Med Image Comput Assist Interv.* 2009;12(Pt 2):811-8. doi: 10.1007/978-3-642-04271-3_98. PMID: 20426186.
17. Wise BL, Liu F, Kritikos L, Lynch JA, Parimi N, Zhang Y, Lane NE. The association of distal femur and proximal tibia shape with sex: The Osteoarthritis Initiative. *Semin Arthritis Rheum.* 2016 Aug;46(1):20-6. doi: 10.1016/j.semarthrit.2016.02.006. Epub 2016 Mar 3. PMID: 27039962; PMCID: PMC4969176.
18. Ro DH, Lee DY, Moon G, Lee S, Seo SG, Kim SH, Park IW, Lee MC. Sex differences in knee joint loading: Cross-sectional study in geriatric population. *J Orthop Res.* 2017 Jun;35(6):1283-1289. doi: 10.1002/jor.23374. Epub 2016 Aug 19. PMID: 27441414.
19. Wise BL, Niu J, Zhang Y, Liu F, Pang J, Lynch JA, Lane NE. Patterns of Change Over Time in Knee Bone Shape Are Associated with

Sex. Clin Orthop Relat Res. 2020 Jul;478(7):1491-1502. doi: 10.1097/CORR.0000000000001219. PMID: 32187098; PMCID: PMC7310328.

20. Lu Y, Zheng Z, Chen W, Lv H, Lv J, Zhang Y. Dynamic deformation of femur during medial compartment knee osteoarthritis. PLoS One. 2019 Dec 20;14(12):e0226795. doi: 10.1371/journal.pone.0226795. PMID: 31860687; PMCID: PMC6924647.

21. Jones G, Glisson M, Hynes K, Cicuttini F. Sex and site differences in cartilage development: a possible explanation for variations in knee osteoarthritis in later life. Arthritis Rheum. 2000 Nov;43(11):2543-9. doi: 10.1002/1529-0131(200011)43:11<2543::AID-ANR23>3.0.CO;2-K. PMID: 11083279.

22. Faber SC, Eckstein F, Lukasz S, Mühlbauer R, Hohe J, Englmeier KH, Reiser M. Gender differences in knee joint cartilage thickness, volume and articular surface areas: assessment with quantitative three-dimensional MR imaging. Skeletal Radiol. 2001 Mar;30(3):144-50. doi: 10.1007/s002560000320. PMID: 11357452.

23. Ding C, Cicuttini F, Blizzard L, Scott F, Jones G. A longitudinal study of the effect of sex and age on rate of change in knee cartilage volume in adults. Rheumatology (Oxford). 2007 Feb;46(2):273-9. doi: 10.1093/rheumatology/kei243. Epub 2006 Jul 22. PMID: 16861710.

24. Sappey-Marini E, Swan J, Batailler C, Servien E, Lustig S. No clinical benefit from gender-specific total knee replacement implants: a systematic review. SICOT J. 2020;6:25. doi: 10.1051/sicotj/2020023. Epub 2020 Jul 3. PMID: 32618563; PMCID: PMC7333614.

25. Merchant AC, Arendt EA, Dye SF, Fredericson M, Grelsamer RP, Leadbetter WB, Post WR, Teitge RA. The female knee: anatomic variations and the female-specific total knee design. Clin Orthop Relat Res. 2008 Dec;466(12):3059-65. doi: 10.1007/s11999-008-0536-5. Epub 2008 Sep 27. Erratum in: Clin Orthop Relat Res. 2009 Feb;467(2):585-6. PMID: 18820981; PMCID: PMC2592531.

26. Poilvache PL, Insall JN, Scuderi GR, Font-Rodriguez DE. Rotational landmarks and sizing of the distal femur in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 1996 Oct;(331):35-46. doi: 10.1097/00003086-199610000-00006. PMID: 8895617.

27. Brattstroem h. Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of patella. A clinical and x-ray-anatomical investigation. Acta Orthop Scand Suppl. 1964;68:SUPPL 68:1-148. PMID: 14171734.

28. Fehring TK, Odum SM, Hughes J, Springer BD, Beaver WB Jr. Differences between the sexes in the anatomy of the anterior condyle of the knee. J Bone Joint Surg Am. 2009 Oct;91(10):2335-41. doi: 10.2106/JBJS.H.00834. PMID: 19797567.

29. Li P, Tsai TY, Li JS, Wang S, Zhang Y, Kwon YM, Rubash HE, Li G. Gender analysis of the anterior femoral condyle geometry of the knee. Knee. 2014 Mar;21(2):529-33. doi: 10.1016/j.knee.2013.12.001. Epub 2013 Dec 27. PMID: 24462107.

30. Voleti PB, Stephenson JW, Lotke PA, Lee GC. No sex differences exist in posterior condylar offsets of the knee. Clin Orthop Relat Res. 2015 Apr;473(4):1425-31. doi: 10.1007/s11999-014-4066-z. Epub 2014 Dec 2. PMID: 25448325; PMCID: PMC4353521.

31. Koh YG, Nam JH, Chung HS, Kim HJ, Lee HY, Kang KT. Gender differences exist in rotational anatomy of the distal femur in osteoarthritic knees using MRI. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2020

Sep;28(9):2990-2997. doi: 10.1007/s00167-019-05730-w. Epub 2019 Sep 23. PMID: 31549209.

32. Tateuchi H. Gait- and postural-alignment-related prognostic factors for hip and knee osteoarthritis: Toward the prevention of osteoarthritis progression. Phys Ther Res. 2019 Jun 20;22(1):31-37. doi: 10.1298/ptr.R0003. PMID: 31289710; PMCID: PMC6599758.

33. Bennell KL, Bowles KA, Wang Y, Cicuttini F, Davies-Tuck M, Hinman RS. Higher dynamic medial knee load predicts greater cartilage loss over 12 months in medial knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2011 Oct;70(10):1770-4. doi: 10.1136/ard.2010.147082. Epub 2011 Jul 7. PMID: 21742637.

34. Ro DH, Lee DY, Moon G, Lee S, Seo SG, Kim SH, Park IW, Lee MC. Sex differences in knee joint loading: Cross-sectional study in geriatric population. J Orthop Res. 2017 Jun;35(6):1283-1289. doi: 10.1002/jor.23374. Epub 2016 Aug 19. PMID: 27441414.

35. Merchant AC, Fraiser R, Dragoo J, Fredericson M. A reliable Q angle measurement using a standardized protocol. Knee. 2020 Jun;27(3):934-939. doi: 10.1016/j.knee.2020.03.001. Epub 2020 Apr 12. PMID: 32295725.

36. Grelsamer RP, Dubey A, Weinstein CH. Men and women have similar Q angles: a clinical and trigonometric evaluation. J Bone Joint Surg Br. 2005 Nov;87(11):1498-501. doi: 10.1302/0301-620X.87B11.16485. PMID: 16260666.

37. Cai G, Jiang M, Cicuttini F, Jones G. Association of age, sex and BMI with the rate of change in tibial cartilage volume: a 10.7-year longitudinal cohort study. Arthritis Res Ther. 2019 Dec 9;21(1):273. doi: 10.1186/s13075-019-2063-z. PMID: 31818318; PMCID: PMC6902563.

38. Harris EC, Coggon D. HIP osteoarthritis and work. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2015 Jun;29(3):462-82. doi: 10.1016/j.berh.2015.04.015. Epub 2015 Jun 10. PMID: 26612242; PMCID: PMC4759927.

39. Hayashi D, Roemer FW, Guermazi A. Imaging for osteoarthritis. Ann Phys Rehabil Med. 2016 Jun;59(3):161-169. doi: 10.1016/j.rehab.2015.12.003. Epub 2016 Jan 18. PMID: 26797169.

40. Hanna FS, Teichtahl AJ, Wluka AE, Wang Y, Urquhart DM, English DR, Giles GG, Cicuttini FM. Women have increased rates of cartilage loss and progression of cartilage defects at the knee than men: a gender study of adults without clinical knee osteoarthritis. Menopause. 2009 Jul-Aug;16(4):666-70. doi: 10.1097/gme.0b013e318198e30e. PMID: 19598333.

41. Eckstein F, Maschek S, Wirth W, Hudelmaier M, Hitzl W, Wyman B, Nevitt M, Le Graverand MP; OAI Investigator Group. One year change of knee cartilage morphology in the first release of participants from the Osteoarthritis Initiative progression subcohort: association with sex, body mass index, symptoms and radiographic osteoarthritis status. Ann Rheum Dis. 2009 May;68(5):674-9. doi: 10.1136/ard.2008.089904. Epub 2008 Jun 2. PMID: 18519425; PMCID: PMC2976866.

42. Tummala S, Schiphof D, Byrjalsen I, Dam EB. Gender Differences in Knee Joint Congruity Quantified from MRI: A Validation Study with Data from Center for Clinical and Basic Research and Osteoarthritis Initiative. Cartilage. 2018 Jan;9(1):38-45. doi: 10.1177/1947603516684590. Epub 2016 Dec 28. PMID: 29219018; PMCID: PMC5724673.

43. Tummala S, Nielsen M, Lillholm M, Christiansen C, Dam EB. Automatic quantification of tibio-femoral contact area and congruity. IEEE Trans

Med Imaging. 2012 Jul;31(7):1404-12. doi: 10.1109/TMI.2012.2191813. Epub 2012 Mar 23. PMID: 22481812.

44. Kim TK, Phillips M, Bhandari M, Watson J, Malhotra R. What Differences in Morphologic Features of the Knee Exist Among Patients of Various Races? A Systematic Review. Clin Orthop Relat Res. 2017 Jan;475(1):170-182. doi: 10.1007/s11999-016-5097-4. Epub 2016 Oct 4. Erratum in: Clin Orthop Relat Res. 2017 May;475(5):1507. PMID: 27704318; PMCID: PMC5174057.

45. Asseln M, Hänisch C, Schick F, Radermacher K. Gender differences in knee morphology and the prospects for implant design in total knee replacement. Knee. 2018 Aug;25(4):545-558. doi: 10.1016/j.knee.2018.04.005. PMID: 29773405.

46. Eckstein F, Wirth W, Nevitt MC. Recent advances in osteoarthritis imaging--the osteoarthritis initiative. Nat Rev Rheumatol. 2012 Oct;8(10):622-30. doi: 10.1038/nrrheum.2012.113. Epub 2012 Jul 10. PMID: 22782003; PMCID: PMC6459017.

Информация об авторах:

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). E-mail: dr.lychagin@mail.ru

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

Погосян Давид Артурович – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: david.pogos.41@gmail.com

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). E-mail: lipina_m_m@staff.sechenov.ru

Калинский Борис Маркович – врач-травматолог-ортопед, заведующий травматологическим отделением 26 ГБУЗ ГКБ им. С.П.Боткина ДЗМ. e-mail: bkalinsky@yandex.ru

Мурдалов Эмирхан Эмирович – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: Murdalov.emirhan1996@gmail.com

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

Ермилов Илья Валерьевич – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: lea_roan@mail.ru

Богданов Максим Михайлович – врач-травматолог-ортопед, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: maksim-bogdanov@mail.ru

Магданов Азат Маратович – ассистент Института регенеративной медицины ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). E-mail: magdanov_a_m@staff.sechenov.ru

Information about authors:

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

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

David A. Pogosyan – graduate student of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

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

Boris M. Kalinsky — traumatologist-orthopedist, department of traumatology №26 head at the Botkin Hospital

Emir Khan E. Murdalov – graduate student of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

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

Ilya V. Ermilov – graduate student of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Maxim M. Bogdanov – traumatologist-orthopedist, department assistant of Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Azat M. Magdanov – graduate student of Institute for Regenerative Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-106-120>

УДК: 617.3

© Пантелеев А.Н., Божкова С.А., Преображенский П.М., 2022

Обзор / Review



ДИАГНОСТИКА ПЕРИПРОТЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

А.Н. ПАНТЕЛЕЕВ^{1*}, С.А. БОЖКОВА¹, П.М. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, 195427, Россия

Аннотация

Статья посвящена одной из самых актуальных проблем современной ортопедии — диагностике перипротезной инфекции. В статье представлены современные взгляды на различные методы диагностики и их комбинации в выявлении перипротезной инфекции с акцентом на особую группу пациентов, которые нуждаются в ревизионном эндопротезировании коленного сустава по причине асептической нестабильности компонентов эндопротеза или при наличии спейсера, установленного по причине перипротезной инфекции. Цель обзора — на основании анализа литературы представить современные взгляды на диагностику перипротезной инфекции у пациентов, нуждающихся в ревизионном эндопротезировании коленного сустава. На основе анализа литературы сделаны выводы о том, что чувствительность и специфичность ряда методов диагностики значительно снижается при обследовании пациентов перед ревизионным эндопротезированием, что не позволяет своевременно дифференцировать асептическую нестабильность компонентов эндопротеза и латентную перипротезную инфекцию или оценить эффективность этапа санации перед ревизионным эндопротезированием коленного сустава. Совершенствование диагностических алгоритмов комплексного обследования пациентов, нуждающихся в ревизионной операции, вероятно позволит своевременно выявлять или исключать латентную перипротезную инфекцию и скорректировать при необходимости тактику лечения пациентов с выявленной инфекцией.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование коленного сустава; перипротезная инфекция; латентная ППИ; асептическая нестабильность; спейсер.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

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

Для цитирования: Пантелеев А.Н., Божкова С.А., Преображенский П.М., Диагностика перипротезной инфекции при ревизионном эндопротезировании коленного сустава: обзор литературы. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №2(48). С.106-120 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-106-120>

DIAGNOSIS OF PERIPROSTHETIC JOINT INFECTION IN REVISION TOTAL KNEE ARTHROPLASTY: REVIEW

ALEXANDER N. PANTELEEV^{1*}, SVETLANA A. BOZHKOVA¹, PETR M. PREOBRAZHENSKY¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, 195427, Russia

Abstract

The article is devoted to one of the most actual problems of modern orthopedics - the diagnosis of periprosthetic joint infection. The article presents modern views on various diagnostic methods and their combinations in identifying periprosthetic joint infection with an emphasis on a special group of patients who need revision knee arthroplasty due to aseptic loosening or in the presence of a spacer. The purpose of the review is to present the current views on the diagnosis of periprosthetic joint infection in patients requiring revision knee arthroplasty based on the analysis of the literature. Based on the analysis of the literature, it was concluded that the sensitivity and specificity of a number of diagnostic methods significantly decreases when examining patients before revision arthroplasty, which does not allow timely differentiation of aseptic loosening and latent periprosthetic joint infection or to evaluate the effectiveness of the second stage of PJI treatment before revision total knee arthroplasty. Improving diagnostic algorithms for a comprehensive examination of patients requiring revision surgery will likely allow timely detection or exclusion of latent periprosthetic joint infection and, if necessary, adjust the tactics of treating patients with identified infection.

Key words: revision total knee arthroplasty; periprosthetic joint infection; latent PJI; aseptic loosening; spacer.

Funding: the study had no sponsorship

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Pantelev A.N., Bozhkova S.A., Preobrazhensky P.M., Diagnosis of periprosthetic joint infection in revision total knee arthroplasty: review. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №2(48). pp.106-120 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-2-106-120>

Введение

На сегодняшний день нет ни одного диагностического теста, который бы обладал 100% чувствительностью и специфичностью, в связи с чем международными профессиональными сообществами, такими как The American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS), Musculoskeletal Infection Society (MSIS), The World Association against Infection in Orthopedics and Trauma (WAIOT) и The European Bone and Joint Infection Society (EBJIS) разрабатываются и совершенствуются диагностические алгоритмы для выявления пациентов с перипротезной инфекцией (ППИ). Несмотря на высокую чувствительность и специфичность алгоритмов в комплексном выявлении впервые возникшей ППИ [1-4], диагностическая ценность ряда методов скрининга снижается при обследовании пациентов, нуждающихся в ревизионном эндопротезировании (реЭП) [5-12], а единственными признаками «неожиданной» ППИ могут быть результаты микробиологического (МБИ) или гистологического (ГИ) исследований интраоперационного биоматериала.

Возможности выявления ППИ на предоперационном этапе

1. Сывороточные биомаркеры воспаления

Скорость оседания эритроцитов и С-реактивный белок

СОЭ и СРБ остаются наиболее часто используемыми маркерами в диагностике ППИ, так как их определение является малоинвазивной и широкодоступной процедурой, в отличие от синовиальных тестов, особенно при имплантированном спейсере, когда аспират в ряде случаев не может быть получен. Диагностический алгоритм Общества мышечно-скелетной инфекции MSIS 2018 предлагает пороговые значения для СОЭ >30 мм/ч и СРБ >10 мг/мл, при которых можно заподозрить хроническую ППИ [1]. Алгоритм Европейского общества инфекции костей и суставов EBJIS 2021 рекомендует использование только СРБ с тем же пороговым значением [3]. Несмотря на то, что использование СОЭ и СРБ эффективно для выявления впервые возникшей ППИ, ценность этих же маркеров в выявлении реинфекции или рецидива ППИ перед реЭП остается низкой [5-8, 123]. Так, по данным Hoell с соавт. (2016), при обследовании пациентов со спейсерами перед этапом реЭП чувствительность СРБ сыворотки крови составила 42,1%, а специфичность – 84,21% [7]. Кроме того, сывороточные маркеры могут быть повышены при наличии у пациента системных воспалительных заболеваний, до- и/или послеоперационной анемии,

синовита, вызванного частицами полиэтилена, цемента или металла вследствие износа компонентов **эндопротеза**, а также при наличии ишемической болезни сердца, новообразований, ожирении и очагов несанированной инфекции [13-15]. С другой стороны, у ряда пациентов с ППИ сывороточные маркеры могут быть в пределах нормальных значений на фоне предшествующей системной антибактериальной терапии и в случаях, когда инфекция вызвана медленно растущими микроорганизмами, такими как *Cutibacterium acnes* (ранее *Propionibacterium acnes*) и коагулазонегативными стафилококками (КНС) [16-19]. Так, Fink с соавт. (2020) при анализе 180 случаев ППИ выявили, что в 42,8% случаев уровень СРБ был ниже 10 мг/л, а в 28,3% случаев – в пределах нормы (<5 мг/л). При этом, 76,9% подтвержденных случаев low-grade ППИ имели уровень СРБ ниже 10 мг/л, а 61,5% случаев – нормальный уровень СРБ [19].

Интерлейкины

Интерлейкин-6 (ИЛ-6) представляет собой провоспалительный цитокин, продуцируемый стимулированными моноцитами, макрофагами, фибробластами, эндотелиальными клетками и Т2-лимфоцитами, который стимулирует секрецию СРБ, пролиферацию В-клеток и дифференцировку Т-клеток [20, 21]. После первичного эндопротезирования концентрация ИЛ-6 быстро увеличивается, достигая максимума через 3-6 часов, но благодаря короткому периоду полувыведения, составляющему 15 часов, он быстро возвращается к нормальным концентрациям (намного быстрее, чем СРБ) [22]. Мета-анализ Xie с соавт. (2017), включающий в себя 11 исследований, показал, что совокупная чувствительность и специфичность сывороточного ИЛ-6 для диагностики ППИ составила 72% (95%ДИ 63–80) и 89% (95%ДИ 77–95) соответственно [23]. Использование же комбинации сывороточных ИЛ-6 и СРБ в мета-анализе Li с соавт. (2020) улучшили чувствительность до 84% (95%ДИ 80–88) с прежней специфичностью 85% (95%ДИ 82–88) [24]. Тем не менее, Американская ассоциация ортопедических хирургов рекомендует использование ИЛ-6 в качестве скринингового теста на ППИ наряду с СОЭ и СРБ [25]. Интерлейкин-4 (ИЛ-4) также является провоспалительным цитокином и играет важную роль в иммунном ответе, стимулируя пролиферацию и дифференцировку Т- и В-клеток. Было обнаружено, что уровни ИЛ-4 в сыворотке крови значительно выше у пациентов, которым выполнялись ревизии по причине ППИ по сравнению с асептическими ревизиями [26]. Однако стоимость определения интерлейкинов существенно превосходит определение СОЭ и СРБ сыворотки крови, что ограничивает широкое применение данных маркеров в клинической практике.

Фибриноген

Существует закономерная связь между каскадом коагуляции и воспалительным механизмом – фибриноген влияет на процесс воспаления индуцируя синтез провоспалительных цитокинов, таких как ИЛ-6 и фактор некроза опухоли α и является ценным биомаркером в выявлении впервые развившейся ППИ [27, 28]. Так, ряд авторов сообщают, что уровень фибриногена статистически значимо выше у пациентов с ППИ, чем у пациентов с асептической нестабильностью эндопротеза или с имплантированным по причине ППИ спейсером [29-32]. К примеру, Bin с соавт. (2020) установили умеренную чувствительность (79%) и высокую специфичность (95%) фибриногена ($p < 0,05$) [29]. Стоит отметить, что фибриноген не позволяет дифференцировать инфекции, вызванные микроорганизмами с низкой и высокой вирулентностью. Так, по данным Sigmund с соавт. (2020), в группе пациентов с low-grade ППИ средний уровень фибриногена составлял 499 мг/дл, а в группе пациентов с ППИ, вызванной высоковирулентными возбудителями - 567 мг/дл ($p = 0,111$) [33]. Несмотря на то, что ряд авторов сообщают о статистически значимо более высоких уровнях фибриногена у пациентов с персистирующей ППИ после имплантации спейсера [27, 30], Bielefeld с соавт. (2021) не наблюдали различий в уровнях фибриногена через 1 год после реЭП у пациентов с рецидивом ППИ и без инфекции [34].

D-димер

D-димер традиционно используется для скрининга при тромбозе глубоких вен, однако активация фибринолиза при системных и инфекционных заболеваниях может способствовать повышению уровня этого маркера [35-39]. В исследовании Shahi с соавт. (2017) выявили более высокие уровни D-димера у пациентов с ППИ (1100 нг/мл, $n = 57$), чем у пациентов с асептической нестабильностью эндопротеза (299 нг/мл, $n = 86$) ($p < 0,0001$), а также высокую чувствительность (89,5%) и специфичность (92,8%) этого маркера при пороге 850 нг/мл [40], который в последствии был рекомендован MSIS 2018 [1]. В проспективном исследовании Xiong с соавт. (2019) перед реЭП уровень D-димера в сыворотке крови был также значительно выше у пациентов с ППИ – средний уровень составил 1953,35 нг/мл ($n = 26$), по сравнению с 336,50 нг/мл ($n = 54$) в группе пациентов без ППИ ($p < 0,001$), однако авторы пришли к выводу, что D-димер сопоставим с СРБ и СОЭ в диагностике ППИ при реЭП, но не превосходит эти маркеры [41]. Последние исследования демонстрируют еще более низкую диагностическую ценность этого маркера – чувствительность 91-98%, специфичность – 32-58% [30, 42-43].

Прокальцитонин

Прокальцитонин (ПКТ) является прогормоном кальцитонина, который выделяется С-клетками щитовидной же-

лезы и нейроэндокринными клетками кишечника и легких на фоне бактериемии [44], однако в диагностике ППИ ПКТ показал низкую диагностическую ценность. Так, несмотря на то, что специфичность ПКТ достигает 100%, чувствительность остается низкой – 12,9% [45]. Кроме того, авторы показали, что концентрация ПКТ была повышена только у пациентов с явными признаками синдрома системного воспалительного ответа или сепсиса. Современные диагностические алгоритмы не рекомендуют использовать ПКТ с целью выявления впервые развившейся ППИ или рецидива инфекции.

Таким образом, из-за отсутствия должной специфичности сыровоточные тесты рекомендовано дополнять более специфическими тестами, такими как цитологическое исследование (ЦИ) и микробиологическое исследование (МБИ) аспирата [1, 3, 25]. Сочетанное использование различных серологических тестов может улучшить диагностическую точность, однако, до сих пор остается неясным, сочетание каких тестов и пороговых значений анализируемых параметров больше подходит для выявления ППИ перед реЭП. В зависимости от порогового значения, выбранного для каждого теста, возбудителя ППИ, типа инфекции и наличия сопутствующих заболеваний чувствительность и специфичность этих тестов варьируются [46]. Дальнейшие исследования, по-видимому, должны быть направлены на выявление полезных комбинаций серологических маркеров и их пороговых значений, а также на разработку новых маркеров ППИ как потенциальных индикаторов персистирующей инфекции для её выявления перед реЭП КС.

2. Микробиологическое исследование предоперационного аспирата

МБИ аспирата является еще одним рутинно используемыми предоперационными методом для дифференциальной диагностики между ППИ и асептической нестабильностью эндопротеза, выполнение которого рекомендовано современными диагностическими алгоритмами [1-3, 25].

По мнению большинства авторов МБИ аспирата является высокоспецифичным (96-100%) методом диагностики ППИ, однако его чувствительность остается низкой (28-100%) [47-50, 124-125]. Так, мета-анализ 34 исследований, проведенный Qu с соавт. (2013) показал совокупную чувствительность на уровне 72% [48]. По данным Koh с соавт. (2015) частота выявления возбудителя из предоперационного аспирата при ППИ составляет всего 52% [9]. Схожие результаты получили Schulz с соавт. (2020) – возбудитель выявлен в 66% случаев, а при полимикробной инфекции и низковирулентных возбудителях доля случаев получения положительной культуры снижалась соответственно до 59% и 40% [51].

Выше уже было сказано о низкой диагностической ценности сыровоточных маркеров воспаления для выявления рецидива между этапами хирургического лечения ППИ, в связи с этим ряд авторов предлагают повторить МБИ аспира-

рата перед этапом реимплантации с обязательной отменой антибактериальных препаратов не менее, чем за 2 недели до исследования для оценки эффективности этапа санации и определения дальнейшей тактики лечения [52-55]. Однако в других исследованиях установлено, что в этих случаях высока доля ложноотрицательных результатов, что значительно снижает чувствительность [9]. Причинами этого авторы считают возможный неконтролируемый прием антибактериальных препаратов, некорректно выполненную диагностическую пункцию сустава или существование бактерий в составе биопленок, что особенно характерно для хронической ППИ. Кроме того, причиной ложноотрицательных результатов МБИ может быть короткий срок культивирования (менее 10-14 суток) [2], а также применение локальных анестетиков и контрастных веществ перед выполнением аспирационной пункции из-за бактерицидного эффекта этих препаратов [56]. Так, в исследовании Preininger с соавт. (2017) выявили, что чувствительность МБИ аспирата у пациентов со спейсером составляет лишь 21% [10], а Hoell с соавт. (2016) и Boelch с соавт. (2018) сообщают о еще более низкой чувствительности (5% и 4,6% соответственно), но высокой специфичности (99% и 94,3% соответственно) данного метода [7, 57]. Из-за низкой чувствительности МБИ дооперационного аспирата, частых ложноположительных и ложноотрицательных результатов исследования, особенно при хронической ППИ, данный метод не рекомендуется в качестве основного скринингового теста для исключения обсуждаемого диагноза, при этом рост возбудителей из предоперационного аспирата должен вызывать настороженность в плане возможного наличия впервые возникшей ППИ или её рецидива [3, 58].

3. Цитологическое исследование предоперационного аспирата

Цитологическое исследование (ЦИ) предоперационного аспирата является диагностически ценным методом для диагностики ППИ [7, 59-61] и рекомендовано всеми современными диагностическими алгоритмами [1-3]. Мета-анализ десяти исследований, в который включено 1155 случаев эндопротезирования ТБС (из них 276 ППИ) и 1235 – КС (из них 401 ППИ) показал, что повышение количества лейкоцитов в синовиальной жидкости (СЖ) имеет чувствительность 90% (95%ДИ 87,2–92,2%) и специфичность 89,8% (95%ДИ 81,4–94,7%) [62]. Несмотря на доказанную высокую специфичность и чувствительность этого исследования, каждый четвертый хирург игнорирует возможность использования данной методики [63]. Этот факт также подтверждает исследование, проведенное Koh с соавт. (2015): ЦИ предоперационного аспирата не выполняли у 89,3% пациентов, прошедших двухэтапное лечение вероятной ППИ (<4 малых критериев MSIS 2018) [9]. К причинам, ограничивающим применение данного диагностического теста, относят [64]: использование местных анестетиков перед аспирацией, недостаточный для

исследования объем аспирата (предпочтительно ≥ 1 мл), наличие примеси крови или гноя, избыточную вязкость СЖ (например, после курса терапии гиалуронатами). Однако свертывание аспирата можно предупредить путем использования пробирки с КЗ-ЭДТА.

К одному из преимуществ ЦИ аспирата относится отсутствие влияния предшествующей антибактериальной терапии на результат исследования [65], однако, системные заболевания (например, ревматоидный артрит, псориатический артрит и другие кристаллические артропатии), а также перипротезные переломы и выполнение исследования в раннем послеоперационном периоде могут приводить к ложноположительным результатам [66]. Так, Christensen с соавт. (2013) выявили, что количество лейкоцитов и доли ПЯН в СЖ нормализуются в период от трех месяцев до одного года после операции. По их данным, цитоз уменьшался с 2533 кл/мл в течение первых 45 суток после операции до 649 кл/мл на сроке 45-90 дней послеоперационного периода [66]. Следовательно, использование стандартных пороговых значений для диагностики ППИ в раннем послеоперационном периоде может привести к ложноположительным результатам. Согласно современным рекомендациям EBJIS 2021 порог количества лейкоцитов >1500 клеток/мкл и доли ПЯН $>65\%$ характерно для вероятной инфекции, а число лейкоцитов >3000 клеток/мкл и доли ПЯН $>80\%$ используется как подтверждающий ППИ критерий [3].

Несмотря на то, что ЦИ аспирата является надежным методом выявления впервые возникшей ППИ [65], ряд исследований демонстрируют низкую чувствительность данной методики в оценке эффективности санации перед реЭП. Так, Mühlhofer с соавт. (2017) выявили, что ЦИ аспирата сустава со спейсером имеет чувствительность 10% и специфичность 79% [6], а Hoell с соавт. (2016) ранее сообщали о чувствительности 31,3%, а специфичности 39,1% [9]. При этом, Dwyer с соавт. (2018) показали, что двухэтапное лечение ППИ неэффективно в 2,5 раза чаще у пациентов с повышенным количеством лейкоцитов и в 2 раза чаще для пациентов с увеличением доли ПЯН в предоперационном аспирате [67]. В проведенном нами ранее ретроспективном исследовании было выявлено, что ЦИ аспирата у пациентов с имплантированным спейсером оказалось абсолютно нечувствительным, но высокоспецифичным методом выявления рецидива ППИ [5].

Таким образом, использование на предоперационном этапе ЦИ аспирата увеличивает шанс своевременного первичного выявления латентной ППИ у пациентов, поступивших для реЭП, что может привести к выбору наиболее рациональной лечебной тактики и, как следствие, повышению эффективности лечения. Однако у пациентов с имплантированным спейсером этот метод диагностики, по-видимому, имеет низкую диагностическую ценность в отношении оценки эффективности проведенного этапа лечения [6, 9].

4. Синовиальные биомаркеры

В последние два десятилетия многочисленные исследования были посвящены оценке синовиальных биомаркеров, таких как альфа-дефензин, лейкоцитарная эстераза, и синовиальный СРБ.

Альфа-дефензин — это антимикробный пептид, выделяемый активированными нейтрофилами в ответ на бактериальную инфекцию, а так же при повреждении тканей, способствуя миграции клеток и регенерации тканей [68]. На сегодняшний день он является одним из наиболее чувствительных и специфичных тестов для выявления ППИ после первичного эндопротезирования и единственным синовиальным маркером, валидированным для диагностики данного осложнения [69-74] и рекомендован современными диагностическими алгоритмами [1, 3, 25]. В систематическом обзоре трех исследований с уровнями доказательности 2 и в двух – с уровнями доказательности 3 альфа-дефензин показал очень высокую чувствительность и специфичность соответственно 95,5–100% и 95–100% [75]. В случаях развития ППИ альфа-дефензин вырабатывается локально в суставе и на его уровень не влияет антибактериальная терапия [76], системные воспалительные заболевания [77], вид и вирулентность микроорганизма, а также его окраска по Граму [78]. Однако, Singh с соавт. (2016) установили, что цементный дебрис, образующийся в результате истирания спейсера вызывает местный иммуномодулирующий эффект в перипротезных тканях, что может снизить диагностическую точность этого метода [79].

Однако клиническое применение альфа-дефензина в диагностике персистирующей инфекции после имплантации спейсера изучено недостаточно. По данным Samuel с соавт. (2016) чувствительность и специфичность альфа-дефензина при оценке эффективности санации через 1 год после имплантации спейсера составили соответственно 7 и 89% [80], а по данным Carender с соавт. (2021) – 0 и 96% соответственно [81]. Кроме того, Amanatullah с соавт. (2020) показали, что тест на альфа-дефензин никак не влиял на заключительный диагноз, если ППИ подтверждалась или исключалась при помощи рутинного обследования пациента до операции (клиническое обследование, МБИ и ЦИ аспирата) или после получения результатов МБИ и ГИ интраоперационного биоматериала [82]. Таким образом, авторы указанных исследований не рекомендуют использование альфа-дефензина у пациентов с имплантированным спейсером для оценки эффективности этапа санации.

Лейкоцитарная эстераза (ЛЭ) – это фермент, также продуцируемый ПЯН в ответ на инфекционное воспаление. Данный метод диагностики ППИ включен диагностический алгоритм MSIS 2018 [1]. По данным Signore с соавт. (2019) этот маркер продемонстрировал диагностическую ценность с чувствительностью 66–100% и специфичностью 77–100% в пяти исследованиях уровня 2 [75]. Кроме того, в отличие от альфа-дефензина, содержание которого обычно определяется в условиях лаборатории с помощью теста бокового потока

(lateral flow) или иммуноферментного анализа (ИФА), оценку ЛЭ можно выполнить в течение 1-2 минут с помощью колориметрической полоски [78], хотя это значительно уступает по диагностической точности лабораторным способам определения ЛЭ [72]. Недостатком данного способа является вариабельность интерпретации вследствие субъективной оценки результата при использовании тест-полосок, а так же влияние примеси крови на результаты теста [83-85]. Необходимо отметить, что стоимость тест-системы для определения альфа-дефензина методом иммуно-химического анализа (ИХА) намного превышает стоимость тест-полоски для определения ЛЭ [86]. При этом, как уже сказано выше, именно тест для определения альфа-дефензина методом ИХА остается единственной диагностической системой, зарегистрированной для определения инфекции в синовиальной жидкости. При этом в инструкции по использованию отмечено, что большая примесь крови и наличие металлоза могут привести к ложноположительным результатам, что необходимо учитывать при использовании данного теста. В связи с вышеперечисленными недостатками применение данной методики для выявления ППИ не рекомендована AAOS [25] и EBJIS [3], а возможность его применения при реЭП не изучена.

СРБ синовиальной жидкости по данным восьми исследований с уровнями доказательности 2 обладает чувствительностью 70–97,3% и специфичностью 78,6–100%, [75], несмотря на это, диагностическая ценность этого маркера в диагностике ППИ не подтвердилась [87-90] и по данным одного из последних проспективных исследований СРБ синовиальной жидкости не превосходил по диагностической ценности СРБ сыворотки крови [91].

В научной литературе есть отдельные сообщения о выявлении ППИ путем определения других маркеров воспаления в синовиальной жидкости, таких как кальпротектин [92], D-лактат [93, 126-128], аденозиндезаминаза [94] и ИЛ-6 [95-96]. Однако данные показатели изучены недостаточно, а тест-системы для их определения не являются легкодоступными чтобы рекомендовать их применение в диагностических алгоритмах для широкого клинического применения.

Возможности выявления ППИ на интра- и послеоперационном этапах

1. Микробиологическое исследование операционного биоматериала

МБИ интраоперационного аспирата остается «золотым стандартом» диагностики ППИ — выявление штаммов микроорганизмов одного фенотипа (с идентичным профилем чувствительности к антибиотикам) из двух и более образцов интраоперационного биоматериала является достоверным критерием ППИ [1-3]. При этом надо отметить отсутствие влияния периоперационного введения профилактических доз

антибиотиков на результаты МБИ забранного интраоперационно биоматериала [97-102]. В сомнительных случаях МБИ тканевых биоптатов и/или удаленных конструкций позволяет увеличить долю впервые выявленных случаев инфекции с 82%, выявленных по результатам предоперационного обследования, до 98% [51]. Другие авторы также отмечают, что аспираты, полученные во время операции, превосходят дооперационные по частоте выделенных возбудителей, которая составляет соответственно 52-66%, и 92% ($p < 0,001$) [9, 51].

Согласно современным алгоритмам, выделение условно-патогенных возбудителей из одного образца биоматериала не подтверждает ППИ при отсутствии других признаков инфекции, однако выделение высоковирулентных микроорганизмов, таких как *Staphylococcus aureus*, грамотрицательные (Гр(-)) бактерии и грибы рода *Candida* даже из одного образца является диагностически значимым [51, 54, 59]. Однако выделение условно-патогенных бактерий только из одного образца или даже отсутствие роста возбудителя из интраоперационного биоматериала не исключает диагноза ППИ [9, 11, 103]. Так, в исследовании Inagaki с соавт. (2019) в 80% случаев подтвержденной ППИ возбудитель был выделен из 2 и более образцов интраоперационного биоматериала, в 8,3% случаев ППИ рост микроорганизмов был получен только из одного образца, а в 11,7% случаев возбудитель не был выявлен [11]. Гистологическое исследование материала от пациентов этой группы оказалось положительным в 96,7% в этой группе пациентов. Кроме того, в 23,1% случаях, когда реЭП КС выполняли по причине асептической нестабильности компонентов, был выделен микроорганизм из одного образца интраоперационного биоматериала, однако по результатам ГИ критериальных данных за возможный инфекционный процесс не выявлено. Таким образом, авторы пришли к выводу, что ППИ КС чаще подтверждается или исключается с помощью ГИ, чем МБИ.

До настоящего времени не решен вопрос влияет ли выделение возбудителя лишь из одного образца интраоперационного биоматериала на конечные результаты реЭП. Так, Cordero-Ampuero с соавт. (2019) выявили, что у половины пациентов на втором этапе лечения ППИ выявляется возбудитель: в 25% случаев возбудитель выделяется из 2-х и более образцов интраоперационного биоматериала и в такой же доле случаев — из одного образца [12]. При этом, рецидивы ППИ в последующем были диагностированы в 21% случаев и только при выделении возбудителя из 2-х и более образцов интраоперационного биоматериала. В исследовании Barrack с соавт. (2007) при анализе 692 случаев асептического реЭП КС, выполненных в трёх медицинских центрах, рост из интраоперационного биоматериала был получен в 41 случае (5,9%) в большинстве из которых (71%) — только из одного образца [103]. Несмотря на то, что большинство из этих пациентов (83%) получали лишь курс АБП, ни у одного пациента не было признаков инфекции и повторных хирургических вмешательств при среднем сроке наблюдения 45 месяцев.

Для повышения диагностической значимости МБИ рекомендуется ультразвуковая обработка удаленной конструкции (компонентов эндопротеза или спейсера), особенно при хронической ППИ в условиях сформировавшихся биопленок и предшествующей АБТ. Данная методика была популяризирована как диагностический инструмент Trampuz с соавт. (2007) [52]. Под воздействием низкочастотного ультразвука сформированные биопленки разрушаются, удаляются с поверхности имплантата, при этом патогены переходят в планктонную форму, сохраняя свою жизнеспособность [104]. В исследовании Abou El-Khier с соавт. (2019), в 40 случаях не было получено роста бактерий из тканевых биоптатов, однако, выделены возбудители с удаленных конструкций (97,5% — *S. epidermidis*, и в одном образце — *C. Acnes*) [105]. Чувствительность МБИ составила 70% (95%ДИ 63-77) для соникационной жидкости и — 47% (95%ДИ 39%-54%) для тканевых биоптатов, специфичность обоих методов исследования авторы оценили в 100% ($p < 0,001$). По результатам мета-анализов с общим числом в двадцать восемь МБИ удаленных конструкций показало чувствительность и специфичность соответственно 79-80% и 95% [106-107]. Интересно, что полное совпадение результатов МБИ до- и интраоперационного биоматериала имеет место быть лишь в 52-63% случаев впервые выявленной ППИ и характерно больше для высоковирулентных возбудителей, чем для низковирулентных (74% против 34%, $p < 0,001$) [51, 108]. Кроме того, доля совпадения выделенных из до- и интраоперационных материалов возбудителей с идентичным профилем чувствительности еще меньше — 49% [109].

2. Гистологическое исследование перипротезных тканей

Гистологическое исследование (ГИ) перипротезных тканей рекомендовано для подтверждения или исключения диагноза ППИ, особенно в сомнительных случаях [1-3, 25, 110-112]. Однако ГИ фиксированных срезов даже не требующего декальцинации и/или дополнительной окраски интраоперационного биоматериала выполняется до 4-х рабочих дней [113] и, следовательно, не может использоваться для экстренной диагностики ППИ. Проведение ГИ свежемороженых срезов интраоперационного биоматериала позволяет в течение 20 минут получить результат [113] и, оценив его в сочетании с результатами других исследований, при необходимости изменить хирургическую тактику и/или послеоперационное ведение пациента.

К сожалению, на сегодняшний день экстренное ГИ не используется в рутинной клинической практике, несмотря на высокую чувствительность (73,7-96,7) и специфичность (84-100%) этого метода [11, 112, 114-115]. Возможно, это связано с тем, что организация рутинной практики интраоперационного экстренного ГИ требует специального оборудования, обученного персонала, увеличения длительности операции за счет времени, затрачиваемого на взятие биоматериала, его

транспортировку и ожидания результата исследования для принятия окончательного решения. Трудности в организации экстренного ГИ приводят к использованию данной методики менее, чем в 25% случаев вероятной ППИ (<4 малых критериев MSIS 2018) при двухэтапном лечении пациентов [9]. Тем не менее, профессиональные медицинские сообщества рекомендуют порог пять и более ПЯН в пяти и более полях зрения с увеличением $\times 400$ [1-3, 25]. Кроме того, заподозрить инфекцию можно уже в случаях, если хотя бы одно из полей зрения содержит не менее 5 ПЯН [3]. Однако используя ГИ необходимо учитывать, что частицы износа эндопротеза или фрагменты кости, которые часто встречаются в перипротезных мембранах, затрудняют точную идентификацию ПЯН, поэтому ряд авторов предлагают идентифицировать CD15 с помощью иммуногистохимии или использовать специальные окраски, например, хлорацетатэстеразой, что увеличивает репрезентативность результатов [116-118].

Сопоставимость результатов ГИ свежезамороженных и фиксированных срезов в 97,6-100% случаев позволяет использовать экстренное ГИ без потери диагностической ценности исследования [11, 114, 116]. Экстренное ГИ оказалось полезным как для подтверждения асептических причин ревизии, особенно в тех случаях, когда возбудителя выделяли только из одного образца биоматериала: в большинстве таких случаев ПЯН отсутствовали (84,6% случаев) или присутствовали в небольшом количестве (<1 ПЯН в поле зрения) (12,8% случаев) [11], так и для подтверждения ППИ. Например, в исследовании Kelly с соавт. (2021) ГИ во время реЭП (после одноэтапного лечения ППИ или первого этапа двухэтапного протокола) позволило подтвердить ППИ у 20% пациентов с «вероятной» инфекцией и в 4,7% случаев отнести пациентов без инфекции к пациентам с «вероятной» ППИ [119]. Интересно, что «положительный» результат экстренного ГИ в 4 раза увеличивает риск последующего рецидива несмотря на отсутствие у пациентов со спейсером каких-либо критериев ППИ на момент реЭП (OR 4,2; 95%ДИ 1,5-11,6) [120]. Кроме того, средний срок до манифестации рецидива меньше в группе пациентов с «положительным» результатом ГИ, чем в группе с «отрицательным» - 8,5 (0,4-16,7) и 16 месяцев (0,1-37,1) соответственно ($p=0,042$). В исследовании Ермакова А.М. с соавт. (2021) комплексное обследование пациентов перед повторным реЭП, которые уже подвергались двухэтапному лечению ППИ, применение ГИ позволило увеличить долю выявленных случаев реинфекции с 79% до 92% [121].

Диагностический алгоритм MSIS 2018

В соответствии с алгоритмом MSIS 2018 наличие ППИ является очевидным при наличии одного из больших критериев (выделение одинаковых штаммов возбудителя из двух и более биоматериалов пациента; свищевой ход, сообщающийся

с эндопротезом), либо при сумме баллов ≥ 6 в соответствии с малыми критериями (Таблица 1.).

Диагностический алгоритм WAIOT 2019

В 2019 г. Всемирная ассоциация по борьбе с инфекциями в ортопедии и травматологии (WAIOT) предложили новый алгоритм диагностики ППИ (Romanò C. с соавт., 2019). Согласно алгоритму, ППИ подтверждается или исключается при суммировании подтверждающих и исключающих инфекцию баллов (таблица 2.).

Казанцевым Д.И. с соавт. (2020) был проведен сравнительный анализ диагностической ценности диагностических алгоритмов MSIS 2018, WAIOT 2019 и EBJIS 2018 [4]. Кроме того, анализ алгоритма MSIS авторы провели в двух вариантах: приняв «неубедительно» как случай ППИ или, наоборот, «неубедительно» как отсутствие инфекционного процесса. В результате авторы сообщают о чувствительности и специфичности критериев MSIS 2018 (неубедительно=ППИ) 89,3% и 93% соответственно. Лучшую специфичность показали алгоритмы WAIOT 2019 и MSIS 2018 (неубедительно=нет ППИ) — 95,8%, но с меньшей чувствительностью (80,4%). Алгоритм EBJIS 2018 имел чувствительность 87,5% и специфичность 84,5%. Наибольшее число ложноположительных результатов при использовании этого алгоритма, вероятно, обусловлено более низкими пороговыми значениями выполняемых тестов для подтверждения ППИ, однако в 2021 году этот алгоритм был пересмотрен и усовершенствован.

Диагностический алгоритм EBJIS 2021

Самым современным из существующих в настоящий момент является алгоритм, предложенный в 2021 году Европейским обществом инфекции костей и суставов (EBJIS) при поддержке Общества скелетно-мышечной инфекции (MSIS) и Европейского общества клинической микробиологии и инфекционных заболеваний (ESCMID) [3]. Данный алгоритм отличается трехуровневой концепцией выявления ППИ (табл. 3), которая, по мнению авторов, должна позволить эффективнее выявлять случаи ППИ, которые традиционно не классифицировались бы как инфекционные при использовании ранее предложенных критериев. Кроме того, алгоритм EBJIS 2021 предлагает использование сцинтиграфии с целью повышения диагностической значимости алгоритма в выявлении ППИ. Ввиду того, что в первые пять лет после эндопротезирования коленного сустава сцинтиграфия имеет высокую долю ложноположительных результатов, этот метод исследования совершенствуется - сцинтиграфия лейкоцитов и моноклональных антител к гранулоцитам позволяет использовать этот метод диагностики в раннем послеоперационном периоде [3]. Однако в настоящее время не существует консенсуса в отношении применения этого диагностического инструмента в выявлении впервые возникшей ППИ, а так же для развития рецидива или реинфекции.

Таблица 1

Диагностические критерии ППИ ICM/MSIS 2018 [1], русскоязычная адаптация [122]

Большие критерии (один из предложенных)		Решение		
Выделение одинаковых штаммов возбудителя из двух и более биоматериалов пациента		Инфицирован		
свищевой ход, сообщающийся с эндопротезом				
Малые критерии	Тип инфекции: острая	Тип инфекции: хроническая	Сумма баллов	Решение
СРБ в сыворотке крови (мг/л) или Д-Димер (мкг/л)	100 Неизвестно	10 860	2	Дооперационная и послеоперационная сумма баллов: ≥6 – инфицирован 3–5 – неубедительно <3 – не инфицирован
Повышение СОЭ (мм/ч)	Не имеет значения	30	1	
Повышение в СЖ лейкоцитов (клеток/мкл) или лейкоцитарной эстеразы или положительный альфа-Дефензин	10 000 ++ 1,0	3 000 ++ 1,0	3	
Повышение в СЖ ПМН (%)	90	70	2	
Один положительный посев			2	
Положительная гистология			3	
Выделение возбудителя из интраоперационного биоматериала			3	

Таблица 2

Диагностические критерии ППИ WAIOT 2019 [2]

Подтверждающие ППИ критерии (специфичность >90%): Каждый положительный тест «+» 1 балл Каждый отрицательный тест 0 баллов	Исключающие ППИ критерии (чувствительность >90%): Каждый отрицательный тест «-» 1 балл Каждый положительный тест 0 баллов
Нагноение или функционирующий свищ, или видимый эндопротез в ране Количество лейкоцитов в СЖ >3000 кл/мкл Рост микроорганизма из СЖ Лейкоцитарная эстераза «+++»	СОЭ >30 мм/час СРБ >10 мг/л Количество лейкоцитов в СЖ <1500 кл/мкл
Сумма баллов критериев: <0 – нет инфекции/контаминация/инфекция связана с биопленкой 0 – слабовыраженная инфекция ≥1 – ярковыраженная инфекция	

Таблица 3

Диагностические критерии ППИ EBJIS 2021 [3], русскоязычная адаптация [5]

ППИ – перипротезная инфекция, Rg-признаки – рентгенографические признаки, ЭП – эндопротезирование, СРБ – С-реактивный белок, ПЯН – полиморфноядерные нейтрофилы, МО – микроорганизмы, п/з – поле зрения

Критерии	ППИ маловероятна	ППИ вероятна (2 и более «+» критерия, один из которых - основной)	ППИ подтверждена (один «+» критерий)
Основные критерии			
Клинические проявления подтверждена другая причина дисфункции сустава		1) Rg-признаки нестабильности до 5 лет после ЭП 2) проблемы с заживлением послеоперационной раны 3) недавняя лихорадка или бактериемия 4) наличие «гноя» вокруг эндопротеза	свищевой ход, сообщающийся с эндопротезом
СРБ		> 10 мг/л	
Цитологическое исследование синовиальной жидкости			
Число лейкоцитов (кл/мл)	≤ 1,500	> 1,500	> 3,000
Доля ПЯН (%)	≤ 65%	> 65%	> 80%
Биомаркеры синовиальной жидкости			
Альфа-дефенсин			«+»
Микробиологическое исследование			
Предоперационный аспират		положительная культура	
Интраоперационный аспират и перипротезные ткани	роста нет	выделение возбудителя из 1 биоматериала	одинаковые возбудители из ≥2 биоматериалов
Соникационная жидкость	роста нет	количество МО > 1 КОЕ/мл	количество МО > 50 КОЕ/мл
Гистологическое исследование			
Поля зрения x400	«-»	≥ 5 ПЯН в 1 п/з	≥ 5 ПЯН в ≥ 5 п/з
			визуализация МО
Другое			
Ядерная визуализация	«-» скintiграфия	«+» скintiграфия	

Диагностическая ценность алгоритмов в выявлении ППИ при реЭП изучена недостаточно. Ранее нами была проведена оценка диагностической значимости алгоритма EBJIS 2021 в выявлении ППИ у пациентов, нуждающихся в реЭП КС. Критерии EBJIS оказались высокочувствительным и высокоспецифичным методом диагностики [5], что позволяет выявить ППИ на момент реЭП КС даже при ее латентном течении и скорректировать тактику лечения пациента без инфекции в анамнезе.

Заключение

ППИ является наиболее частым осложнением артропластики КС. Все современные диагностические алгоритмы обладают

хорошей диагностической ценностью в выявлении ППИ после первичного эндопротезирования, однако чувствительность и специфичность ряда методов диагностики значимо снижается при наличии низковирулентных возбудителей, что не позволяет своевременно дифференцировать асептическую нестабильность компонентов эндопротеза и латентную ППИ или оценить эффективность этапа санации перед реЭП КС. Стратегия дальнейшего улучшения результатов реЭП, по всей видимости, должна базироваться на совершенствовании диагностических алгоритмов комплексного обследования пациентов, нуждающихся в ревизионной операции, что позволит своевременно выявить или исключить латентную ППИ и скорректировать при необходимости тактику лечения.

Список литературы / References:

1. Parvizi P, Gehrke T. Proceedings of the Second International Consensus Meeting on Musculoskeletal Infection. Philadelphia: International Consensus Group LLC; 2018
2. Romanò CL, Khawashki HA, Benzakour T, et al. The W.A.I.O.T. Definition of High-Grade and Low-Grade Peri-Prosthetic Joint Infection. *J Clin Med*. 2019;8(5):650. Published 2019 May 10. doi:10.3390/jcm8050650
3. McNally M, Sousa R, Wouthuyzen-Bakker M, Chen AF, Soriano A, Vogely HC, Clauss M, Higuera CA, Trebše R. The EBJIS definition of periprosthetic joint infection. *Bone Joint J*. 2021 Jan;103-B(1):18-25. doi: 10.1302/0301-620X.103B1.BJJ-2020-1381.R1. PMID: 33380199.
4. Казанцев Д.И., Божкова С.А., Золовкина А.Г., Пелеганчук В.А., Баграк Ю.М. Диагностика поздней перипротезной инфекции крупных суставов. Какой диагностический алгоритм выбрать? *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(4):9-20. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2020-26-4-9-20>. [Kazantsev D.I., Bozhkova S.A., Zolovkina A.G., et al. Diagnosis of Late Periprosthetic Joint Infection. Which Diagnostic Algorithm to Choose? // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. - 2020. - Vol. 26. - N. 4. - P. 9-20. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-9-20 [In Russ.]]
5. Пантелеев А.Н., Божкова С.А., Преображенский П.М., Каземирский А.В. Возможности выявления латентной ППИ при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2021;27(5):562-569. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-5-562-569. [Panteleev A.N., Bozhkova S.A., Preobrazhensky P.M., Kazemirsky A.V. Possibilities of latent PJI detection in revision knee arthroplasty. *Genij Ortopedii*, 2021, vol. 27, no 5, pp. 562-569. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-5-562-569> [In Russ.]]
6. Mühlhofer HML, Knebel C, Pohlig F, Feihl S, Harrasser N, Schauwecker J, von Eisenhart-Rothe R. Synovial aspiration and serological testing in two-stage revision arthroplasty for prosthetic joint infection: evaluation before reconstruction with a mean follow-up of twenty seven months. *Int Orthop*. 2018 Feb;42(2):265-271. doi: 10.1007/s00264-017-3700-2. Epub 2017 Dec 14. PMID: 29243060.
7. Hoell S, Moeller A, Gosheger G et al (2016) Two-stage revision arthroplasty for periprosthetic joint infections: what is the value of cultures and white cell count in synovial fluid and CRP in serum before second stage reimplantation? *Arch Orthop Trauma Surg* 136: 447–452. <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2404-6>
8. Kusuma SK, Ward J, Jacofsky M, Sporer SM, Della Valle CJ. What is the role of serological testing between stages of two-stage reconstruction of the infected prosthetic knee? *Clin Orthop Relat Res*. 2011 Apr;469(4):1002-8. doi: 10.1007/s11999-010-1619-7. PMID: 20941647; PMCID: PMC3048278.
9. Koh JJ, Cho WS, Choi NY, Parvizi J, Kim TK; Korea Knee Research Group. How accurate are orthopedic surgeons in diagnosing periprosthetic joint infection after total knee arthroplasty?: A multicenter study. *Knee*. 2015 Jun;22(3):180-5. doi: 10.1016/j.knee.2015.02.004. Epub 2015 Feb 24. PMID: 25728568.
10. Preininger B, Janz V, von Roth P, Trampuz A, Perka CF, Pfitzner T. Inadequacy of Joint Aspiration for Detection of Persistent Periprosthetic Infection During Two-Stage Septic Revision Knee Surgery. *Orthopedics*. 2017 Jul 1;40(4):231-234. doi: 10.3928/01477447-20170411-04. Epub 2017 Apr 18. PMID: 28418574
11. Inagaki Y, Uchiyama Y, Munemoto M, Scarborough M, Dodd CAF, Gibbons CLMH, Tanaka Y, Athanasou NA. Correlation of histological and microbiological findings in septic and aseptic knee implant failure. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019 May;139(5):717-722. doi: 10.1007/s00402-019-03159-x. Epub 2019 Mar 11. PMID: 30859303; PMCID: PMC6469672.
12. Cordero-Ampuero, José & Ortega-Columbrans, Ana & Garcia-Rey, Eduardo & Garcia-Cimbrelo, Eduardo. (2019). Intraoperative Cultures in Reimplantation of a Two-Stage Protocol: Only 1 vs. At Least 2 Positive Microbiological Results. *The Open Orthopaedics Journal*. 13. 159-165. doi:10.2174/1874325001913010159
13. Cipriano CA, Brown NM, Michael AM, Moric M, Sporer SM, Della Valle CJ. Serum and synovial fluid analysis for diagnosing chronic periprosthetic infection in patients with inflammatory arthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94:594–600. doi:10.2106/JBJS.J.01318.
14. Kim SG, Kim JG, Jang KM, Han SB, Lim HC, Bae JH. Diagnostic value of synovial white blood cell count and serum c-reactive protein for acute periprosthetic joint infection after knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2017;32:3724–3728. doi:10.1016/j.arth.2017.07.013.
15. George J, Jawad M, Curtis GL, Samuel LT, Klika AK, Barsoum WK, et al. Utility of serological markers for detecting persistent infection in two-stage revision arthroplasty in patients with inflammatory arthritis. *J Arthroplasty*. 2018;33:S205–S208. doi:10.1016/j.arth.2017.12.018.
16. Shahi A, Deirmengian C, Higuera C, Chen A, Restrepo C, Zmistowski B, et al. Premature therapeutic antimicrobial treatments can compromise the diagnosis of late periprosthetic joint infection. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473:2244–2249. doi:10.1007/s11999-015-4142-z
17. Chen A, Fei J, Deirmengian C. Diagnosis of periprosthetic infection: novel developments. *J Knee Surg*. 2014;27:259–265. doi:10.1055/s-0034-1371768
18. McArthur B. A., Abdel M. P., Taunton M. J., Osmon D. R., and Hanssen A. D. Seronegative infections in hip and knee arthroplasty. *The Bone & Joint Journal* 2015 97-B:7, 939-944
19. Fink B, Schlumberger M, Beyersdorff J, Schuster P. C-reactive protein is not a screening tool for late periprosthetic joint infection. *J Orthop Traumatol*. 2020 Feb 24;21(1):2. doi: 10.1186/s10195-020-0542-2. PMID: 32095896; PMCID: PMC7040136.
20. Tanaka T., Narazaki M., Kishimoto T. IL-6 in inflammation, immunity, and disease. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol*. 2014;6:a016295. doi: 10.1101/cshperspect.a016295.
21. Elgeidi A., Elganainy A.E., Abou Elkhier N., Rakha S. Interleukin-6 and other inflammatory markers in diagnosis of periprosthetic joint infection. *Int. Orthop*. 2014;38:2591–2595. doi: 10.1007/s00264-014-2475-y.
22. Wirtz D.C., Heller K.D., Miltner O., Zilkens K.W., Wolff J.M. Interleukin-6: A potential inflammatory marker after total joint replacement. *Int. Orthop*. 2000;24:194–196. doi: 10.1007/s002640000136.
23. Xie K, Dai K, Qu X, Yan M. Serum and synovial fluid interleukin-6 for the diagnosis of periprosthetic joint infection. *Sci Rep*. 2017;7:1496
24. Li C, Ojeda Thies C, Xu C, Trampuz A. Is combining serum interleukin-6 and C-reactive protein a reliable diagnostic tool in periprosthetic joint infections? *J Orthop Surg Res*. 2020 Oct 2;15(1):450.

doi: 10.1186/s13018-020-01864-7. PMID: 33008442; PMCID: PMC7532114.

25. American Academy of Orthopaedic Surgeons Diagnosis and Prevention of Periprosthetic Joint Infections Evidence-Based Clinical Practice Guideline. <https://www.aaos.org/globalassets/quality-and-practice-resources/pji/pji-clinical-practice-guideline-final-9-18-19-.pdf> Published March 11, 2019.

26. McNabb DC, Dennis DA, Kim RH, Miner TM, Yang CC, Jennings JM. Determining false positive rates of leukocyte esterase reagent strip when used as a detection tool for joint infection. *J Arthroplast*. 2017;32:220–2.

27. Klim SM, Amerstorfer F, Gruber G, Bernhardt GA, Radl R, Leitner L, Leithner A, Glehr M. Fibrinogen - a practical and cost efficient biomarker for detecting periprosthetic joint infection. *Sci Rep*. 2018;8(1):8802. doi: 10.1038/s41598-018-27198-3.

28. Xu C, Qu PF, Chai W, Li R, Chen JY. Plasma fibrinogen may predict persistent infection before reimplantation in two-stage exchange arthroplasty for periprosthetic hip infection. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):133. doi: 10.1186/s13018-019-1179-9.

29. Bin G., Xinxin Y., Fan L., Shenghong W., Yayi X. Serum Fibrinogen Test Performs Well for the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection. *J Arthroplast*. 2020;35:2607–2612. doi: 10.1016/j.arth.2020.04.081.

30. Wu H, Meng Z, Pan L, Liu H, Yang X, Yongping C. Plasma fibrinogen performs better than plasma d-dimer and fibrin degradation product in the diagnosis of periprosthetic joint infection and determination of reimplantation timing. *J Arthroplast*. 2020;35(8):2230–2236. doi: 10.1016/j.arth.2020.03.055.

31. Huang R, Hu CC, Adeli B, Mortazavi J, Parvizi J. Culture-negative periprosthetic joint infection does not preclude infection control. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470:2717–2723. doi:10.1007/s11999-012-2434-0.

32. Yang F, Zhao C., Huang R., Ma H., Wang X., Wang G., Zhao X. Plasma fibrinogen in the diagnosis of periprosthetic joint infection. *Sci Rep*. 2021;11:677. doi: 10.1038/s41598-020-80547-z.

33. Sigmund I.K., Dudareva M., Watts D., Morgenstern M., Athanasou N.A., McNally M.A. Limited diagnostic value of serum inflammatory biomarkers in the diagnosis of fracture-related infections. *Bone Jt. J*. 2020;102:904–911. doi: 10.1302/0301-620X.102B7. BJJ-2019-1739.R1.

34. Bielefeld C, Engler H, Jäger M, Wegner A, Wassenaar D, Busch A. Synovial Alpha-defensin at Reimplantation in Two-stage Revision Arthroplasty to Rule Out Persistent Infection. *In Vivo*. 2021;35(2):1073–1081. doi:10.21873/in vivo.12352

35. Gris J.C., Bouvier S., Cochery-Nouvellon E., Faillie J.L., Lissalde-Lavigne G., Lefrant J.Y. Fibrin-related markers in patients with septic shock: Individual comparison of D-dimers and fibrin monomers impacts on prognosis. *Thromb. Haemost.* 2011;106:1228–1230.

36. Gando S. Role of fibrinolysis in sepsis. *Semin Thromb Hemost*. 2013;39:392–399. doi:10.1055/s-0033-1334140.

37. Schwameis M, Steiner MM, Schoergenhofer C, Lagler H, Buchtele N, Jilma-Stöhlawetz P, et al. D-dimer and histamine in early stage bacteraemia: a prospective controlled cohort study. *Eur J Intern Med*. 2015;26:782–786. doi:10.1016/j.ejim.2015.10.024.

38. Turk SM, Cansu DU, Teke HU, et al. Can we predict thrombotic tendency in rheumatoid arthritis? A thromboelastographic analysis (with ROTEM). *Clin Rheumatol*. 2018;37(9):2341–9.

39. Tan L, Wang Q, Zeng T, et al. Clinical significance of detecting HLA-DR, 14- 3-3eta protein and d-dimer in the diagnosis of rheumatoid arthritis. *Biomark Med*. 2018;12(7):697–705.

40. Shahi A, Kheir MM, Tarabichi M, Hosseinzadeh HRS, Tan TL, Parvizi J. Serum D-Dimer Test Is Promising for the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection and Timing of Reimplantation. *J Bone Joint Surg Am*. 2017 Sep 6;99(17):1419–1427. doi: 10.2106/JBJS.16.01395. PMID: 28872523.

41. Xiong L, Li S, Dai M. Comparison of D-dimer with CRP and ESR for diagnosis of periprosthetic joint infection. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):240. Published 2019 Jul 29. doi:10.1186/s13018-019-1282-y

42. Pannu T.S., Villa J.M., Patel P.D., Riesgo A.M., Barsoum W.K., Higuera C.A. The Utility of Serum d-Dimer for the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection in Revision Total Hip and Knee Arthroplasty. *J Arthroplast*. 2020;35:1692–1695. doi: 10.1016/j.arth.2020.01.034.

43. Qin L., Li F., Gong X., Wang J., Huang W., Hu N. Combined Measurement of D-Dimer and C-Reactive Protein Levels: Highly Accurate for Diagnosing Chronic Periprosthetic Joint Infection. *J Arthroplast*. 2020;35:229–234. doi: 10.1016/j.arth.2019.08.012.

44. Vijayan A.L., Vanimaya Ravindran S., Saikant R., Lakshmi S., Kartik R., Manoj G. Procalcitonin: A promising diagnostic marker for sepsis and antibiotic therapy. *J. Intensive Care*. 2017;5:51. doi: 10.1186/s40560-017-0246-8.

45. Randau T.M., Friedrich M.J., Wimmer M.D., Reichert B., Kubera D., Stoffel-Wagner B., Limmer A., Wirtz D.C., Gravius S. Interleukin-6 in serum and in synovial fluid enhances the differentiation between periprosthetic joint infection and aseptic loosening. *PLoS ONE*. 2014;9:e89045. doi: 10.1371/journal.pone.0089045.

46. Abdelbary H, Cheng W, Ahmadzai N, Carli AV, Shea BJ, Hutten B, Fergusson DA, Beaulé PE. Combination Tests in the Diagnosis of Chronic Periprosthetic Joint Infection: Systematic Review and Development of a Stepwise Clinical Decision-Making Tool. *J Bone Joint Surg Am*. 2020 Nov 4;102(Suppl 2):114–124. doi: 10.2106/JBJS.20.00097. PMID: 32870618.

47. Meermans G, Haddad FS. Is there a role for tissue biopsy in the diagnosis of periprosthetic infection? *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(5):1410–7.

48. Qu X, Zhai Z, Wu C, Jin F, Li H, Wang L, et al. Preoperative aspiration culture for preoperative diagnosis of infection in total hip or knee arthroplasty. *J Clin Microbiol*. 2013;51(11):3830–4.

49. Rodriguez-Merchan EC. Preoperative Aspiration Culture (PAC) for the Diagnosis of Infection in a Prosthetic Knee Joint. *Arch Bone Jt Surg*. 2018;6(5):342–345.

50. Schiffner E, Latz D, Karbowski A, et al. Loosening of total knee arthroplasty - always aseptic?. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11(Suppl 2):S234–S238. doi:10.1016/j.jcot.2019.05.001

51. Schulz P, Dlaska CE, Perka C, Trampuz A, Renz N. Preoperative synovial fluid culture poorly predicts the pathogen causing periprosthetic joint infection. *Infection*. 2021 Jun;49(3):427–436. doi: 10.1007/s15010-020-01540-2. Epub 2020 Nov 3. PMID: 33141393; PMCID: PMC8159841.

52. Trampuz A, Piper KE, Jacobson MJ, et al. Sonication of removed hip and knee prostheses for diagnosis of infection. *N Engl J Med*. 2007;357(7):654–63.
53. Malekzadeh D, Osmon DR, Lahr BD, Hanssen AD, Berbari EF. Prior use of antimicrobial therapy is a risk factor for culture-negative prosthetic joint infection. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468:2039–45. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1338-0>.
54. Ochsner PE, Swiss Orthopaedics, Swiss Society for Infectious Diseases. Infections of the musculoskeletal system—basic principles, prevention, diagnosis and treatment. 1. Grandvaux: Swiss Orthopaedics; 2014.
55. Kühn K. Management of periprosthetic joint infection: a global perspective on diagnosis, treatment options, prevention strategies and their economic impact. 1st ed. New York: Springer; 2017. p. 25–352.
56. Razavi BM, Fazly Bazzaz BS. A review and new insights to antimicrobial action of local anesthetics. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2019 Jun;38(6):991–1002. doi: 10.1007/s10096-018-03460-4. Epub 2019 Jan 24. PMID: 30680564
57. Boelch SP, Weissenberger M, Spohn F, Rudert M, Luedemann M. Insufficient sensitivity of joint aspiration during the two-stage exchange of the hip with spacers. *J Orthop Surg Res*. 2018 Jan 10;13(1):7. doi: 10.1186/s13018-017-0703-z. PMID: 29321073; PMCID: PMC5763577.
58. Fernández-Sampedro M, Fariñas-Alvarez C, Garces-Zarzalejo C, et al (2017) Accuracy of different diagnostic tests for early, delayed and late prosthetic joint infection. *BMC Infect Dis* 17. <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2693-1>
59. Tande A. J., Patel R. Prosthetic joint infection. *Clinical Microbiology Reviews*. 2014;27(2):302–345. doi: 10.1128/CMR.00111-13
60. Morawietz L, Tiddens O, Mueller M, Tohtz S, Gansukh T, Schroeder JH, Perka C, Krenn V. Twenty-three neutrophil granulocytes in 10 high-power fields is the best histopathological threshold to differentiate between aseptic and septic endoprosthesis loosening. *Histopathology*. 2009 Jun;54(7):847–53. doi: 10.1111/j.1365-2559.2009.03313.x. PMID: 19635104.
61. Krenn V, Morawietz L, Perino G, et al. Revised histopathological consensus classification of joint implant related pathology. *Pathol Res Pract*. 2014;210(12):779–786.
62. De Fine M, Giavaresi G, Fini M et al (2018) The role of synovial fluid analysis in the detection of periprosthetic hip and knee infections: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop* 42:983–994. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-3865-3>
63. Ahmad SS, Becker R, Chen AF, Kohl S (2016) EKA survey: diagnosis of prosthetic knee joint infection. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24:3050–3055. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4303-y>
64. Sendi P, Müller AM, Berbari E. Are All Joints Equal? Synovial Fluid Analysis in Periprosthetic Joint Infection. *J Bone Jt Infect*. 2018;3(5):258–259. Published 2018 Dec 4. doi:10.7150/bjji.30491
65. Trampuz A, Hanssen AD, Osmon DR et al (2004) Synovial fluid leukocyte count and differential for the diagnosis of prosthetic knee infection. *Am J Med* 117:556–562. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2004.06.022>
66. Christensen CP, Bedair H, Della Valle CJ, Parvizi J, Schurko B, Jacobs CA. The natural progression of synovial fluid white blood-cell counts and the percentage of polymorphonuclear cells after primary total knee arthroplasty: a multicenter study. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95:2081–7.
67. Dwyer MK, Damsgaard C, Wadibia J, et al. Laboratory tests for diagnosis of chronic periprosthetic joint infection can help predict outcomes of two-stage exchange. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100-A(12):1009–1015.
68. Frasca L, Lande R. Role of defensins and cathelicidin LL37 in auto-immune and auto-inflammatory diseases. *Curr Pharm Biotechnol*. 2012;13(10):1882–1897. doi: 10.2174/138920112802273155.
69. Bingham J, Clarke H, Spangehl M, Schwartz A, Beauchamp C, Goldberg B. The alpha defensin-1 biomarker assay can be used to evaluate the potentially infected total joint arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2014 Dec;472(12):4006–9. doi: 10.1007/s11999-014-3900-7. Epub 2014 Sep 26. PMID: 25256621; PMCID: PMC4397781.
70. de Saint Vincent B, Migaud H, Senneville E, Loiez C, Pasquier G, Girard J, Putman S. Diagnostic accuracy of the alpha defensin lateral flow device (Synovasure) for periprosthetic infections in microbiologically complex situations: A study of 42 cases in a French referral centre. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018 Jun;104(4):427–431. doi: 10.1016/j.otsr.2018.01.018. Epub 2018 Mar 23. PMID: 29581070.
71. Deirmengian C, Kardos K, Kilmartin P, Gulati S, Citrano P, Booth RE Jr. The Alpha-defensin Test for Periprosthetic Joint Infection Responds to a Wide Spectrum of Organisms. *Clin Orthop Relat Res*. 2015 Jul;473(7):2229–35. doi: 10.1007/s11999-015-4152-x. PMID: 25631170; PMCID: PMC4457768.
72. Bonanzinga T., Ferrari M. C., Tanzi G., Vandenbulcke F., Zahar A., Marcacci M. The role of alpha defensin in prosthetic joint infection (PJI) diagnosis: a literature review. *EFORT Open Reviews*. 2019;4(1):10–13. doi: 10.1302/2058-5241.4.180029.
73. Lee YS, Koo KH, Kim HJ, Tian S, Kim TY, Maltenfort MG, Chen AF. Synovial Fluid Biomarkers for the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2017 Dec 20;99(24):2077–2084. doi: 10.2106/JBJS.17.00123. PMID: 29257013.
74. Wyatt MC, Beswick AD, Kunutsor SK, Wilson MJ, Whitehouse MR, Blom AW. The Alpha-Defensin Immunoassay and Leukocyte Esterase Colorimetric Strip Test for the Diagnosis of Periprosthetic Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2016 Jun 15;98(12):992–1000. doi: 10.2106/JBJS.15.01142. PMID: 27307359; PMCID: PMC4901182.
75. Signore A, Sconfienza LM, Borens O, Glaudemans AWJM, Cassar-Pullicino V, Trampuz A, Winkler H, Gheysens O, Vanhoenacker FMHM, Petrosillo N, Jutte PC. Consensus document for the diagnosis of prosthetic joint infections: a joint paper by the EANM, EBJS, and ESR (with ESCMID endorsement). *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019 Apr;46(4):971–988. doi: 10.1007/s00259-019-4263-9. Epub 2019 Jan 26. Erratum in: *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019 Feb 9; PMID: 30683987; PMCID: PMC6450843.
76. Shahi A, Parvizi J, Kazarian GS, Higuera C, Frangiamore S, Bingham J, Beauchamp C, Valle CD, Deirmengian C. The Alpha-defensin Test for Periprosthetic Joint Infections Is Not Affected by Prior Antibiotic Administration. *Clin Orthop Relat Res*. 2016 Jul;474(7):1610–5. doi: 10.1007/s11999-016-4726-2. PMID: 26864855; PMCID: PMC4887359.

77. Deirmengian C, Kardos K, Kilmartin P, Cameron A, Schiller K, Parvizi J. Diagnosing periprosthetic joint infection: has the era of the bio-marker arrived? *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472:3254–62.
78. Deirmengian C, Kardos K, Kilmartin P, Cameron A, Schiller K, Booth RE Jr, Parvizi J. The alpha-defensin test for periprosthetic joint infection outperforms the leukocyte esterase test strip. *Clin Orthop Relat Res.* 2015 Jan;473(1):198–203. doi: 10.1007/s11999-014-3722-7. PMID: 24942960; PMCID: PMC4390923.
79. Singh G, Deutloff N, Maertens N, Meyer H, Awiszus F, Feuerstein B, Roessner A, Lohmann CH. Articulating polymethylmethacrylate (pmma) spacers may have an immunomodulating effect on synovial tissue. *Bone Joint J.* 2016;98-b(8):1062–1068. doi: 10.1302/0301-620x.98b8.36663
80. Samuel LT, Sultan AA, Kheir M, Villa J, Patel P, Parvizi J, Higuera CA. Positive Alpha-defensin at Reimplantation of a Two-stage Revision Arthroplasty Is Not Associated with Infection at 1 Year. *Clin Orthop Relat Res.* 2019 Jul;477(7):1615–1621. doi: 10.1097/CORR.0000000000000620. PMID: 30811358; PMCID: PMC6999964.
81. Carender CN, DeMik DE, Otero JE, Noiseux NO, Brown TS, Bedard NA. What is the Clinical Utility of Synovial Alpha Defensin Testing of Antibiotic Spacers Before Reimplantation? *J Arthroplasty.* 2021 Jun;36(6):2150–2157. doi: 10.1016/j.arth.2021.02.001. Epub 2021 Feb 5. PMID: 33648841.
82. Amanatullah DF, Cheng RZ, Huddleston Iii JI, et al. The routine use of synovial alpha-defensin is not necessary. *Bone Joint J.* 2020;102-B(5):593–599.
83. Wetters NG, Berend KR, Lombardi AV, Morris MJ, Tucker TL, Della Valle CJ. Leukocyte esterase reagent strips for the rapid diagnosis of periprosthetic joint infection. *J Arthroplasty.* 2012 Sep;27(8 Suppl):8–11. doi: 10.1016/j.arth.2012.03.037. Epub 2012 May 17. PMID: 22608686.
84. Shafay R, McClatchie W, Chettiar K, Gill K, Hargrove R, Sturridge S, Guyot A. Use of leukocyte esterase reagent strips in the diagnosis or exclusion of prosthetic joint infection. *Bone Joint J.* 2015 Sep;97-B(9):1232–6. doi: 10.1302/0301-620X.97B9.34910. PMID: 26330590.
85. Wang C, Li R, Wang Q, Duan J, Wang C. Leukocyte Esterase as a Biomarker in the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection. *Med Sci Monit.* 2017 Jan 21;23:353–358. doi: 10.12659/msm.899368. PMID: 28108745; PMCID: PMC5382836.
86. Li Z, Zhang Q, Shi L, Gao F, Sun W, Li Z. Alpha-Defensin versus Leukocyte Esterase in Periprosthetic Joint Infection: An Updated Meta-Analysis. *Biomed Res Int.* 2020 Nov 18;2020:3704285. doi: 10.1155/2020/3704285. PMID: 33294439; PMCID: PMC7688361.
87. Parvizi J, Jacovides C, Adeli B, Jung KA, Hozack WJ, Mark B. Coventry Award: synovial C-reactive protein: a prospective evaluation of a molecular marker for periprosthetic knee joint infection. *Clin Orthop Relat Res.* 2012 Jan;470(1):54–60. doi: 10.1007/s11999-011-1991-y. PMID: 21786056; PMCID: PMC3237977.
88. Ronde-Oustau C, Diesinger Y, Jenny JY, Antoni M, Gaudias J, Boeri C, Sibia J, Lessinger JM. Diagnostic accuracy of intra-articular C-reactive protein assay in periprosthetic knee joint infection--a preliminary study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014 Apr;100(2):217–20. doi: 10.1016/j.otsr.2013.10.017. Epub 2014 Feb 27. PMID: 24582652.
89. Tetreault MW, Wetters NG, Moric M, Gross CE, Della Valle CJ. Is synovial C-reactive protein a useful marker for periprosthetic joint infection? *Clin Orthop Relat Res.* 2014 Dec;472(12):3997–4003. doi: 10.1007/s11999-014-3828-y. Epub 2014 Jul 29. PMID: 25070920; PMCID: PMC4397770.
90. De Vecchi E, Villa F, Bortolin M, Toscano M, Tacchini L, Romano CL, Drago L. Leucocyte esterase, glucose and C-reactive protein in the diagnosis of prosthetic joint infections: a prospective study. *Clin Microbiol Infect.* 2016 Jun;22(6):555–60. doi: 10.1016/j.cmi.2016.03.020. Epub 2016 Mar 31. PMID: 27040804.
91. Praz C, Gubbiotti L, Buia G, Chapus V, Dunet J, Grandhomme F, Michon J, Rochcongar G, Hulet C. Value of the synovial C-reactive protein test in the diagnosis of total hip and knee periprosthetic joint infections: A case-control study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021 Jun;107(4):102903. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102903. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33775885.
92. Wouthuyzen-Bakker M, Ploegmakers JJW, Ottink K, Kampinga GA, Wagenmakers-Huizenga L, Jutte PC, Kobold ACM. Synovial Calprotectin: An Inexpensive Biomarker to Exclude a Chronic Prosthetic Joint Infection. *J Arthroplasty.* 2018 Apr;33(4):1149–1153. doi: 10.1016/j.arth.2017.11.006. Epub 2017 Nov 13. PMID: 29224989.
93. Yermak K, Karbysheva S, Perka C, Trampuz A, Renz N. Performance of synovial fluid D-lactate for the diagnosis of periprosthetic joint infection: A prospective observational study. *J Infect.* 2019 Aug;79(2):123–129. doi: 10.1016/j.jinf.2019.05.015. Epub 2019 May 21. PMID: 31125637.
94. Sousa R, Serrano P, Gomes Dias J, Oliveira JC, Oliveira A. Improving the accuracy of synovial fluid analysis in the diagnosis of prosthetic joint infection with simple and inexpensive biomarkers: C-reactive protein and adenosine deaminase. *Bone Joint J.* 2017 Mar;99-B(3):351–357. doi: 10.1302/0301-620X.99B3.BJJ-2016-0684.R1. PMID: 28249975.
95. Carli AV, Abdelbary H, Ahmadzai N, Cheng W, Shea B, Hutson B, Sniderman J, Philip Sanders BS, Esmaeilisariji L, Skidmore B, Gauthier-Kwan OY, Bunting AC, Gauthier P, Crnic A, Logishetty K, Moher D, Fergusson D, Beaulé PE. Diagnostic Accuracy of Serum, Synovial, and Tissue Testing for Chronic Periprosthetic Joint Infection After Hip and Knee Replacements: A Systematic Review. *J Bone Joint Surg Am.* 2019 Apr 3;101(7):635–649. doi: 10.2106/JBJS.18.00632. PMID: 30946198.
96. Lee YS, Koo KH, Kim HJ, Tian S, Kim TY, Maltenfort MG, Chen AF. Synovial Fluid Biomarkers for the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2017 Dec 20;99(24):2077–2084. doi: 10.2106/JBJS.17.00123. PMID: 29257013.
97. Zmistowski B, Della Valle C, Bauer TW, Malizos KN, Alavi A, Bedair H, Booth RE, Choong P, Deirmengian C, Ehrlich GD, Gambir A, Huang R, Kissin Y, Kobayashi H, Kobayashi N, Krenn V, Drago L, Marston SB, Meermans G, Perez J, Ploegmakers JJ, Rosenberg A, Sempendorfer C, Thomas P, Tohtz S, Villafuerte JA, Wahl P, Wagenaar FC, Witso E. Diagnosis of periprosthetic joint infection. *J Arthroplasty.* 2014 Feb;29(2) (Suppl):77–83. Epub 2013 Dec 15.
98. Peel TN, Dylla BL, Hughes JG, Lynch DT, Greenwood-Quaintance KE, Cheng AC, Mandrekar JN, Patel R. Improved diagnosis of prosthetic joint infection by culturing periprosthetic tissue specimens in blood culture bottles. *MBio.* 2016 Jan 05;7(1):e01776–15.

99. Abdulmassih R, Makadia J, Como J, Paulson M, Min Z, Bhanot N. Propionibacterium acnes: time-to-positivity in standard bacterial culture from different anatomical sites. *J Clin Med Res*. 2016 Dec;8(12):916-8. Epub 2016 Oct 26.
100. Bedenčič K, Kavčič M, Faganeli N, Mihalič R, Mavčič B, Dolenc J, Bajc Z, Trebše R. Does preoperative antimicrobial prophylaxis influence the diagnostic potential of periprosthetic tissues in hip or knee infections? *Clin Orthop Relat Res*. 2016 Jan;474(1):258-64. Epub 2015 Aug 8.
101. Tetreault MW, Wetters NG, Aggarwal V, Mont M, Parvizi J, Della Valle CJ. The Chitranjan Ranawat Award: Should prophylactic antibiotics be withheld before revision surgery to obtain appropriate cultures? *Clin Orthop Relat Res*. 2014 Jan;472(1):52-6.
102. Wouthuyzen-Bakker M, Tornero E, Claret G, Bosch J, Martinez-Pastor JC, Combalia A, Soriano A. Withholding preoperative antibiotic prophylaxis in knee prosthesis revision: a retrospective analysis on culture results and risk of infection. *J Arthroplasty*. 2017 Sep;32(9):2829-33. Epub 2017 Apr 6.
103. Barrack RL, Aggarwal A, Burnett RS, Clohisy JC, Ghanem E, Sharkey P, Parvizi J. The fate of the unexpected positive intraoperative cultures after revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007 Sep;22(6 Suppl 2):94-9. doi: 10.1016/j.arth.2007.03.029. Epub 2007 Jul 26. PMID: 17823025.
104. Renz N, Cabric S, Janz V, Trampuz A. Sonikation in der Diagnostik periprosthetischer Infektionen : Stellenwert und praktische Umsetzung [Sonication in the diagnosis of periprosthetic infections : Significance and practical implementation]. *Orthopade*. 2015 Dec;44(12):942-5. German. doi: 10.1007/s00132-015-3192-y. PMID: 26572134.
105. Abou El-Khier NT, El Ganainy Ael-R, Elgeidy A, Rakha SA. Assessment of interleukin-6 and other inflammatory markers in the diagnosis of Egyptian patients with periprosthetic joint infection. *Egypt J Immunol*. 2013;20(2):93-9. PMID: 24624484.
106. Liu H, Zhang Y, Li L, Zou HC. The application of sonication in diagnosis of periprosthetic joint infection. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2017 Jan;36(1):1-9. doi: 10.1007/s10096-016-2778-6. Epub 2016 Sep 21. PMID: 27649698.
107. Zhai Z, Li H, Qin A, Liu G, Liu X, Wu C, Li H, Zhu Z, Qu X, Dai K. Meta-analysis of sonication fluid samples from prosthetic components for diagnosis of infection after total joint arthroplasty. *J Clin Microbiol*. 2014 May;52(5):1730-6. doi: 10.1128/JCM.03138-13. Epub 2014 Feb 26. PMID: 24574298; PMCID: PMC3993700.
108. Matter-Parrat V, Ronde-Oustau C, Boéri C, Gaudias J, Jenny JY. Agreement between pre-operative and intra-operative bacteriological samples in 85 chronic peri-prosthetic infections. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017 Apr;103(2):301-305. doi: 10.1016/j.otsr.2016.11.022. Epub 2017 Feb 3. PMID: 28167248.
109. Holleyman RJ, Deehan DJ, Charlett A, Gould K, Baker PN. Does pre-operative sampling predict intra-operative cultures and antibiotic sensitivities in knee replacements revised for infection?: a study using the NJR dataset. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016 Oct;24(10):3056-3063. doi: 10.1007/s00167-015-3841-z. Epub 2015 Nov 26. PMID: 26611900.
110. Винклер Т., Трампуш А., Ренц Н., и др. КЛАССИФИКАЦИЯ И АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПЕРИПРОТЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА // Травматология и ортопедия России. - 2016. - Т. 22. - №1. - С. 33-45. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45. [Winkler T, Trampuz A., Renz N., et al. CLASSIFICATION AND ALGORITHM FOR DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HIP PROSTHETIC JOINT INFECTION // Traumatology and Orthopedics of Russia. - 2016. - Vol. 22. - N. 1. - P. 33-45. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45 [In Russ.]
111. Брико Н.И., Божкова С.А., Брусина Е.Б., Жедаева М.В., Зубарева Н.А., Зуева Л.П. и др. Профилактика инфекций области хирургического вмешательства: клинические рекомендации. Н. Новгород: Ремедиум Приволжье; 2018. 72 с. doi: 10.21145/Clinical_Guidelines_NASKI_2018. [Briko N.I., Bozhkova S.A., Brusina E.B., Zhedaeva M.V., Zubareva N.A., Zueva L.P. et al. Surgical intervention area infections prevention: Clinical recommendations. N. Novgorod: Remedium Privolzh'e, 2018. 72 p. doi: 10.21145/Clinical_Guidelines_NASKI_2018 [In Russ.]
112. Кренн Ф., Колбель Б., Винерт С., и др. Новый алгоритм гистопатологической диагностики перипротезной инфекции с применением шкалы CD15 focus score и компьютерной программы CD15 QuantiFier // Травматология и ортопедия России. - 2015. - Т. 21. - №3. - С. 76-85. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-3-76-85. [Krenn V., Kölbel B., Wienert S., et al. A new algorithm for histopathological diagnosis of periprosthetic infection using CD15 focus score and computer program CD15 Quantifier // Traumatology and Orthopedics of Russia. - 2015. - Vol. 21. - N. 3. - P. 76-85. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-3-76-85 [In Russ.]
113. Приказа Минздрава РФ от 24.03.2016 №179н «О правилах проведения патолого-анатомических исследований», п.24. [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated March 24, 2016 No. 179n "On the rules for conducting pathological and anatomical studies", paragraph 24 [In Russ.]
114. Kwiecien G, George J, Klika AK, Zhang Y, Bauer TW, Rueda CA. Intraoperative Frozen Section Histology: Matched for Musculoskeletal Infection Society Criteria. *J Arthroplasty*. 2017 Jan;32(1):223-227. doi: 10.1016/j.arth.2016.06.019. Epub 2016 Jun 23. PMID: 27449715.
115. Sigmund IK, McNally MA, Luger M, Böhler C, Windhager R, Sulzbacher I. Diagnostic accuracy of neutrophil counts in histopathological tissue analysis in periprosthetic joint infection using the ICM, IDSA, and EBJIS criteria. *Bone Joint Res*. 2021 Aug;10(8):536-547. doi: 10.1302/2046-3758.108.BJR-2021-0058.R1. PMID: 34409845; PMCID: PMC8414440.
116. Bori G, McNally MA, Athanasou N. Histopathology in Periprosthetic Joint Infection: When Will the Morphomolecular Diagnosis Be a Reality? *Biomed Res Int*. 2018 May 13;2018:1412701. doi: 10.1155/2018/1412701. PMID: 29862251; PMCID: PMC5971260.
117. Kashima TG, Inagaki Y, Grammatopoulos G, Athanasou NA. Use of chloroacetate esterase staining for the histological diagnosis of prosthetic joint infection. *Virchows Arch*. 2015 May;466(5):595-601. doi: 10.1007/s00428-015-1722-y. Epub 2015 Feb 17. PMID: 25687172.
118. Силантьева Т.А., Ермаков А.М., Тряпичников А.С. Гистологическая оценка перипротезной инфекции с использованием шкалы HOES и анализа экспрессии CD15 на этапе ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава // Травматология и ортопедия России. - 2021. - Т. 27. - №2. - С. 84-98. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-84-98. [Silanteva T.A., Ermakov A.M., Tryapichnikov A.S. Histolog-

ical evaluation of periprosthetic infection using HOES scale and CD15 expression analysis at the stage of the hip revision arthroplasty // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. - 2021. - Vol. 27. - N. 2. - P. 84-98. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-84-98 [In Russ.].

119. Kelly ME, Bahethi SR, King ME, Elstner BC, Turcotte JJ, King PJ. The Utility of Frozen Section Histology in Diagnosing Periprosthetic Joint Infection in Revision Total Joint Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2021 Jun;36(6):2137-2143. doi: 10.1016/j.arth.2020.12.051. Epub 2021 Jan 7. PMID: 33579630.

120. Qiao J, Xu C, Chai W, Hao LB, Zhou Y, Fu J, Chen J. Positive frozen section during reimplantation increases the risk of treatment failure in two-stage exchange arthroplasty even in patients with normal ESR and CRP. *Bone Joint J*. 2021 May;103-B(5):916-922. doi: 10.1302/0301-620X.103B5.BJJ-2020-0703.R3. PMID: 33934662

121. Ермаков А.М., Силантьева Т.А., Науменко З.С., Ключин Н.М., Малкова Т.А., Бурцев А.В. Комплексный подход и значение гистологического исследования в диагностике перипротезного остеомиелита у 29 пациентов на этапе ревизионного эндопротезирования инфицированного тазобедренного сустава // *Гений ортопедии*. 2021. Т. 27. № 5. С. 540-547. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-5-540-547.

122. Материалы Второй международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции / пер. с англ.; под общ. ред. Р.М. Тихилова, С.А. Божковой, И.И. Шубнякова. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2019. 314 с. ISBN 978-5-6040358-0-1. [Proceedings of the Second International Consensus Meeting on musculoskeletal infections / transl. from English; under total ed. R.M. Tikhilov, S.A. Bozhkova, I.I. Shubnyakov. St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena, 2019. 314 p. ISBN 978-5-6040358-0-1 [In Russ.].

123. Середя А.П., Кавалерский Г.М., Мурылев В.Ю., Рукин Я.А. Диагностика перипротезной инфекции. Часть 1: серология // *Травматология и ортопедия России*. - 2014. - Т. 20. - №4. - С. 115-126. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-4-14. [Sereda A.P., Kavalersky G.M., Murylev V.Y., Rukin Y.A. Periprosthetic infection diagnosis. Part 1: serology // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. - 2014. - Vol. 20. - N. 4. - P. 115-126. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-4-14 [In Russ.].

124. Кимайкина О.В., Григоричева Л.Г. Роль микробиологического исследования синовиальной жидкости на дооперационном этапе в диагностике перипротезной инфекции // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. - 2017. - Т. 19. - № S1. - С. 21. [Kimaykina, O.V., Grigoricheva L.G. The role of microbiological examination of synovial fluid at the preoperative stage in the diagnosis of periprosthetic joint infection. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. - 2017. - Vol. 19. - № S1. - P. 21 [In Russ.].

125. Поповцева А.В., Заголовкина А.Г., Григоричева Л.Г. Эффективность исследования синовиальной жидкости для диагностики перипротезной инфекции // *Лаборатория*. - 2017. - № S2. - С. 44. [Popovtseva A.V., Zagolovkina A.G., Grigoricheva L.G. The effectiveness of the study of synovial fluid for the diagnosis of periprosthetic joint infection // *Laboratory*. - 2017. - № S2. - P. 44 [In Russ.].

126. Золовкина А.Г., Поповцева А.В. Д-лактат - клиническая эффективность лабораторного маркера в диагностике перипротезной инфекции // *Лабораторная служба*. - 2018. - Т. 7. - № 3-2. - С. 135.

[Zolovkina A.G., Popovtseva A.V. D-lactate - clinical efficacy of a laboratory marker in the diagnosis of periprosthetic joint infection // *Laboratory service*. - 2018. - Vol. 7. - № 3-2. - P. 135 [In Russ.].

127. Карбышева С.Б., Григоричева Л.Г., Жильцов И.В., и др. D-лактат – маркер бактериального воспаления нативных и протезированных суставов // *Травматология и ортопедия России*. - 2017. - Т. 23. - №2. - С. 6-14. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-6-14. [Karbysheva S.B., Grigoricheva L.G., Zhyltsov I.V., et al. Synovial Fluid D-lactate — Bacterial-specific Marker for Infection of Native and Prosthetic Joints // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. - 2017. - Vol. 23. - N. 2. - P. 6-14. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-6-14 [In Russ.].

128. Karbysheva S., Renz N., Yermak K., et al. New Methods in the Diagnosis of Prosthetic Joint Infection // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. - 2019. - Vol. 25. - N. 4. - P. 56-63. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-56-63.

Информация об авторах:

Пантелеев Александр Николаевич, аспирант, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, 195427, г. Санкт-Петербург, улица академика Байкова дом 8, e-mail: Alex.pant95@mail.ru

Божкова Светлана Анатольевна, д.м.н., руководитель научного отделения профилактики и лечения раневой инфекции, заведующая отделением клинической фармакологии, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, 195427, г. Санкт-Петербург, улица академика Байкова дом 8, e-mail: Clinpharm-rniito@yandex.ru

Преображенский Петр Михайлович, к.м.н., младший научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, 195427, г. Санкт-Петербург, улица академика Байкова дом 8, e-mail: Pedrro@yandex.ru

Information about the authors:

Alexander N. Panteleev, postgraduate, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 195427, Saint Petersburg, street Academician Baykova house 8, e-mail: Alex.pant95@mail.ru

Svetlana A. Bozhkova, Dr. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Wound Infection Prevention and Treatment, Chief of the Clinical Pharmacology Department, Professor of the Traumatology and Orthopedics Chair, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 195427, Saint Petersburg, street Academician Baykova house 8, e-mail: Clinpharm-rniito@yandex.ru

Petr M. Preobrazhensky, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 195427, Saint Petersburg, street Academician Baykova house 8, e-mail: Pedrro@yandex.ru