

# 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 ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С НАЧАЛЬНЫМИ СТАДИЯМИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО КРУЗАРТРОЗА
- ЛЕЧЕНИЕ АТРОФИЧЕСКИХ ЛОЖНЫХ СУСТАВОВ КЛЮЧИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГЕЛЯ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА



№ 3

# 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)

№3 · 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: 28.09.2022

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

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

Журнал выходит с периодичностью 4 выпуска в год.

Распространение: Россия, зарубежные страны.

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

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

## Главный редактор

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

## Научный редактор

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

## Редакционная коллегия:

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

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

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

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

**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

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

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

### ***Редакционный совет:***

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

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

**Кон Елизавета** — профессор, 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

---

№3 · 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: 28.09.2022

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**

<b>А.А. АКУЛАЕВ, А.Е. АКУЛАЕВ, К.А. ТИЩЕНКОВ, А.О. АПАНАСЕНКО, А.А. ПОВАЛИЙ</b> ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЛЕГКИХ И СРЕДНИХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОПЫ HALLUX VALGUS L-ОБРАЗНОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ШЕВРОННОЙ ОСТЕОТОМИЕЙ.....	7
<b>М.А. ГОРОХОВ, Н.В. ЗАГОРОДНИЙ, В.И. КУЗЬМИН, Т.Г. ШАРАМКО</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА МЕТОДОМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ДЕНЕРВАЦИИ.....	15
<b>К.А. ЕГИАЗАРЯН, Б.И. МАКСИМОВ, А.А. АСКЕРОВ</b> ОСТЕОСИНТЕЗ ДИСТАЛЬНОГО МЕТАЭПИФИЗА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОНАТОР-СБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ: АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ .....	22
<b>К.А. ЕГИАЗАРЯН, А.П. РАТЬЕВ, Г.Д. ЛАЗИШВИЛИ, Е.А. МИРОШНИКОВА, Е.А. ЖАВОРОНКОВ, А.С. АБИЛЕМЕЦ</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПРОПУЛЬСИВНОЙ МЕТАТАРЗАЛГИИ ПРИ ПОМОЩИ КЛАССИЧЕСКОЙ ОСТЕОТОМИИ WEPH И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ .....	32
<b>А.К. ОРЛЕЦКИЙ, Д.О. ВАСИЛЬЕВ, К.В. ШКУРО</b> ОПЕРАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ СВЕЖИХ И ЗАСТАРЕЛЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАПСУЛЬНО-СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА ГОЛЕНСТОПНОГО СУСТАВА .....	41
<b>ПАН ЧЖЭНЮЙ, А. В. ЛЫЧАГИН, Я. А. РУКИН, А.А. ГРИЦЮК</b> РАНДОМИЗИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ СГИБАТЕЛЬНОЙ ЩЕЛИ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ НА ФУНКЦИЮ КОЛЕННОГО СУСТАВА .....	47
<b>Д.А. РОМАНОВ, А.В. ГАРКАВИ, Л.О. КНЕЛЛЕР</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ РЕИНСЕРЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ ПРИ ЕЁ ПРОКСИМАЛЬНЫХ РАЗРЫВАХ .....	56
<b>В.П. СОЛОДКИЙ, С.В. НОВИКОВ, Н.Н. КАРЧЕБНЫЙ, Д.А. АНАНЬИН, М.А. ПАНИН</b> ПРЕДИКТОРЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА НЕСТАБИЛЬНЫХ ВЕРТЕЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ У ПАЦИЕНТОВ СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА .....	62

**КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ**

<b>А.В. ЛЫЧАГИН, С.В. ИВАННИКОВ, О.Д. ПОДКОСОВ, М.М. ЛИПИНА, И.А. ВЯЗАНКИН, Н.А. НАБАТЧИКОВ, М.Я. ГАВЛОВСКИЙ</b> ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТАКТИКИ ЛЕЧЕНИЯ СПИЦЕВОГО ОСТЕОМИЕЛИТА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ .....	70
--	----

**ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

<b>Ю.Р. ГОНЧАРУК, М.М. ЛИПИНА, А.В. ЛЫЧАГИН, П.С. ТИМАШЕВ, И.А. ВЯЗАНКИН, К.М. АЗАРКИН</b> ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В ДИАГНОСТИКЕ РАННЕГО ОСТЕОАРТРИТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....	77
<b>А.Б. ХАЛЯПИНА, М.В. ПАРШИКОВ, Н.В. ЯРЫГИН, Н.И. КУЗНЕЦОВА, Г.И. ЧЕМЯНОВ</b> РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА КОСТНО-ХРЯЩЕВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ОСТЕОАРТРИТЕ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР) .....	90

## CONTENTS

### ORIGINAL RESEARCH

<b>A.A. AKULAEV, A.E. AKULAEV, K.A. TISHHENKOV, A.O. APANASENKO, A.A. POVALIJ</b> EXPERIENCE IN USING THREE-DIMENSIONAL PREOPERATIVE PLANNING AND RESECTIONS GUIDES TEMPLATES FOR SCARF OSTEOTOMY IN MILD AND MODERATE DEFORMITIES OF HALLUX VALGUS .....	7
<b>M.A. GOROKHOV, N.V. ZAGORODNIY, V.I. KUZMIN, T.G. SHARAMKO</b> RESULTS OF TREATMENT OF DEGENERATIVE DISEASES OF THE HIP JOINT BY RADIOFREQUENCY DENERVATION. ....	15
<b>K.A. EGIАЗARYAN, B.I. MAXIMOV, A.A. ASKEROV</b> OSTEOSYNTHESIS OF DISTAL RADIUS USING PRONATOR-SPARING TECHNIQUE: ANALYSIS OF THE RESULTS. ....	22
<b>K.A. EGIАЗARYAN, A.P. RATYEV, G.D. LAZISHVILI, E.A. MIROSHNIKOVA, E.A. ZHAVORONKOV, A.S. ABILEMETS</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF TREATMENT OF PROPULSIVE METATARSALGIA USING EARLY WEIL OSTEOTOMY AND ITS MODIFICATION .....	32
<b>A.K. ORLETSKY, D.O. VASILIEV, K.V. SHKURO</b> SURGICAL TREATMENT OF FRESH AND LONG-STANDING INJURIES OF THE CAPSULAR LIGAMENOUS APPARATUS OF THE ANKLE JOINT .....	41
<b>PANG ZHENGYU, A.V. LYCHAGIN, YA.A. RUKIN, A.A. GRITSYUK</b> RANDOMIZED TRIAL: IMPACT OF THE FLEXION GAP IN PRIMARY KNEE ARTHROPLASTY ON THE FUNCTIONAL OUTCOME.....	47
<b>D.A. ROMANOV, A.V. GARKAVI, L.O. KNELLER</b> EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ARTHROSCOPIC REPAIR OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT IN ITS PROXIMAL RUPTURES. ....	56
<b>V.P. SOLODKIY, S.V. NOVIKOV, N.N. KARCHEBNIY, D.A. ANANIN, M.A. PANIN</b> PREDICTORS OF MECHANICAL COMPLICATIONS AFTER INTRAMEDULLARY NAILING OF UNSTABLE TROCHANTERIC FRACTURES IN ELDERLY PATIENTS .....	62
<b>CASE REPORT</b>	
<b>A.V. LYCHAGIN, S.V. IVANNIKOV, O.D. PODKOSOV, M.M. LIPINA, I.A. VYAZANKIN, N.A. NABATCHIKOV, M.Y. GAVLOVSKIY</b> THE USE OF COMBINED TACTICS FOR THE TREATMENT OF PIN OSTEOMYELITIS OF THE TIBIA: A CASE REPORT .....	70
<b>LITERATURE REVIEW</b>	
<b>YU.R. GONCHARUK, M.M. LIPINA, A.V. LYCHAGIN, P.S. TIMASHEV, I.A. VYAZANKIN, K.M. AZARKIN</b> OPTICAL SPECTROSCOPY IN THE DIAGNOSTICS OF EARLY OSTEOARTHRITIS (LITERATURE REVIEW) .....	77
<b>A.B. KHALYAPINA, M.V. PARSHIKOV, N.V. YARYGIN, N.I. KUZNETSOVA, G.I. CHEMYANOV</b> EARLY DIAGNOSIS OF BONE-CARTILAGINOUS CHANGES IN OSTEOARTHRITIS (LITERATURE REVIEW).....	90



## ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-7-14>

УДК 617.3

© А.А. Акулаев, А.Е. Акулаев, К.А. Тищенко, А.О. Апанасенко, А.А. Повалий, 2022

Оригинальная статья / Original article

### ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЛЕГКИХ И СРЕДНИХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОПЫ HALLUX VALGUS L-ОБРАЗНОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ШЕВРОННОЙ ОСТЕОТОМИЕЙ

А.А. АКУЛАЕВ<sup>1</sup>, А.Е. АКУЛАЕВ<sup>1</sup>, К.А. ТИЩЕНКОВ<sup>1</sup>, А.О. АПАНАСЕНКО<sup>1</sup>, А.А. ПОВАЛИЙ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, 2-е травматологическое отделение, Санкт-Петербург, 199034, Россия

#### Резюме

**Актуальность:** в современном мире трехмерные технологии становятся все более применимыми. Мы предлагаем рассмотреть возможности трехмерного планирования и печати при устранении деформации Hallux valgus с целью увеличения точности проведения шевронной остеотомии. **Цель:** изучить и апробировать технологию трехмерной печати с созданием индивидуального шаблона-направителя при выполнении L-образной модифицированной шевронной остеотомии при деформации Hallux valgus.

**Материалы и методы:** С 01.08.2017 года по 01.05.2019 мы прооперировали 53 пациента (54 стопы) с легкой и умеренной деформацией Hallux valgus. Мы выполнили всем пациентам L-образную модифицированную шевронную остеотомию. Пациенты были разделены на 2 группы: группа с применением компьютерных технологий трехмерного планирования и 3D печати шаблона-направителя (группа 1) и контрольная группа (группа 2). Для оценки клинических данных мы проводили анкетирование с использованием шкал AOFAS, VASFA, MOXFQ до операции, 6 месяцев и 12 месяцев после операции и угловые показатели HVIPA, HVA, 1-2 IMA, DMAA на 12 месяцев после операции.

**Результаты:** Оба метода привели к улучшению показателей AOFAS, VAS, MOXFQ на 6-й и 12-й месяц после операции. В сравнении группы А и группы Б не наблюдалось статистически значимых различий при анкетировании. Статистически значимой разницы при оценке угловых показателей в сравнении между группами не было выявлено. Во всех группах отмечались улучшения всех угловых показателей, отражающие успешное устранение деформации.

**Выводы:** По результатам сравнения обеих исследуемых групп, использование технологий 3D печати в нашем исследовании не дает статистически значимых преимуществ. Однако, их использование позволяет реализовать индивидуальный подход в проектировании операции. Возможно метод имеет потенциал в системе обучения хирурга.

**Ключевые слова:** Hallux valgus; индивидуальный подход в медицине; шевронная остеотомия; 3D печать

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

**Финансирование.** Государственное бюджетное финансирование.

**Для цитирования:** Акулаев А.А., Акулаев А.Е., Тищенко К.А., Апанасенко А.О., Повалий А.А., Применение трехмерных технологий для устранения легких и средних деформаций стопы Hallux valgus l-образной модифицированной шевронной остеотомией. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №3(49). С.7–14 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-7-14>

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

Исследование одобрено этическим комитетом

### EXPERIENCE IN USING THREE-DIMENSIONAL PREOPERATIVE PLANNING AND RESECTIONS GUIDES TEMPLATES FOR SCARF OSTEOTOMY IN MILD AND MODERATE DEFORMITIES OF HALLUX VALGUS

**ANTON A. AKULAEV<sup>1</sup>, ANDREJ E. AKULAEV<sup>1</sup>, KONSTANTIN A. TISHHENKOV<sup>1</sup>, ALEKSANDR O. APANASENKO<sup>1</sup>, ANDREJ A. POVALIJ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Saint Petersburg state University, Clinic of high medical technology n. a. N.I. Pirogov, 2nd Department of traumatology and orthopedics. Saint Petersburg. 199034, Russian Federation

#### Abstract

**Relevance:** In the modern world, three-dimensional technologies are becoming more and more applicable. We propose to appreciate the possibilities of three-dimensional planning and printing when eliminating the deformation of Hallux valgus in order to increase the accuracy of chevron osteotomy.

**Purpose:** to study and test the technology of three-dimensional printing with the creation of an individual guide template when performing an L-shaped modified chevron osteotomy with Hallux valgus deformation.

**Materials and methods:** From 08.01.2017 to 05.01.2019, we operated on 53 patients (54 feet) with gradual and moderate deformity of Hallux valgus. We performed L-shaped modified chevron osteotomy in all cases. Patients were divided into 2 groups: a group with the use of computer technologies for three-dimensional planning and 3D printing of a guide template (group 1) and a control group (group 2). For evaluation, we conducted a questionnaire using the AOFAS, VASFA, MOXFQ scales before surgery, 6 months and 12 months after surgery and angle measurements HVIPA, HVA, 1-2 IMA, DMAA in 12 months after surgery.

**Results:** Both methods resulted in improvements in AOFAS, VAS, MOXFQ scores at 6 and 12 months postoperatively. In comparison of group A and group B, there were no statistically significant differences in the questionnaire. There was no statistically significant difference in the assessment of angular indicators in comparison between groups. All groups showed improvements in all angular parameters, reflecting the successful elimination of the deformity.

**Conclusions:** Based on the results of comparing both study groups, the use of 3D printing technologies in our study does not provide statistically significant advantages. However, their use allows implementing an individual approach in the design of the operation. Perhaps the method has potential in the surgeon's training system.

**Keywords:** Hallux valgus; individual approach in medicine; chevron osteotomy; 3D printing

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Akulaev A.A., Akulaev A.E., Tishhenkov K.A., Apanasenko A.O., Povalij A.A., Experience in using three-dimensional preoperative planning and resections guides templates for scarf osteotomy in mild and moderate deformities of hallux valgus. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3. pp.7–14 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-7-14>

#### Введение

Деформация Hallux valgus является наиболее распространенной патологией передней части стопы у взрослых. Частота встречаемости достигает 64% среди статических деформаций стоп по данным различных источников [1–3]. Общая распространенность HV-деформации в литературе оценивается в 23% среди лиц в возрасте от 18 до 65 лет и 35,7% среди лиц старше 65 лет [3,4]. Внедрение современных технологий постоянно обсуждается и многие вопросы по хирургической тактике до сих пор остаются спорными [5,6].

Среди причин неудовлетворённости результатами хирургического лечения HV можно выделить: неоптимальный выбор методики лечения и несовершенное владение хирургической техникой. До 1/3 пациентов могут быть недовольны результатами оперативного лечения деформации HV. Согласно исследованию Barg A. с соавт, показатели послеоперационной неудовлетворенности пациентов и появление первых послеоперационных плюснефаланговых болей составили 10,6% и 1,5% соответственно. Общая частота рецидивирующих деформаций составляет 4,9% [7]. В настоящее время количество хирургических методик для решения проблемы Hallux valgus превышает 200 модификаций [8].

Одной из оптимальных хирургических методик устранения легких и средних HV деформаций стопы является L-образная модифицированная шевронная остеотомия. Исследование Trnka с соавт. показало, что эта операция оптимальна и общепринята для коррекции легкой и умеренной HV деформации [9]. L-образная модифицированная шевронная остеотомия является наиболее часто выполняемой дистальной остеотомией для легкой вальгусной деформации, где результаты выполнения этой операции признаны отличными [10].

Соответствующий хирургический выбор и правильная техника обычно приводят к хорошим или отличным результатам. Как и любой метод, используемый для коррекции деформации переднего отдела стопы, метод L-образной модифицированной шевронной остеотомии существенно зависит от правильности исполнения и уровня хирургической техники оператора [10].

Мы считаем, что применение трехмерных технологий может позволить улучшить подготовку специалистов, осваивающих технику L-образной модифицированной шевронной остеотомии. Для проведения исследования был изобретен способ оперативного лечения пациентов с деформацией переднего отдела стопы [11]. Технология уже была апробирована в реализации остеотомии scarf [12], в том числе в аспекте обучения хирурга [13].

**Цель исследования.** Апробировать способ предопераци-

онного планирования L-образной модифицированной шевронной остеотомии при лечении пациентов с деформациями переднего отдела стопы.

### Материалы и методы

Клиническое исследование проводилось на отделении травматологии №2 клиники высоких медицинских технологий имени Н.И. Пирогова на основании данных, полученных в период с 01.08.2017 года по 01.05.2019 года.

Критерии включения в исследование:

- возраст старше 18 лет;
- наличие деформации Hallux valgus, при которой размеры углов: угол hallux valgus (HVA) более 30 градусов, первый межплюсневый угол (1-2 IMA) более 10 градусов;
- клинически проявленный болевой синдром.

Критерии исключения:

- индекс массы тела более 30;
- наличие сахарного диабета;
- наличие ревматоидных заболеваний;
- наличие сосудистой и неврологической патологии.
- наличие патологии коленных и тазобедренных суставов.

Мы включили в исследование 53 пациента (54 стопы), которые случайным образом попали в одну из исследуемых групп. Всем пациентам мы выполнили L-образную модифицированную шевронную остеотомию. В первой группе (группа А) исследовались данные пациентов, в лечении которых использовалось предоперационное 3D планирование в виртуальной среде с последующим созданием индивидуального шаблона-направителя для проведения остеотомии. Первая группа (группа А) была представлена 26 пациентами (27 стоп), средний возраст которых составил 53 лет ( $\pm 12,9$ ), 100% группы было представлено женщинами. Вторая группа исследования (группа Б) – пациенты, предоперационное планирование хирургического вмешательства которых проводилось без использования 3D технологий. Группа Б была представлена 27 пациентами (27 стоп). Средний возраст в группе составил 55 лет ( $\pm 13,3$ ), 100% группы - женщины. В исследовании использовалась клиническая и рентгенологическая оценка. Всем пациентам проводилось анкетирование с использованием баллов AOFAS (100 баллов) и VAS (100 баллов), MOXFQ (100 баллов), которое было выполнено до операции, через 6 месяцев и 12 месяцев после операции. В предоперационное обследование пациентов группы А входило применение мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с нагрузкой. Использовался томограф Toshiba Aquilion 64. Данные томографии обрабатывались в специально адаптированном для анатомических 3D-моделей программном обеспечении. Для воссоздания нагрузки использовался аналог изобретения, созданный авторами Терновой С.К. и др. [14]. Мультиспиральная компьютерная томография с нагрузочной пробой позволяет оценивать

состояние, взаимное расположение и степень деформации костей и суставов стоп в трехмерном пространстве. Проводилось виртуальное моделирование шевронной остеотомии с последующими разработкой и созданием шаблона-направителя для ее проведения. Создание моделей проводилось на 3D-принтерах STRATASYS, работающих по технологии PolyJet. Всем пациентам выполнялась рентгенограмма в дорсоплантарной и латеральной проекциях сразу после операции и через 3 месяца после нее. Через 12 месяцев после операции оценивались 4 рентгенографических измерений: hallux valgus межфаланговый угол (HVIP), угол hallux valgus (HVA), первый межплюсневый угол (1-2 IMA), угол наклона дистальной суставной поверхности к оси первой плюсневой кости (DMAA). Первая и вторая плюсневые оси были определены в соответствии с Coughlin с соавт [15].

### Статистические методы

При расчете данных использовалась программа Statistica v.12 с применением встроенных пакетов расчетов по критериям. Для определения нормальности распределения выборки применялись критерии Колмогорова и ShapiroWilk. Для определения непрерывных величин использовался критерий Манна-Уитни для независимых непараметрических выборок и t-критерий Стьюдента для независимых параметрических выборок. Критерий Вилконсона применялся при вычислении статистических данных для зависимых параметрических выборок, критерий Фридмана использовался для зависимых непараметрических выборок для 3х групп сравнения.

### Методики предоперационного планирования

#### Этапы предоперационного планирования без использования 3D моделирования

1. Для подготовки к оперативному вмешательству в стандарт исследования входит рентгенологический снимок 2х стоп с нагрузкой в двух проекциях: дорсоплантарной и боковой.

На основании рентгенологического снимка измеряются следующие 4 рентгенографических измерений и проведение последующей оценки: HVIP, HVA, 1-2 IMA, DMAA [15].

2. На основе этих данных рассчитывается предположительная степень коррекции при остеотомии плюсневых костей и основных фаланг пальцев стопы.

#### Этапы планирования корригирующей остеотомии на основании 3D-модели, создание шаблона-направителя.

1. На основе данных МСКТ двух стоп с нагрузкой в программе для 3D-моделирования создается трехмерная модель стоп (рис. 1)

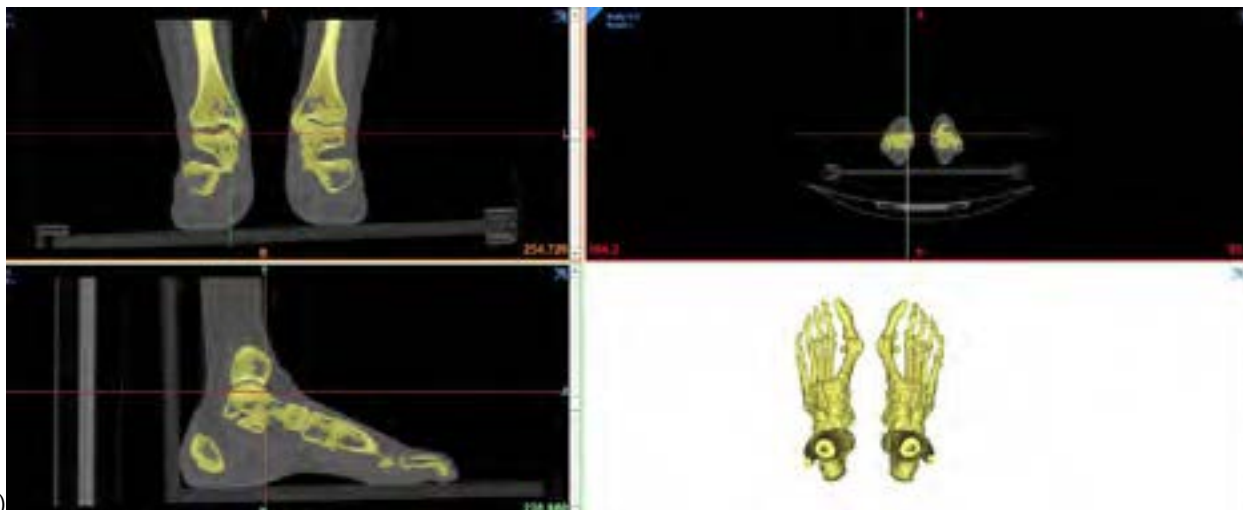


Рис. 1. Конвертация данных компьютерной томографии стоп с нагрузкой

2. В трехмерном пространстве производится расчет исходных измерений, отражающих деформацию стопы: HVIP, HVA, 1-2 IMA, DMAA.

3. Производится моделирование удаления медиального экзостоза головки 1-й плюсневой кости, а также производится моделирование опиления плюсневой кости для проведения дистальной L-образной модифицированной шевронной остеотомии

4. Производится опиление 1-й плюсневой кости и смещение опиления с достижением достаточной степени коррекции (рис. 2)

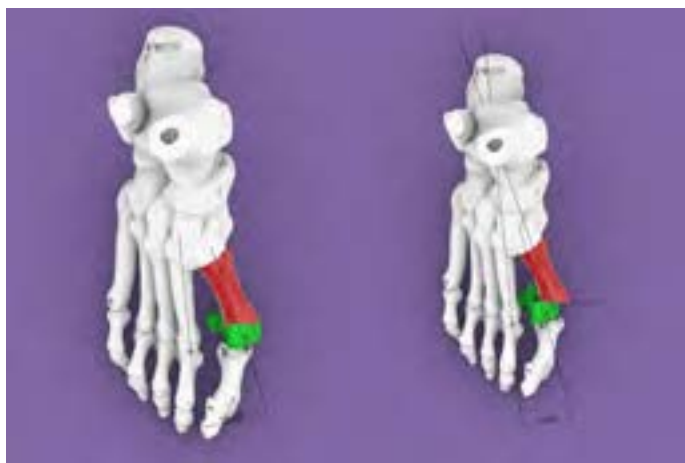


Рис. 2. Виртуальное смещение опиления 1 плюсневой кости

5. Производится контрольное измерение HVA, IMA, длины первой плюсневой кости, рассчитывается разница в длине по отношению к другим плюсневым костям. Применяется расчет metatarsal depth angle

6. Производится моделирование резекционного блока на основании данных, полученных в результате виртуального

проведения операции. Производится изготовление шаблона-направителя и его подготовка к операции. (рис.3).



Рис. 3. Шаблон-направитель для проведения дистальной L-образной модифицированной шевронной остеотомии .

#### Хирургическая техника:

Хирургическое вмешательство выполнялось одним и тем же хирургом. По протоколу анестезии всем пациентам проводилась регионарная блокада седалищного нерва под ультразвуковой визуализацией. Все хирургические операции проводились в положении лежа на спине, использовался пневматический жгут. Доступ и выполнение релиза мягких тканей в обеих группах выполнялись с использованием одной и той же техники. Избыточная ткань, которая сформировалась вследствие бурсита, удалялась одним и тем же способом. Выполнение остеотомий: удаление медиального экзостоза головки первой плюсневой кости, L-образная модифицированная шевронная остеотомия проводились с осуществлением 3D планирования, созданием шаблонов и их интероперационным применением в исследуемой группе. Остеотомии в контрольной группе производились

хирургом без использования шаблонов-направителей, тактика хирурга была основана на его клиническом опыте. Остеотомии в обеих группах производились осциллирующей пилой. Смещение отломков плюсневой кости, установка винта производились эмпирически, основываясь на интраоперационном выборе хирурга. Проведение операции остеотомии основных фаланг первого и второго пальцев, малоинвазивная коррекция 2,3,4,5 плюсневых костей также проводились на основании опыта хирурга, решение принималось интраоперационно. После завершения остеотомии и фиксации оценивали конгруэнтность плюснефалангового сустава и расположение сесамовидной кости. После принятия решения об удовлетворительном устранении деформации производился плотный шов капсулы сустава. Перед закрытием раны жгут снимали и обеспечивали гемостаз.

Таблица 2.

## Оценка угловых показателей устранения деформации

	HVIPA	HVA	1-2 IMA	DMAA
Группа А	6,53±3,10	7,17±4,19	7,66±2,01	6,92±2,59
Группа Б	7,78±5,34	6,86±2,94	8,23±2,70	6,18±2,49
p-уровень	0,21	0,89	0,75	0,89

## Результаты:

53 пациента с деформацией переднего отдела стопы (54 стопы), получавших хирургическое лечение в нашем учреждении, соответствовали нашим критериям и были включены в настоящее исследование. Для анализа мы разделили пациентов на 2 группы в зависимости от объема предоперационного обследования: с использованием 3D планирования, последующим созданием и применением индивидуального шаблона-направителя (группа А) и без него (группа Б). В клинической оценке оба метода привели к улучшению показателей AOFAS, VAS, MOXFQ на 6-й и 12-й месяц после операции. При оценке показателей AOFAS между группой А 83,25±9,56 и группой Б 81,11±15,76 ( $p=0,547531$ ), VAS FA в сравнении группы А 85,07±11,57 и группы Б 89,12±11,61 ( $P=0,111476$ ), а также при оценке MOXFQ в сравнении группы А 43,28±11,60 и группы Б 37,17±15,22 ( $P=0,076189$ ) не наблюдалось статистически значимых различий.

При наблюдении в динамике в группе А отмечались значительные улучшения на 6-й месяц при оценке по всем шкалам: AOFAS = 78,29±10,97 ( $p=0,000094$ ), VAS = 78,57±15,56 ( $p=0,000997$ ), MOXFQ = 48,14±14,42 ( $p=0,003390$ ). В группе Б также наблюдались значимые результаты: AOFAS = 76,44±17,31 ( $p=0,000003$ ) и VASFA 76,92±14,90 ( $p=0,002545$ ).

На 12-й месяц во всех группах, исходя из результатов анкетирования, достигнуты хорошие результаты лечения. По всем анкетам достигнуты значимые различия.

Существенной статистически значимой разницы в сравнении между группами не было выявлено. (Табл. 2)

При оценке угловых показателей оба метода показали сопоставимые результаты в HVA, IMA. Отмечаются лучшие результаты в группе А по показателю HVIP. Во всех группах отмечаются улучшения всех угловых показателей, отражающих успешное устранение деформации.

## Дискуссия:

Для лечения легкой и средней деформации HV наиболее часто применимыми операциями являются остеотомия scarf и шевронная остеотомия [7–9]. Освоение методики шевронной

## Послеоперационное ведение:

В обеих группах мы применяли одинаковый послеоперационный режим. Имобилизация переднего отдела стопы производилась ортезом (послеоперационная обувь Барука) в течение четырех недель. Пациентам разрешалось в течение первых четырех недель ходить в послеоперационной обуви, а затем, после ее снятия, проводился комплекс лечебной физической культуры по протоколу. Швы снимались на 10-14 сутки после операции.

Таблица 1.

## Результаты клинической оценки пациентов с использованием анкетирования по шкалам AOFAS, VAS FA, MOXFQ.

	AOFAS	VAS FA	MOXFQ
Группа А до операции 59,70 ±16,13		61,35±15,91	62,26±15,26
Группа А 6 месяцев после операции	78,29±10,97	78,57±15,56	48,14±14,42
Группа А год после операции	83,25±9,56	85,07±11,57	43,28±11,60
Группа Б до опера- ции	56,37±18,07	62,01±19,13	59,81±16,32
Группа Б 6 месяцев после операции	76,44±17,31	76,92±14,90	51,15±17,72
Группа Б год после операции	81,11±15,76	89,12±11,61	37,17±15,22
p-уровень (между группами на 6 месяцев)	0,722852	0,505380	0,496778
p-уровень (между группами на 12 месяцев)	0,547531	0,111476	0,076189

остеотомии целесообразно, так как методика дает хорошие результаты по шкале оценки результатов лечения стопы и голеностопного сустава (FAOS) [16].

Особенности линии опиала при шевронной остеотомии не оставляет больших возможностей для выбора площади соприкосновения шаблона-направителя с костью. Именно этот фактор повлиял на выбор L-образной модифицированной шевронной остеотомии, так как она увеличивает площадь соприкосновения. Следует отметить, что L-образная остеотомия сочетает в себе преимущество стабильности, сходные с scarf остеотомией и преимущества относительно малой инвазии при шевронной остеотомии [17].

Хорошие результаты были зафиксированы в обеих исследуемых группах. Существуют исследования, в которых отражены отдаленные результаты применения L-образной модифицированной шевронной остеотомии, где Deenik A.R. с соавт. в 2007 г. получили следующие данные: HVA  $17.2 \pm 5.8$ , IMA  $10.3 \pm 1.9$ , AOFAS  $89.0 \pm 12.2$  [18]. Mahadevan D. с соавторами в 2015 г. - HVA  $14.3 \pm 7.4$ , IMA  $5.8 \pm 2.5$  [19].

Результаты нашего исследования сопоставимы с данными литературы. Основываясь на этом, нельзя сказать, что метод применения трехмерного предоперационного планирования эффективнее с точки зрения клинических данных и данных инструментальных исследований. Результаты сопоставимы и оцениваются как хорошие.

По мнению Zhang Y. с соавт. воссоздание операции в трехмерной среде и проектировка шаблона может создать условия для конкретного пациента для точной остеотомии для HV, что приводит к увеличению площади контакта и точному соединению концов остеотомии [20].

Технология трехмерного моделирования показала хорошие результаты при лечении HV в исследовании Ху, Y. с соавт. [21]. Zhang Y.H. с соавторами получил статистически значимый результат: в группе с 3D планированием был получен IMA= $5.21(\pm 0.88)$ , в то время как в контрольной в группе IMA= $6.42(\pm 0.85)$ . Были найдены достоверные различия между двумя группами ( $P < 0,05$ ). Также между группой с 3D планированием и группой без него ( $P < 0,05$ ) наблюдалось статистически значимое различие показателя AOFAS:  $88,15 \pm 5,19$  и  $82,90 \pm 5,01$  соответственно [22].

Следует отметить, что результаты могут иметь ошибки из-за малой выборки. Требуется большее количество исследований для получения более объективных данных. Кроме этого, время наблюдения было недостаточным для полноценной оценки отдаленных осложнений устранения деформаций, таких как рецидив деформации HV [15], рецидивирующие и вторичные метатарзалгии [23], инфекционные осложнения [23], рецидивирующая деформация hallux valgus [24] и необходимость вторичных процедур [23,25]. В нашем исследовании не было зафиксировано осложненных случаев.

С технической точки зрения проектировка и создание шаблона-направителя достаточно трудны. Это обусловлено анатомическим строением плюсневой кости и линией прове-

дения опиала. На ней мало «рельефных» точек, которые можно использовать. Мы учитываем, что в таких условиях перенос данных, полученных в виртуальном измерении на реальную операцию, содержит субъективные ошибки на этапе интраоперационного установления шаблона. Также среди технических недостатков метода выявляется сохранение субъективного фактора при выполнении смещения опилов кости после выполнения остеотомии. Несмотря на то, что расчетные угловые показатели перед операцией просчитывались, выставление углов интраоперационно выполнялось с помощью миллиметровой линейки, что также содержит в себе вероятность субъективных ошибок.

Следует сказать, что применение всего комплекса трехмерного планирования является громоздким и в рутинной практике неоправданным, в сравнении с традиционным протоколом подготовки операции. Однако технология имеет потенциал для реализации моделирования при обучении хирургической техники L-образной модифицированной шевронной остеотомии.

#### Заключение:

Мы разработали и создали систему планирования, которая должна помочь в процессе выполнения операции L-образной модифицированной шевронной остеотомии. Мы считаем, что применение трехмерных технологий поможет в реализации индивидуального подхода при подготовке и проведении операции корригирующей остеотомии. Применение технологии может быть актуальным при подготовке молодых хирургов. Требуется дальнейшее изучение возможности применения технологии.

#### Список литературы / References:

1. Perera AM, Mason L, Stephens MM. The pathogenesis of hallux valgus. J Bone Joint Surg Am. 2011 Sep 7;93(17):1650-61. doi: 10.2106/JBJS.H.01630. PMID: 21915581.
2. Hecht PJ, Lin TJ. Hallux valgus. Med Clin North Am. 2014 Mar;98(2):227-32. doi: 10.1016/j.mcna.2013.10.007. Epub 2013 Dec 8. PMID: 24559871.
3. Nix SE, Vicenzino BT, Collins NJ, Smith MD. Characteristics of foot structure and footwear associated with hallux valgus: a systematic review. Osteoarthritis Cartilage. 2012 Oct;20(10):1059-74. doi: 10.1016/j.joca.2012.06.007. Epub 2012 Jul 5. PMID: 22771775.
4. Fraissler L, Konrads C, Hoberg M, Rudert M, Walcher M. Treatment of hallux valgus deformity. EFORT Open Rev. 2016 Aug 25;1(8):295-302. doi: 10.1302/2058-5241.1.000005. PMID: 28660074; PMCID: PMC5467633.
5. Crevoisier X, Assal M, Stanekova K. Hallux valgus, ankle osteoarthritis and adult acquired flatfoot deformity: a review of three common foot and ankle pathologies and their treatments. EFORT Open Rev. 2017 Mar 13;1(3):58-64. doi: 10.1302/2058-5241.1.000015. PMID: 28461929; PMCID: PMC5367591.



6. Harrison WD, Walker CR. Controversies and Trends in United Kingdom Bunion Surgery. *Foot Ankle Clin.* 2016 Jun;21(2):207-17. doi: 10.1016/j.fcl.2016.01.001. Epub 2016 Apr 6. PMID: 27261802.
7. Barg A, Harmer JR, Presson AP, Zhang C, Lackey M, Saltzman CL. Unfavorable Outcomes Following Surgical Treatment of Hallux Valgus Deformity: A Systematic Literature Review. *J Bone Joint Surg Am.* 2018 Sep 19;100(18):1563-1573. doi: 10.2106/JBJS.17.00975. PMID: 30234626; PMCID: PMC6636801.
8. Сорокин Е. П., Карданов А. А., Ласунский С. А., Безгодков Ю. А., Гудз А. И. (2011). Хирургическое лечение вальгусного отклонения первого пальца стопы и его возможные осложнения (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*, (4), 123-130. [Sorokin E. P., Kardanov A. A., Lasunskii S. A., Bezgodkov YU. A., Gudz A. I. (2011). Surgical treatment of hallux valgus and its possible complications (review). *Travmatologiya i ortopediya Rossii*, (4), 123-130] in Russian doi: 10.21823/2311-2905-2011--4-123-130
9. Jeyaseelan L, Chandrashekar S, Mulligan A, Bosman HA, Watson AJ. Correction of moderate to severe hallux valgus with combined proximal opening wedge and distal chevron osteotomies: a reliable technique. *Bone Joint J.* 2016 Sep;98-B(9):1202-7. doi: 10.1302/0301-620X.98B9.35984. PMID: 27587521.
10. Wülker N, Mittag F. The treatment of hallux valgus. *Dtsch Arztebl Int.* 2012 Dec;109(49):857-67; quiz 868. doi: 10.3238/arztebl.2012.0857. Epub 2012 Dec 7. PMID: 23267411; PMCID: PMC3528062.
11. Fedotov, YU. N., Akulaev, A. A., Filippova, A. V., Turbin, K. O., Zakharov, K. I., Markin, S. A., Kozlov O.A., Tishchenkov K.A., Egorova, V. V. Sposob operativnogo lecheniya patsientov s deformatsiei perednego ot dela stopy. 2019 [Method for surgical management of patients with anterior foot deformation]. Patent № 2 708 880, 2019 (in Russ.)
12. Акулаев А.А., Повалий А.А., Опыт применения трехмерного предоперационного планирования и резекционных шаблонов-направителей при остеотомии scarf при легких и средних деформациях Hallux Valgus// Кафедра травматологии и ортопедии. 2021.№2(44). С.41- 48. [Akulaev A.A., Povalii A.A., Experience in using three-dimensional preoperative planning and resections guides templates for scarf osteotomy in mild and moderate deformities of Hallux Valgus. Department of Traumatology and Orthopedics. 2021.№2(44). pp.41-48] in Russian doi: 10.17238/issn2226-2016.2021.2
13. Акулаев А.А., Повалий А.А. Практическое применение навигационных шаблонов в обучении хирурга технике корригирующей остеотомии scarf. Современные проблемы науки и образования. 2021. № 2. P. 155. [Akulaev A.A., Povalii A.A. Practical application of navigation templates in the training of the surgeon technique of corrective osteotomy scarf. Modern problems of science and education. 2021. № 2. P. 155.] in Russian doi: 10.17513/spno.30685
14. Терновой С.К., Серова Н.С., Беляев А.С., Бобров Д.С., Терновой К.С. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике плоскостопия взрослых. *REJR.* 2017; 7 (1):94-100. [Ternovoi S.K., Serova N.S., Belyaev A.S., Bobrov D.S., Ternovoi K.S. Methodology of functional multispiral computed tomography in the diagnosis of adult flatfoot.] in Russian doi: 10.21569/2222-7415- 2017-7-1-94-100.
15. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int.* 2007 Jul;28(7):759-77. doi: 10.3113/FAI.2007.0759. PMID: 17666168.
16. van Groningen B, van der Steen MC, Reijman M, Bos J, Hendriks JG. Outcomes in chevron osteotomy for Hallux Valgus in a large cohort. *Foot (Edinb).* 2016 Dec;29:18-24. doi: 10.1016/j.foot.2016.09.002. Epub 2016 Sep 19. PMID: 27888787.
17. Brogan K, Lindisfarne E, Akehurst H, Farook U, Shrier W, Palmer S. Minimally Invasive and Open Distal Chevron Osteotomy for Mild to Moderate Hallux Valgus. *Foot Ankle Int.* 2016 Nov;37(11):1197-1204. doi: 10.1177/1071100716656440. Epub 2016 Jul 4. PMID: 27381179.
18. Deenik AR, Pilot P, Brandt SE, van Mameren H, Geesink RG, Draijer WF. Scarf versus chevron osteotomy in hallux valgus: a randomized controlled trial in 96 patients. *Foot Ankle Int.* 2007 May;28(5):537-41. doi: 10.3113/FAI.2007.0537. PMID: 17559759.
19. Mahadevan D, Lines S, Hepple S, Winson I, Harries W. Extended plantar limb (modified) chevron osteotomy versus scarf osteotomy for hallux valgus correction: A randomised controlled trial. *Foot Ankle Surg.* 2016 Jun;22(2):109-13. doi: 10.1016/j.fas.2015.05.012. Epub 2015 Jun 8. PMID: 27301730.
20. Zhang, Y., LU, Q., MO, W., Zhang, L., Jiang, Z., XU, Z. Computer-aided modification of Reverdin osteotomy template for hallux valgus. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma.* 2018. P. 897–900. in Chinese doi:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2018.10.012
21. Xu Y, Liu S, Hu J, Zhang H, Yao Q, Wang L. [Clinical study of three-dimensional printed navigation template assisted Ludloff osteotomy in treatment of moderate and severe hallux valgus]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2018 Jul 15;32(7):906-911. In Chinese. doi: 10.7507/1002-1892.201801163. PMID: 30129316; PMCID: PMC8435976.
22. Zhang YH, Bi DW, Chen YM, Zu G, Ma HT. [Application of three-dimensional printing technology to design individual angle section on Chevron of hallux valgus osteotomy]. *Zhongguo Gu Shang.* 2018 Mar 25;31(3):203-207. In Chinese. doi: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.03.002. PMID: 29600667.
23. Park YB, Lee KB, Kim SK, Seon JK, Lee JY. Comparison of distal soft-tissue procedures combined with a distal chevron osteotomy for moderate to severe hallux valgus: first web-space versus transarticular approach. *J Bone Joint Surg Am.* 2013 Nov 6;95(21):e158. doi: 10.2106/JBJS.L.01017. PMID: 24196470.
24. Bock P, Kluger R, Kristen KH, Mittlböck M, Schuh R, Trnka HJ. The Scarf Osteotomy with Minimally Invasive Lateral Release for Treatment of Hallux Valgus Deformity: Intermediate and Long-Term Results. *J Bone Joint Surg Am.* 2015 Aug 5;97(15):1238-45. doi: 10.2106/JBJS.N.00971. PMID: 26246258.
25. Glazebrook M, Copithorne P, Boyd G, Daniels T, Lalonde KA, Francis P, Hickey M. Proximal opening wedge osteotomy with wedge-plate fixation compared with proximal chevron osteotomy for the treatment of hallux valgus: a prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 2014 Oct 1;96(19):1585-92. doi: 10.2106/JBJS.M.00231. PMID: 25274783.

## Информация об авторах:

**Акулаев Антон Андреевич** – заведующий отделением, врач травматолог-ортопед, 2-е травматологическое отделение, Санкт-Петербургский государственный университет, клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова. Санкт-Петербург, Российская Федерация, E-mail: antonakulaev@gmail.com

**Акулаев Андрей Евгеньевич** - врач травматолог-ортопед, 2-е травматологическое отделение, Санкт-Петербургский государственный университет, клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова. Санкт-Петербург, Российская Федерация, E-mail: andrejakulaev@gmail.com

**Тищенко Константин Александрович** - врач травматолог-ортопед, 2-е травматологическое отделение, Санкт-Петербургский государственный университет, клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова. Санкт-Петербург, Российская Федерация, E-mail: drmutabor@yandex.ru

**Апанасенко Александр Олегович** - начальник отдела аддитивных и биоинженерных технологий, Санкт-Петербургский государственный университет, клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова. Санкт-Петербург, Российская Федерация, E-mail: 3dlabspbgu@gmail.com

**Повалий Андрей Александрович** - врач травматолог-ортопед, 2-е травматологическое отделение, Санкт-Петербургский государственный университет, клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова. Санкт-Петербург, Российская Федерация, E-mail: povandrey16@yandex.ru

## Information about authors:

**Akulaev Anton Andreevich** – head of the department, orthopedic surgeon, Saint Petersburg state University, Clinic of high medical technology n. a. N.I. Pirogov, 2nd Department of traumatology and orthopedics. Saint Petersburg. Russian Federation, E-mail: antonakulaev@gmail.com

**Akulaev Andrej Evgen'evich** - orthopedic surgeon, Saint Petersburg state University, Clinic of high medical technology n. a. N.I. Pirogov, 2nd Department of traumatology and orthopedics. Saint Petersburg. Russian Federation, E-mail: andrejakulaev@gmail.com

**Tishhenkov Konstantin Aleksandrovich** - orthopedic surgeon, Saint Petersburg state University, Clinic of high medical technology n. a. N.I. Pirogov, 2nd Department of traumatology and orthopedics. Saint Petersburg. Russian Federation, E-mail: drmutabor@yandex.ru

**Apanasenko Aleksandr Olegovich** - Head of the Department of Additive and Bioengineering Technologies, Saint Petersburg state University, Clinic of high medical technology n. a. N.I. Pirogov, 2nd Department of traumatology and orthopedics. Saint Petersburg. Russian Federation, E-mail: 3dlabspbgu@gmail.com

**Povalij Andrej Aleksandrovich** - orthopedic surgeon, Saint Petersburg state University, Clinic of high medical technology n. a. N.I. Pirogov, 2nd Department of traumatology and orthopedics. Saint Petersburg. Russian Federation, E-mail: povandrey16@yandex.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-15-21>

УДК 617.581

© М.А. Горохов, Н.В. Загородний, В.И. Кузьмин, Т.Г. Шарамко, 2022

Оригинальная статья / Original article



## РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА МЕТОДОМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ДЕНЕРВАЦИИ

М.А. ГОРОХОВ<sup>1</sup>, Н.В. ЗАГОРОДНИЙ<sup>2,3</sup>, В.И. КУЗЬМИН<sup>1</sup>, Т.Г. ШАРАМКО<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Многопрофильный медицинский центр Банка России, Москва, 117593, Россия.

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, 127299, Россия.

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, 117198, Россия.

### Аннотация.

**Введение:** лечение пациентов с болевым синдромом при дегенеративных заболеваниях тазобедренного сустава является актуальной проблемой современного здравоохранения в связи с высокой распространенностью и ростом за последние годы.

**Цель исследования** - изучение эффективности применения радиочастотной денервации (РЧД) тазобедренного сустава при дегенеративных заболеваниях в сравнении с консервативным лечением в различные сроки.

**Материалы и методы:** под нашим наблюдением с 2012 по 2022 год находилось 232 пациента в возрасте от 26 до 84 лет с дегенеративными заболеваниями тазобедренного сустава, из которых 131 составили основную группу, где выполнялась РЧД, а 101 контрольную группу консервативного лечения. С целью оценки эффективности лечения у пациентов обеих групп мы использовали «Harris Hip Score» до лечения, через 1 месяц, 6 месяцев и 12 месяцев после, а также визуально-аналоговую шкалу (ВАШ) - до лечения, а также на 1 сутки, 1 месяц, 6 месяцев и 12 месяцев после лечения. Средняя длительность наблюдения составила 1,7 года. Результаты: в группе РЧД отмечено статистически значимое более скорое, выраженное и длительное снижение интенсивности болевого синдрома при коксартрозе I, II, III, IV стадии относительно контрольной группы консервативного лечения.

**Заключение:** представленные в статье результаты исследования позволяют говорить о преимуществе снижения боли методом радиочастотной денервации над консервативным лечением.

**Ключевые слова:** радиочастотная денервация, тазобедренный сустав, коксартроз, ВАШ, Harris Hip Score.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

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

**Для цитирования:** Горохов М.А., Загородний Н.В., Кузьмин В.И., Шарамко Т.Г., Результаты лечения дегенеративных заболеваний тазобедренного сустава методом радиочастотной денервации. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022.№3(49). С.15-21 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-15-21>

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

## RESULTS OF TREATMENT OF DEGENERATIVE DISEASES OF THE HIP JOINT BY RADIOFREQUENCY DENERVATION

MIKHAIL A. GOROKHOV<sup>1</sup>, NIKOLAI V. ZAGORODNIY<sup>2,3</sup>, VYACHESLAV I. KUZMIN<sup>1</sup>, TARAS G. SHARAMKO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg state University, Clinic of high medical technology n. a. N.I. Pirogov, 2nd Department of traumatology and orthopedics. Saint Petersburg. 199034, Russian Federation

### Abstract.

**Introduction:** The treatment of patients with pain in degenerative diseases of the hip joint is an urgent problem of modern health care due to the high prevalence and growth in recent years.

The purpose of the study was to study the effectiveness of the use of radiofrequency denervation (RFD) of the hip joint in degenerative diseases in comparison with conservative treatment at various times. Conclusion: the results of the study presented in the article allow us to speak about the advantage of pain reduction by radiofrequency denervation over conservative treatment.

**Materials and methods:** from 2012 to 2022, we observed 232 patients aged 26 to 84 years with degenerative diseases of the hip joint, of which 131 were the main group, where RFD was performed, and 101 were the control group of conservative treatment. In order to assess the effectiveness of treatment in patients of both groups, we used the Harris Hip Score before treatment, 1 month, 6 months and 12 months after, as well as a visual analog scale (VAS) - before treatment, as well as on day 1, 1 month, 6 months and 12 months after treatment. The mean duration of follow-up was 1.7 years.

**Results:** in the RFD group, there was a statistically significant faster, pronounced and prolonged decrease in the intensity of pain syndrome in coxarthrosis stages I, II, III, IV relative to the control group of conservative treatment.

**Conclusion:** the results of the study presented in the article allow us to speak about the advantage of pain reduction by radiofrequency denervation over conservative treatment.

**Keywords:** radiofrequency denervation, hip joint, coxarthrosis, VAS, Harris Hip Score.

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Gorokhov M.A., Zagorodny N.V., Kuzmin V.I., Sharamko T.G., Results of treatment of degenerative diseases of the hip joint by radiofrequency denervation. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№3. pp.15–21 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-15-21>

## Введение

Дегенеративные заболевания тазобедренного сустава, такие как остеоартрит, асептический некроз головки бедра, ревматоидные и инфекционные артриты, врожденные заболевания и другие, представляют огромную проблему в современной клинической медицине в связи с наличием стойкого болевого синдрома, неуклонным ростом количества больных за счет увеличения лиц молодого возраста, а также неэффективностью существующих методов лечения, значительным количеством осложнений и рецидивов, что приводит к повышенным экономическим затратам как в связи с нетрудоспособностью, так и с инвалидностью пациентов [1, 2, 3]. По данным различных авторов более 10 % населения земного шара подвержены остеоартриту из всех заболеваний опорно-двигательного аппарата [4], а прирост среди населения России составляет более 35% за последние несколько лет [5, 6].

Консервативные методы лечения способны вызвать временный положительный эффект и не всегда способны предотвратить прогрессирование заболевания. Применение же хирургических методов в лечении дегенеративных заболеваний тазобедренного сустава нашли широкое распространение в современной ортопедии, однако и они имеют ряд недостатков и осложнений [7, 8]. В первую очередь это касается эндопротезирования, которое сопровождается риском тяжелых осложнений и высокой травматичностью, а также, по данным мировой и отечественной медицинской статистики, сопровождается сохранением боли у 17-20 % пациентов [9, 10]. Болевой синдром, развивающийся при дегенеративных нарушениях в тазобедренном суставе, не всегда поддается диагностике, а значит, возможно проведение неадекватного лечения.

В настоящее время, с целью повышения качества и эффективности лечения пациентов с болевым синдромом при дегенеративных заболеваниях суставов без значительного удорожания медицинских услуг, актуален поиск малоинвазивных методов. Одним из которых является радиочастотная денервация (РЧД).

РЧД не может быть представлена как новая методика, но до сих пор ее эффективность вызывает некоторые сомнения у травматологов-ортопедов. Это может быть обусловлено малым количеством публикаций по данной тематике, а также отсутствием в них доказанной эффективности на большом клиническом материале в сравнении с контрольной группой консервативного лечения и длительным периодом наблюдения [11, 12, 13].

## Цель исследования

Определение эффективности метода радиочастотной денервации тазобедренного сустава при дегенеративных заболеваниях в сравнении с консервативным лечением.

## Материалы и методы.

Рандомизированное контролируемое одноцентровое исследование проводилось в Многопрофильном медицинском центре Банка России с 2012 по 2022 год, включено в исследование 232 пациента.

Критерии включения в исследование были следующие: 1) пациенты обоого пола в возрасте от 18 до 85 лет с дегенеративными заболеваниями тазобедренного сустава различной стадии; 2) наличие письменного информированного согласия пациента.

Критериями невключения были: 1) психические отклонения в стадии обострения, деменция; 2) болевой синдром, вызванный висцеральными патологическими процессами в разных анатомических областях с той же сегментарной иннервацией: вертельной области, пояснично-крестцовый отдел позвоночника (назначалась консультация невролога, а при необходимости вертебролога для проведения дифференциальной диагностики).

Критерии исключения применяли в ходе обследования и сбора анамнеза у пациентов: 1) отказ пациента от участия в исследовании; 2) беременность и кормление грудью; 3) противопоказания к РЧД.

В результате собранного анамнеза у 232 больных установлен первичный диагноз, послуживший причиной нарушения функции тазобедренного сустава и потребовавший лечения (таблица 1).

Таблица 1

**Распределение больных в зависимости от первичного диагноза**

Диагноз	код МКБ 10	Количество наблюдений, n (%)
Идиопатический коксартроз	M16.0	106 (45,7%)
Асептический некроз головки бедренной кости	M87.0	50 (21,5%)
Диспластический коксартроз	M16.2, M16.3	41 (17,7%)
Посттравматический коксартроз	M16.4, M16.5	25 (10,8%)
Ревматоидный артрит	M05, M06	7 (3%)
Системная красная волчанка	M32	2 (0,9%)
Псориатическая артропатия	M07	1 (0,4%)
<b>Всего:</b>		<b>232 (100%)</b>

Пациенты были разделены на 2 группы: 1) основная группа - лечение с выполнением радиочастотной денервации тазобедренного сустава по нашей методике [14, 15]; 2) контрольная группа консервативного лечения. Пациентам данной группы проводилось комплексное амбулаторное лечение, которое включало в себя медикаментозную терапию, физиотерапию, ЛФК, выполнение внутрисуставных лечебно-диагностических блокад с анестетиком (Новокаин 0,5 % - 10,0 мл) и глюкокортикостероидом (Дипроспан 1,0 мл). В комплекс медикаментозной терапии входили следующие группы лекарственных препаратов: НПВС, анальгетические препараты, хондропротекторы, витамины группы В. Комплексная физиотерапия подбиралась индивидуально в зависимости от клинической картины и наличия противопоказаний по назначению врача профильного отделения.

Анализируемые группы были сопоставимы между собой по возрасту, полу, тяжести состояния и сопутствующей патологии. В основной группе у 131 (56,5%) пациента применялось лечение с использованием РЧД. А у 101 больного (43,5 %) группы сравнения проводилось стандартное консервативное лечение коксартроза. В отдаленном периоде наблюдения происходили конверсии в эндопротезирование после проведенного лечения в обеих группах наблюдений у пациентов с III и IV стадией.

Из 131 пациента группы РЧД 21 (16,0%) имели коксартроз I ст., 42 (32,1%) – коксартроз II ст., 44 (33,6%) – III ст. и 24 (18,3%) – IV ст. (по классификация Kellgren и Lawrence). Из общего числа 101 пациента контрольной группы 9 (8,9%) имели коксартроз I ст., 27 (26,7%) – II ст., 48 (47,6%) – III ст. и 17 (16,8%) – IV ст..

С целью оценки эффективности лечения и мониторингирования болевого синдрома у пациентов обеих групп мы использовали «Harris Hip Score» и визуально-аналоговую шкалу

(ВАШ). Пациенты самостоятельно определяли выраженность болевого синдрома по ВАШ до проведенного лечения, а также в различные сроки после его проведения (1 сутки, 1 месяц, 6 месяцев, 12 месяцев). Расчетные данные для шкалы «Harris Hip Score» заполнялись лечащим врачом до лечения, через 1 месяц, 6 месяцев и 12 месяцев после. Средняя длительность наблюдения составила 1,7 года (от 3 месяцев до 2,9 года).

Для оценки различий в величине показателей между группами использовали метод непараметрической статистики для независимых групп (критерий Манна-Уитни). Для оценки динамики показателей в одной группе в различных временных точках использовали критерий Вилкоксона. Различия считались статистически значимы при  $p < 0,05$  (вероятность не менее 95 %).

**Результаты лечения пациентов с коксартрозом I стадии.**

По визуально-аналоговой шкале у 21 пациента с коксартрозом I ст. установлено, что до РЧД интенсивность болевых ощущений составляла  $5,36 \pm 1,4$  балла, через сутки достоверное снижение интенсивности боли в 4 раза. В следующие месяцы наблюдений незначительное повышение балла, но и через 12 месяцев интенсивность болевого синдрома на уровне достоверно ниже исходного. В контрольной группе консервативного лечения у 9 пациентов с коксартрозом I ст. интенсивность боли до курса достоверно не отличалась от основной группы и составила  $5,1 \pm 1,2$  балла. В последующие сроки наименьший уровень боли по ВАШ наблюдался через 1 месяц после начала лечения, но к концу наблюдения интенсивность вернулась и даже превысила исходный балл (таблица 2).

Таблица 2.

**Средняя оценка боли по ВАШ у пациентов с коксартрозом I ст. \***

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1-е сутки	3. 1-й месяц	4. 1-й мес.	5. 12 мес.
<b>РЧД (n = 21)</b>	$5,36 \pm 1,4$	$1,27 \pm 1,1$ 1-2: $p < 0,001$	$1,45 \pm 1,5$ 1-3: $p < 0,001$	$1,76 \pm 1,3$ 1-4: $p < 0,001$	$3,24 \pm 1,5$ 1-5: $p = 0,034$ 2-5: $p = 0,038$ 4-5: $p = 0,045$
<b>Контроль (n = 9)</b>	$5,1 \pm 1,2$	$4,67 \pm 1,8$ 1-2: $p = 0,033$	$2,3 \pm 1,0$ 1-3: $p < 0,008$ 2-3: $p = 0,041$	$4,8 \pm 1,7$ 2-4: $p = 0,046$	$5,44 \pm 1,8$ 3-5: $p = 0,011$
<b>Р между группами</b>		$p < 0,001$	$P = 0,023$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

\* - указаны только сравнения, для которых  $p < 0,05$

По системе «Harris Hip Score» результаты лечения коксартроза I ст. в группе пациентов с РЧД: до вмешательства удовлетворительные ( $74,2 \pm 5,3$ ), через 1 месяц отличный результат ( $94,5 \pm 3,2$ ), через 6 месяцев отличный результат ( $90,4 \pm 2,7$ ), а через 12 месяцев хороший результат ( $85,9 \pm 4,8$ ). В контрольной группе до лечения удовлетворительные ( $73,7 \pm 4,1$ ), через 1 месяц отличный результат ( $96,2 \pm 1,5$ ), через 6 месяцев удовлетворительный ( $76,5 \pm 2,0$ ), а через 12 месяцев неудовлетворительный ( $68,4 \pm 3,3$ ) (таблица 3).

Таблица 3

Комплексная оценка состояния тазобедренного сустава «Harris Hip Score» у пациентов с коксартрозом I ст. \*

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1 месяц	3. 6 месяцев	4. 1 год
РЧД (n = 21)	$74,2 \pm 5,3$	$94,5 \pm 3,2$ 1-2: p<0,001	$90,4 \pm 2,7$ 1-3: p=0,048	$85,9 \pm 4,8$ 1-4: p=0,009 2-4: p=0,028 3-4: p=0,041
Контроль (n = 9)	$73,7 \pm 4,1$	$96,2 \pm 1,5$ 1-2: p=0,019	$76,5 \pm 2,0$ 2-3: p=0,021	$68,4 \pm 3,3$ 2-4: p=0,047
Р между группами			P=0,027	P=0,019

\* - указаны только сравнения, для которых p<0,05

### Результаты лечения пациентов с коксартрозом II стадии.

По визуально-аналоговой шкале у 42 пациентов с коксартрозом II ст. установлено, что до РЧД интенсивность болевых ощущений составляла  $6,74 \pm 2,4$  балла, через сутки достоверное снижение боли в 3 раза. В следующие месяцы наблюдений отмечено незначительное повышение балла с сохранением через 12 месяцев интенсивности болевого синдрома достоверно ниже исходного. В контрольной группе консервативного лечения 27 человек у которых интенсивность боли достоверно не отличалась от основной группы  $6,3 \pm 3,5$  балла. В последующие сроки наименьший уровень боли наблюдался через 1 месяц после начала лечения, но уже к 6 месяцам приблизилась к начальной, а в конце наблюдения интенсивность боли превысила исходный уровень (таблица 4).

По системе «Harris Hip Score» результаты лечения коксартроза II ст. в группе пациентов с РЧД: до вмешательства неудовлетворительные ( $62,2 \pm 7,9$ ), через 1 месяц отличный результат ( $93,1 \pm 6,7$ ), через 6 месяцев отличный результат

( $90,8 \pm 2,7$ ), через 12 месяцев хороший результат ( $86,5 \pm 5,8$ ). В контрольной группе до лечения: неудовлетворительные ( $65,4 \pm 3,1$ ), через 1 месяц отличный результат ( $90,6 \pm 8,1$ ), через 6 месяцев удовлетворительный результат ( $77,2 \pm 6,0$ ), а через 12 месяцев неудовлетворительный ( $57,5 \pm 10,3$ ) (таблица 5).

Таблица 4.

### Средняя оценка боли по ВАШ у пациентов с коксартрозом II ст. \*

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1-е сутки	3. мес.	4. мес.	5. 12 мес.
РЧД (n = 42)	$6,74 \pm 2,4$	$2,3 \pm 0,5$ 1-2: p<0,001	$2,15 \pm 0,4$ 1-3: p<0,001	$3,6 \pm 1,6$ 1-4: p=0,015 2-4: p=0,046	$4,7 \pm 1,9$ 1-5: p=0,041 2-5: p<0,001 3-5: p<0,001
Контроль (n = 27)	$6,3 \pm 3,5$	$5,1 \pm 0,9$ 1-2: p=0,043	$2,6 \pm 0,6$ 1-3: p<0,001 2-3: p=0,019	$5,8 \pm 2,0$ 1-4: p=0,035 3-4: p=0,009	$7,1 \pm 3,2$ 2-5: p=0,04 4-5: p=0,009
Р между группами		P=0,006		P=0,023	P=0,008

\* - указаны только сравнения, для которых p<0,05

Таблица 5.

### Комплексная оценка состояния тазобедренного сустава «Harris Hip Score» у пациентов с коксартрозом II ст. \*

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1 месяц	3. 6 месяцев	4. 1 год
РЧД (n = 42)	$62,2 \pm 7,9$	$93,1 \pm 6,7$ 1-2: p<0,001	$90,8 \pm 2,7$ 1-3: p<0,001 2-3: p=0,037	$86,5 \pm 5,8$ 1-4: p=0,027 3-4: p=0,037
Контроль (n = 27)	$65,4 \pm 3,1$	$90,6 \pm 8,1$ 1-2: p<0,001	$77,2 \pm 6,0$ 1-3: p=0,021 2-3: p=0,019	$57,5 \pm 10,3$ 2-4: p<0,001 3-4: p=0,022
Р между группами			p<0,001	p<0,001

\* - указаны только сравнения, для которых p<0,05



### Результаты лечения пациентов с коксартрозом III стадии.

По визуально-аналоговой шкале у 44 пациентов с коксартрозом III ст. установлено, что до РЧД интенсивность болевых ощущений составляла  $8,0 \pm 1,5$  балла, через сутки наблюдалось достоверное снижение примерно в 3 раза, а в следующие месяцы регистрировалось умеренное повышение балла по шкале ВАШ до 6 месяцев с сохранением уровня ниже изначального до 12 месяцев. В контрольной группе консервативного лечения 48 человек с начальным результатом  $7,6 \pm 1,2$  балла и достоверно не отличалось от основной. В следующие сроки наименьший уровень регистрировался через 1 месяц после начала лечения, но к 6 месяцу интенсивность боли достигла начальной с сохранением в дальнейшем периоде (таблица 6).

Таблица 6.

#### Средняя оценка боли по ВАШ у пациентов с коксартрозом III ст. \*

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1-е сутки	3. 1 мес.	4. 6 мес.	5. 12 мес.
РЧД (n = 44)	$8,0 \pm 1,5$	$2,6 \pm 0,6$ 1-2: $p < 0,001$	$2,5 \pm 0,5$ 1-3: $p < 0,001$	$4,75 \pm 0,9$ 1-4: $p < 0,001$ 2-4: $p < 0,001$ 3-4: $p < 0,001$	$6,1 \pm 1,5$ 1-5: $p = 0,044$ 2-5: $p = 0,01$ 3-5: $p < 0,001$
Контроль (n = 48)	$7,6 \pm 1,2$	$5,9 \pm 0,9$ 1-2: $p = 0,048$	$4,45 \pm 0,8$ 1-3: $p < 0,001$ 2-3: $p = 0,018$	$7,3 \pm 1,0$ 2-4: $p = 0,024$ 3-4: $p < 0,001$	$8,1 \pm 1,3$ 2-5: $p < 0,001$ 3-5: $p < 0,001$
Р между группами		$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$P = 0,027$

\* - указаны только сравнения, для которых  $p < 0,05$

По системе «Harris Hip Score» результаты лечения коксартроза III ст. в группе пациентов с РЧД: до вмешательства неудовлетворительные ( $44,1 \pm 15,6$ ), через 1 месяц отличный результат ( $95,2 \pm 4,2$ ), через 6 месяцев хороший результат ( $88,0 \pm 10,3$ ), а через 12 месяцев удовлетворительный ( $76,3 \pm 17,0$ ). В контрольной группе до лечения неудовлетворительные ( $39,4 \pm 13,2$ ), через 1 месяц удовлетворительные ( $73,5 \pm 19,5$ ), через 6 месяцев уже неудовлетворительные ( $53,9 \pm 12,4$ ) с дальнейшим сохранением через 12 месяцев ( $45,5 \pm 16,5$ ) (таблица 7).

Таблица 7.

#### Комплексная оценка состояния тазобедренного сустава «Harris Hip Score» у пациентов с коксартрозом III ст. \*

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1 месяц	3. 6 месяцев	4. 1 год
РЧД (n = 44)	$44,1 \pm 15,6$	$95,2 \pm 4,2$ 1-2: $p < 0,001$	$88,0 \pm 10,3$ 1-3: $p < 0,001$	$76,3 \pm 17,0$ 1-4: $p = 0,014$ 2-4: $p = 0,001$
Контроль (n = 48)	$39,4 \pm 13,2$	$73,5 \pm 19,5$ 1-2: $p < 0,001$	$53,9 \pm 12,4$ 1-3: $p = 0,017$	$45,5 \pm 16,5$ 2-4: $p = 0,05$
Р между группами		$P = 0,029$	$P = 0,08$	

\* - указаны только сравнения, для которых  $p < 0,05$

#### Результаты лечения пациентов с коксартрозом IV стадии.

По визуально-аналоговой шкале у 24 пациентов с коксартрозом IV ст. выявлено, что до РЧД интенсивность болевых ощущений составляла  $8,9 \pm 0,8$  балла, через сутки наблюдалось достоверное снижение примерно в 3 раза, а в следующие месяцы регистрировалось максимальное снижение в 1 месяц с дальнейшим умеренным повышением и сохранением уровня ниже изначального даже на 12 месяцев. В контрольной группе 17 человек с начальным результатом  $9,4 \pm 0,4$  балла достоверно не отличающемся от основной. Наименьшее снижение боли через 1 месяц после лечения, но только на 3,6 балла от исходного, с возвращением прежнего уровня к 6 месяцу (таблица 8).

По системе «Harris Hip Score» результаты лечения коксартроза IV ст. в группе пациентов с РЧД: до вмешательства неудовлетворительные ( $32,5 \pm 9,1$ ), через 1 месяц отличный результат ( $90,2 \pm 6,3$ ), через 6 месяцев удовлетворительный результат ( $72,4 \pm 12,8$ ), через 12 месяцев неудовлетворительный результат ( $50,3 \pm 17,7$ ). В контрольной группе до лечения неудовлетворительные ( $36,5 \pm 10,2$ ), через 1 месяц удовлетворительный результат ( $75,2 \pm 11,0$ ), через 6 месяцев неудовлетворительный ( $38,5 \pm 14,1$ ), с сохранением в 12 месяцев неудовлетворительного результата ( $32,3 \pm 13,5$ ) (таблица 9).

#### Выводы.

Наш клинический опыт лечения дегенеративных заболеваний тазобедренного сустава методом радиочастотной денервации после анализа статистически обработанных результатов показал, что в группе РЧД отмечено более скорое, выраженное и длительное снижение интенсивности болевого синдрома.

Таблица 8.

## Средняя оценка боли по ВАШ у пациентов с коксартрозом IV ст. \*

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1-е сутки	3. 1 мес.	4. 6 мес.	5. 12 мес.
РЧД (n = 24)	8,9±0,8	3,2±0,9 p<0,001	3,1±0,8 1-3: p<0,001	5,0±1,0 1-4: p=0,040 2-4: p=0,035 3-4: p=0,033	6,8±1,1 1-5: p<0,001 2-5: p=0,036 3-5: p<0,001 4-5: p=0,027
Контроль (n = 17)	9,4±0,4	8,7±0,7	5,8±0,7 1-3: p=0,001 2-3: p=0,019	9,0±0,9 3-4: p=0,009	9,3±0,7 3-5: p=0,006
Р между группами		p<0,001	p<0,001	p<0,001	p=0,022

\* - указаны только сравнения, для которых p&lt;0,05

Таблица 9.

## Комплексная оценка состояния тазобедренного сустава «Harris Hip Score» у пациентов с коксартрозом IV ст. \*

Сроки оценки	1. До лечения	2. 1 месяц	3. 6 месяцев	4. 1 год
РЧД (n = 24)	32,5±9,1	90,2±6,3 1-2: p<0,001	72,4±12,8 1-3: p<0,001 2-3: p<0,001	50,3±17,7 2-4: p=0,014 3-4: p=0,021
Контроль (n = 17)	36,5±10,2	75,2±11,0 1-2: p<0,001	38,5±14,1 1-3: p=0,042 2-3: p<0,001	32,3±13,5 1-4: p<0,001 3-4: p=0,031
Р между группами		P=0,038	p<0,001	P=0,015

\* - указаны только сравнения, для которых p&lt;0,05

По динамическим данным ВАШ отмечено превосходство группы лечения РЧД при различных стадиях коксартроза с сохранением низкого уровня боли в сравнении с изначальным в срок наблюдения более 1 года.

По системе оценки «Harris Hip Score» при максимальном сроке наблюдении в 12 месяцев отмечен хороший результат при коксартрозе I и II ст, а также удовлетворительный результат при III ст. и только неудовлетворительный при IV стадии коксартроза. В группе консервативного наблюдения в этот временный промежуток при всех стадиях заболевания регистрировался неудовлетворительный результат, что говорит о длительной эффективности лечения методом РЧД.

## Список литературы / References:

1. Laires P, Canhao H, Rodrigues A.M. et al. The impact of osteoarthritis on early exit from work: results from a population-based study. BMC Public Health. 2018. 18(1):472. doi:10.1186/s12889-018-5381-1
2. Портянникова О.О., Цвингер С.М., Говорин А.В., Романова Е.Н. Анализ распространенности и факторов риска развития остеоартрита в популяции // Современная ревматология. 2019. Т. 13. № 2. С. 105–111. [Portyannikova O.O., Tsvinger S.M., Govorin A.V., Romanova E.N. Analysis of the prevalence and risk factors of osteoarthritis in a population. Sovremennaya Revmatologiya. 2019; 13(2):105-111 (In Russ).] doi: 10.14412/1996-7012-2019-2-105-111.
3. Лапшина С.А., Мухина Р.Г., Мясоутова Л.И. Остеоартроз: современные проблемы терапии. // Русский медицинский журнал. 2016. Т.24. №2. С.95-101. [Lapshina S.A., Mukhina R.G., Myasoutova L.I. Osteoarthritis: current issues in the therapy. Rheumatology. Russian Medical Journal. 2016. 24(2): 95-101 (In Russ).]
4. Branco J.C. Prevalence of rheumatic and musculoskeletal diseases and their impact on health-related quality of life, physical function and mental health in Portugal: results from EpiReumaPt. National health survey. RMD Open. 2016. 2(1): e000166. doi: 10.1136/rmdopen-2015-000166.
5. Балабанова, Р.М. Динамика распространенности ревматических заболеваний, входящих в XIII класс МКБ-10, в популяции взрослого населения Российской Федерации за 2000-2010 гг. // Научно-практическая ревматология. 2012. Т.50. № 3. С. 10-12. [Balabanova R.M. Dynamics of the prevalence of rheumatic diseases included in the XIII class of ICD-10 in the adult population of the Russian Federation for 2000-2010. Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya. 2012. 50(3):10-12 (In Russ).]
6. Балабанова Р. М. и др. Заболеваемость болезнями костно-мышечной системы в Российской Федерации за 2015-2016 гг. // Научно-практическая ревматология. 2018. Т. 56. № 1. С. 15-21. [Balabanova R.M. et al. The incidence of musculoskeletal diseases in the Russian Federation over 2015–2016. Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya. 2018; 56(1):15-21 (In Russ).] doi: 10.14412/1995-4484-2018-15-21.
7. Xu H. F. et al. Medicaid insurance as primary payer predicts increased mortality after total hip replacement in the state inpatient databases of California, Florida and New York. Journal of clinical anesthesia. 2017. 43: 24-32. doi: 10.1016/j.jclinane.2017.09.008
8. Сивец Н.Ф., Бабарень В.В., Даниленко О.А., Чирак В.Э. Послеоперационные осложнения при тотальном эндопротезировании крупных суставов // Здоровоохранение. 2019. №8. С. 26-38. [Sivets N.F., Vambaren V.V., Danilenko O.A., Tchirak V.E. Postoperative

complications after total endoprosthesis of major joints. *Healthcare*. 2019; 8: 26-38. [In Russ].]

9. Глемба К.Е., Макаров М.А., Каратеев А.Е. Хроническая боль после эндопротезирования крупных суставов у больных остеоартритом. // *Opinion Leader*. 2019. Т. 3. №21. С. 70-75. [Glemba K.E., Makarov M.A., Karateev A.E. Chronic pain after endoprosthetics of large joints in patients with osteoarthritis. *Opinion Leader*. 2019; 3(21):70-75 (In Russ).]

10. Beswick A.D., Wylde V., Goberman-Hill R. et al. What proportion of patients report long-term pain after total hip or knee replacement for osteoarthritis? A systematic review of prospective studies in unselected patients. *BMJ Open*. 2012. 2: e000435. doi: 10.1136/bmjopen-2011-000435.

11. Kumar P, Hoydonckx Y, Bhatia A. A review of current denervation techniques for chronic hip pain: Anatomical and technical considerations. *Current pain and headache reports*. 2019. 23(6):1-12. doi: 10.1007/s11916-019-0775-z

12. Kapural L, Naber J, Neal K, Burchell M. Cooled radiofrequency ablation of the articular sensory branches of the obturator and femoral nerves using fluoroscopy and ultrasound guidance: a large retrospective study. *Pain Physician*. 2021. 24(5):611-617. PMID: 34323448

13. Kapural L. et al. Cooled radiofrequency neurotomy of the articular sensory branches of the obturator and femoral nerves-combined approach using fluoroscopy and ultrasound guidance: technical report, and observational study on safety and efficacy. *Pain Physician*. 2018. 11(3):279-284.

14. Назаренко Г.И., Черкашов А.М., Кузьмин В.И., Шарамко Т.Г., Горохов М.А. Исследование эффективности радиочастотной денервации для купирования боли при дегенеративных заболеваниях тазобедренного сустава // *Травматология и ортопедия России*. 2014; №2. С.30-36. [Nazarenko G.I., Cherkashov A.M., Kuzmin V.I., Sharamko T.G., Gorokhov M.A. Study of the effectiveness of radiofrequency denervation for the relief of pain in degenerative diseases of the hip joint. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2014; 2: 30-36. (In Russ). ] doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-30-36

15. Горохов М.А., Загородний Н.В., Черкашов А.М. и др. Мониторинг боли в оценке эффективности лечения пациентов с коксартрозом методом радиочастотной денервации // *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2018. Т. 32. №2. С. 20-24. [Gorokhov M.A., Zagorodny N.V., Cherkashov A.M. et al. Monitoring of pain in assessing the effectiveness of treatment of patients with coxarthrosis by the method of radiofrequency denervation. *Kafedra travmatologii i ortopedii*. 2018; 2 (32): 20-24. (In Russ).] doi: 10.17238/2226-2016.2018.2.20-24.

#### Информация об авторах:

**Горохов Михаил Аркадьевич**, врач травматолог-ортопед Многопрофильного медицинского центра Банка России, 117593, Москва, Севастопольский проспект, 66. e-mail: docgorohov@yandex.ru

**Загородний Николай Васильевич** д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, советник директора Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Минздрава России, 127299, Москва, ул. Приорова, 10; заведующий кафедрой травматологии и ортопедии

МИ, РУДН, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6., e-mail: Zagorodny51@mail.ru

**Кузьмин Вячеслав Иванович**, д.м.н., заведующий травматолого-ортопедическим отделением Многопрофильного медицинского центра Банка России, 117593, Москва, Севастопольский проспект, 66., e-mail: drkuzmin@inbox.ru

**Шарамко Тарас Георгиевич**, к.м.н., врач травматолог-ортопед Многопрофильного медицинского центра Банка России, 117593, Москва, Севастопольский проспект, 66., e-mail: sharamko\_t@mail.ru

#### Information about authors:

**Gorohov Mikhail Arkadievich**, Multidisciplinary medical center of the Bank of Russia. Sevastopolsky Ave., 66, Moscow, 117593, Russia., e-mail: docgorohov@yandex.ru

**Zagorodny Nikolai Vasilyevich**, MD of Physics, Professor, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, Advisor to the Director of the National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of Russia, 127299, Moscow, st. Priorova, 10; Head of the Department of Traumatology and Orthopedics MI, PFUR, st. Miklukho-Maklay, 6, Moscow, 117198, Russia., e-mail: Zagorodny51@mail.ru

**Kuzmin Vyacheslav Ivanovich**, MD of Physics, Multidisciplinary medical center of the Bank of Russia. Sevastopolsky Ave., 66, Moscow, 117593, Russia., e-mail: drkuzmin@inbox.ru.

**Sharamko Taras Georgievich**, PhD in Physics, Multidisciplinary medical center of the Bank of Russia. Sevastopolsky Ave., 66, Moscow, 117593, Russia., e-mail: sharamko\_t@mail.ru.

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-22-31>

УДК 617.3

© К.А. Егиазарян, Б.И. Максимов, А.А. Аскеров, 2022

Оригинальная статья / Original article



## ОСТЕОСИНТЕЗ ДИСТАЛЬНОГО МЕТАЭПИФИЗА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОНАТОР-СБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ: АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

К.А. ЕГИАЗАРЯН<sup>1</sup>, Б.И. МАКСИМОВ<sup>2</sup>, А.А. АСКЕРОВ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова» Минздрава России, Москва, 117997, Россия

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

**Резюме.** Анализ литературы за последние два десятилетия демонстрирует активное применение хирургического метода лечения пациентов с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЛК), при этом всю большую популярность приобретает остеосинтез ладонными пластинами с угловой стабильностью и сохранением квадратного пронатора предплечья.

**Цель работы.** Проанализировать результаты лечения пациентов с переломами ДМЛК, которым выполняли остеосинтез с применением пронатор-сберегающей техники.

**Материалы и методы.** Проведен анализ результатов лечения 226 пациентов с переломами ДМЛК, прооперированных с применением пронатор-сберегающей техники за период с 2018 по 2021 год в травматологическом отделении ГКБ №29 им. Н.Э. Баумана. Средний возраст больных составил 39,1±10,6 лет (с минимальными и максимальными значениями 19 и 58 лет соответственно). Среди включенных в исследование пациентов было 103 женщины (45,6 %) и 123 мужчины (54,4 %). Согласно классификации D. Fernandez переломы были распределены следующим образом: тип I – 174 (77 %), тип II – 16 (7,1 %) и тип III – 36 (15,9 %). Минимальный срок наблюдения за пациентами в послеоперационном периоде составил 6 месяцев. Оценку рентгенологических результатов и функциональных исходов осуществляли в сроки от 1 до 6 месяцев с момента оперативного лечения. Итоговую оценку результатов лечения проводили с применением опросника DASH.

**Результаты.** Во всех случаях к 6 неделе с момента операции была достигнута консолидация перелома. Средние рентгенологические параметры на 6 неделе составили: ладонная инклинация – 12,01±1,14 градусов; высота лучевой кости – 12,02±0,89 мм; инклинация лучевой кости – 22,68±1,00 градуса. Рентгенологические результаты остеосинтеза ДМЛК в соответствии с критериями Sarmiento-Lidstrom у 183 прооперированных пациентов (81 %) были расценены как отличные и у 43 (19 %) – как хорошие. Удовлетворительных и плохих результатов получено не было. В 8 случаях (3,5 %) в результате перфорации винтами тыльного кортикального слоя лучевой кости и пенетрации винтов в сухожильные компартменты разгибателей в послеоперационном периоде наблюдали развитие ирритативного синдрома со стороны сухожилий разгибателей кисти и пальцев. У 3 (1,3 %) пациентов наблюдали синдром карпального канала, в 1 (0,4 %) случае произошел периимплантный перелом лучевой кости и у 1 (0,4 %) пациента развилось раннее послеоперационное осложнение в виде инфицирования послеоперационной гематомы. Через 6 месяцев результаты лечения 95,1 % прооперированных пациентов были расценены как отличные и хорошие, 4,4 % – как удовлетворительные. 1 пациент (0,4 %) несмотря на сращение перелома, остался разочарованным результатами проведенного лечения, не достигнув ожидаемой функции.

**Заключение.** Применение пронатор-сберегающей техники при выполнении остеосинтеза переломов ДМЛК с использованием волярных пластин с угловой стабильностью демонстрирует отличные клинические результаты и видится более чем реальным и эффективным инструментом улучшения результатов лечения пациентов с травмами данной локализации.

**Ключевые слова:** дистальный метаэпифиз лучевой кости, перелом, остеосинтез, пронатор-сберегающий доступ, 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:** Егиазарян К.А., Максимов Б.И., Аскеров А.А., Остеосинтез дистального метаэпифиза лучевой кости с применением пронатор-сберегающей техники: анализ результатов. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2022. №3(49). С.22-31 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-22-31>

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

## OSTEOSYNTHESIS OF DISTAL RADIUS USING PRONATOR-SPARING TECHNIQUE: ANALYSIS OF THE RESULTS

**KAREN A. EGIАЗARYAN<sup>1</sup>, BORIS I. MAXIMOV<sup>1</sup>, ARTUR A. ASKEROV<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia, Moscow City Hospital #29 named after N.E. Bauman Department of health of Moscow city, Gospitalnaya sq. 2, Moscow, 111020, Russia

**Abstract.** The analysis of literature for the last two decades demonstrates active usage of surgical method of treatment for patients with distal radius fractures. At the same time, osteosynthesis of distal radius using volar locking plate via pronator-sparing approach has gain popularity.

**The aim of the study** is to analyze outcomes of volar locking plate osteosynthesis of distal radius fractures using pronator-sparing approach.

**Material and Methods.** We analyzed results of surgical treatment of 226 patients (103 (45,6 %) female and 123 (54,4 %) male) with distal radius fractures treated in the period from 2018 to 2021 using pronator-sparing approach in trauma department of Moscow City Hospital #29 named after N.E. Bauman. The mean age was 39,1±10,6 years (19-58 years). According to D. Fernandez classification system fractures were classified as type I – 174 cases (77 %), type II – 16 cases (7,1 %) and type III – 36 cases (15,9 %). The minimal follow-up after the surgery was 6 months. X-rays and functional results were evaluated from 1 to 6 months after the surgery. The overall results were assessed on the basis of DASH score.

**Results.** Primary union of distal radius was achieved within 6 weeks after the surgery in all cases. At that time the mean X-rays parameters were: volar tilt - 12,01±1,14 degrees, radial height - 12,02±0,89 millimeters, radial inclination - 22,68±1,00 degrees. X-rays results according to Sarmiento-Lidstrom scale were: 183 (81 %) cases – excellent and 43 (19 %) cases – good. There weren't fair and poor results. In 8 cases (3,5 %) at post-op period there were irritation syndrome of extensor tendons due to perforation of dorsal cortex of distal radius by screws and penetration of extensor compartments. 3 patients (1,3 %) had carpal tunnel syndrome, 1 (0,4 %) had peri-implant fracture of distal radius and 1 (0,4 %) – early superficial wound infection. After 6 months 95,1 % of patients had an excellent and good results, 4,4 % – fair. 1 patient (0,4 %) despite fracture union was disappointed that functional result was not as he expected.

**Conclusions.** The use of pronator-sparing approach for volar locking plating of distal radius fractures demonstrates excellent clinical results and seems to be more than real and effective instrument to improve treatment results.

**Key words:** distal radius, fracture, osteosynthesis, pronator-sparing approach, volar locking plate

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Egiazaryan K.A., Maximov B.I., Askerov A.A., Osteosynthesis of distal radius using pronator-sparing technique: analysis of the results. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3. pp.22-31 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-22-31>

**Введение.**

Анализ литературы за последние два десятилетия демонстрирует активное применение хирургического метода лечения пациентов с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЛК), при этом всю большую популярность приобретает остеосинтез ладонными пластинами с угловой стабильностью и сохранением квадратного пронатора предплечья на этапе хирургического доступа, большинством специалистов признаваемый как наиболее оптимальный [1-5]. Основными преимуществами данного хирургического подхода традиционно считается: отсутствие необходимости отсечения квадратного пронатора от места его крепления к наружному краю лучевой кости, сохранение васкуляризации костных фрагментов и активной стабилизации дистального лучелоктевого сочленения, уменьшение частоты развития ирритации сухожилий сгибателей кисти и пальцев за счет сохранения интерпозиции квадратного пронатора предплечья между сухожилиями и устанавливаемым фиксатором, а также более раннее восстановление функциональной активности в послеоперационном периоде [6-9].

**Целью** исследования явился анализ результатов лечения пациентов с переломами ДМЛК, которым остеосинтез выполняли с применением пронатор-сберегающей техники.

**Материал и методы.** Проведен анализ результатов лечения 226 пациентов с переломами ДМЛК, прооперированных в травматологическом отделении ГКБ №29 им. Н.Э. Баумана

с применением пронатор-сберегающей техники [4] за период с 2018 по 2021 год. Средний возраст больных составил 39,1±10,6 лет (с минимальными и максимальными значениями 19 и 58 лет соответственно). Среди включенных в исследование пациентов было 103 женщины (45,6 %) и 123 мужчины (54,4 %). Согласно классификации D. Fernandez [10] переломы были распределены следующим образом: тип I – 174 (77 %), тип II – 16 (7,1 %) и тип III – 36 (15,9 %). Минимальный срок наблюдения за пациентами в послеоперационном периоде составил 6 месяцев. Общая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Всем пациентам в послеоперационном периоде проводили иммобилизацию тыльной гипсовой лонгетой в функциональном положении запястья в течение 2-х недель. Лечебную гимнастику для пальцев кисти начинали на следующие сутки после операции. После прекращения иммобилизации с целью разработки движений в лучезапястном суставе все пациенты проходили курс реабилитационной терапии по одному протоколу.

Оценку рентгенологических результатов и функциональных исходов осуществляли в сроки от 1 до 6 месяцев с момента оперативного лечения. Оценку рентгенологических результатов проводили на 6 неделе с момента оперативного лечения по следующим параметрам: восстановление высоты лучевой кости; восстановление инклинации лучевой кости; восстановление ладонной инклинации суставной поверхности лучевой кости. Рентгенологические результаты оценивали с использованием

шкалы Sarmiento, в модификации Lidstrom [11,12], соответствующие результаты представлены в таблице 2.

Таблица 1.

#### Общая характеристика исследованных пациентов

Показатели		Все пациенты (n=226)
Пол, n (%)	мужской	123 (54,4 %)
	женский	103 (45,6 %)
Средний возраст, лет		39,1± 10,6
Сторона повреждения, n (%)	правая	137 (60,6 %)
	левая	89 (39,4 %)
Тип перелома по классификации D. Fernandez, n (%)	I	174(77 %)
	II	16(7,1 %)
	III	36(15,9 %)
	III	
Минимальный срок наблюдения, месяцев		6

Таблица 2.

#### Оценочная таблица рентгенологических результатов по Sarmiento-Lidstrom

	Уменьшение ладонной инклинации (°)	Уменьшение высоты лучевой кости (мм)	Уменьшение инклинации лучевой кости (°)
Отлично	<0°	< 3 мм	<4°
Хорошо	1–10°	3–6 мм	5–9°
Удовлетворительно	11–14°	7–11 мм	10–14°
Неудовлетворительно	>15°	>12 мм	>15°

Функциональные исходы лечения оценивали в 1, 3 и 6 месяцев по следующим критериям: амплитуда движений в лучезапястном суставе (сгибание, разгибание); ротация предплечья (супинация, пронация); сила хвата кисти в процентах от показателей контралатеральной конечности. Итоговую оценку результатов лечения проводили анкетированием по опроснику DASH [13].

#### Статистический анализ.

Сбор и последующий анализ данных осуществляли с использованием программного обеспечения MS Excel 2016, JASP

v.0.16.3. Данные количественных переменных представлялись в виде таблиц, в которых были указаны среднее значение ± стандартное отклонение. Для анализа количественных переменных использовали однофакторный дисперсионный анализ ANOVA для повторных измерений, приводилось точное значение вероятности ошибки первого рода (p-value). Статистически значимыми считались результаты при значении ошибки первого рода  $p \leq 0,05$ . Визуализация количественных переменных проводилась с помощью графиков типа raincloud plot.

#### Результаты исследования.

Во всех случаях к 6 неделе с момента операции была достигнута консолидация перелома. Средние рентгенологические параметры на 6 неделе составили: ладонная инклинация –  $12,01 \pm 1,14$  градусов (Me=12; ИКР:11,1 – 12,9); высота лучевой кости –  $12,02 \pm 0,89$  мм (Me=12; ИКР:11,3 – 12,8); инклинация лучевой кости –  $22,68 \pm 1,00$  градуса (Me=22,6; ИКР:21,8 – 23,5). Оценка рентгенологических результатов лечения пациентов представлена в таблице 3 и на диаграмме 1.

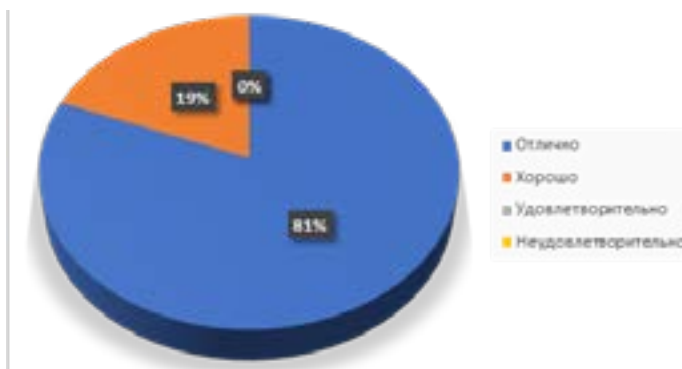
Таблица 3.

#### Рентгенологические результаты остеосинтеза ДМЛК по Sarmiento-Lidstrom

Результат	Количество пациентов (%)
Отлично	183 (81 %)
Хорошо	43 (19 %)
Удовлетворительно	0 (0 %)
Неудовлетворительно	0 (0 %)

Диаграмма 1.

#### Оценка рентгенологических результатов остеосинтеза ДМЛК по Sarmiento-Lidstrom



Оценку динамики послеоперационного восстановления сгибания-разгибания в лучезапястном суставе, ротационных



движений предплечья и силы хвата кисти проводили через 1, 3 и 6 месяцев после остеосинтеза, соответствующие результаты представлены в таблице 4 и диаграмме 2 соответственно.

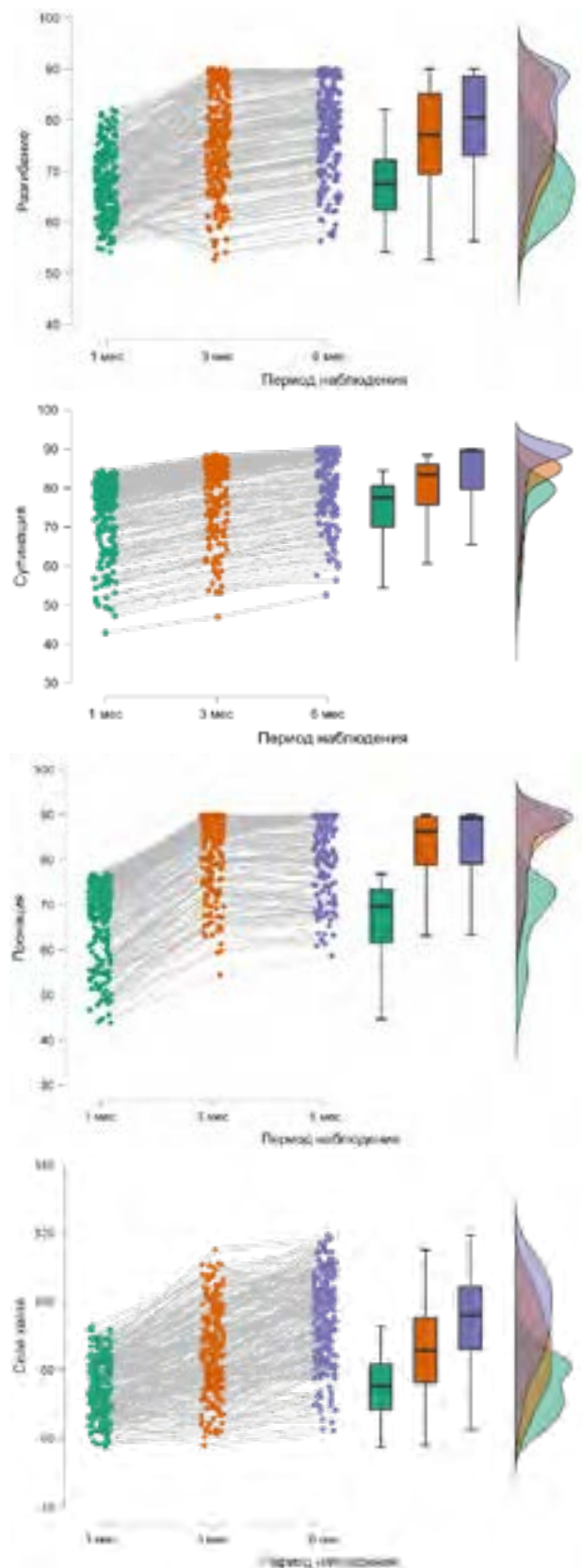
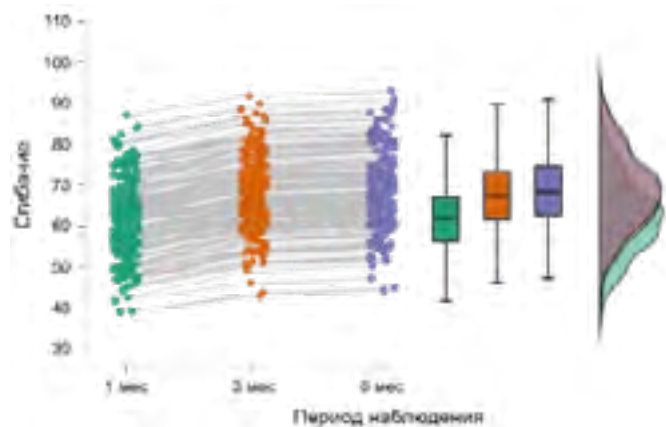
Таблица 4.

**Динамика восстановления функций лучезапястного сустава, предплечья и кисти после остеосинтеза с применением про-натор-сберегающей техники**

Функцио-нальный параметр	1 месяц после остеосинтеза	3 месяца после остеосинтеза	6 месяцев после остеосинтеза	ANOVA
Сгибание (M±SD; Me (ИКР))	59.52±6.77; 59.81 (82.14-86.77)	83.3±5.01; 84.34 (84.57-89.2)	85.79±4.97; 86.71 (86.44-90.15)	P<0,001
Разгибание (M±SD; Me (ИКР))	67.43±6.48; 67.47 (69.41-85.18)	76.41±9.46; 77.05 (73.01-88.49)	79.32±8.7; 82.49 (70.01-86.50)	P<0,001
Супинация (M±SD; Me (ИКР))	74.06±9.11; 77.50 (75.79-85.92)	79.61±9.06; 83.36 (79.78-89.8)	83.85±8.69; 89.5 (82.64-89.73)	P<0,001
Пронация (M±SD; Me (ИКР))	66.81±8.55; 69.8 (78.92-89.6)	82.89±8.18; 86.25 (79.15-89.8)	83.6±8.18; 89.09 (82.45-90.71)	P<0,001
Сила хвата (M±SD; Me (ИКР))	75.17±8.44; 75.3 (76.33-95.38)	85.59±12.86; 85.62(86.01-94.28)	94.97±12.86; 96.07 (86.01-104.28)	P<0,001

Диаграмма 2.

**Оценка динамики функционального восстановления пациентов после пронатор-сберегающего остеосинтеза ДМЛК.**



Согласно результатам однофакторного дисперсионного анализа ANOVA для повторных измерений, в исследуемой выборке наблюдалось статистически значимое улучшение функциональных параметров в течение всего периода наблюдения.

Через 6 месяцев результаты лечения 95,1% прооперированных пациентов были расценены как отличные и хорошие, 4,4% - как удовлетворительные. 1 пациент (0,4%) несмотря на сращение перелома, остался разочарованным результатами проведенного лечения, не достигнув ожидаемой функции. Результаты оценки удовлетворенности пациентов исходами лечения через 1, 3 и 6 месяцев с применением опросника DASH представлены в таблице 5.

Таблица 5.

#### Удовлетворенность пациентов результатами остеосинтеза с применением пронатор-сберегающей техники по DASH

Результат проведенного лечения	Количество пациентов, n (%)		
	1 месяц	3 месяца	6 месяцев
Отличный	46 (20,35 %)	175 (77,4 %)	186 (82,3 %)
Хороший	78 (34,51 %)	37 (16,4 %)	29 (12,8 %)
Удовлетворительный	89 (39,38 %)	12 (5,3 %)	10 (4,4 %)
Неудовлетворительный	13 (5,75 %)	2 (0,9 %)	1 (0,4 %)

Стоит заметить, что преобладание хороших и удовлетворительных результатов через 1 месяц после остеосинтеза объяснялось тем, что практически половину этого срока пациенты не имели возможности заниматься разработкой движений в лучезапястном суставе из-за гипсовой иммобилизации.

В ходе анализа результатов лечения пациентов с переломами ДМЛК с применением пронатор-сберегающей техники наблюдались следующие осложнения: 1) ирритативный синдром со стороны сухожилий разгибателей кисти и пальцев у 8 (3,5%) пациентов. Пациенты предъявляли жалобы на наличие болевого синдрома в проекции сухожилий разгибателей кисти и пальцев при активной разработке движений в лучезапястном суставе, с целью диагностики выполняли КТ лучезапястного сустава с 3D моделированием, по результатам чего выявляли перфорацию винтами тыльного кортикального слоя лучевой кости и пене-трацию винтов в сухожильные компартменты разгибателей, что приводило к механическому повреждению кончиками винтов сухожилий разгибателей и формированию ирритативного синдрома. При выявлении данного осложнения до сращения перелома (до 4-6 недель), если выступающий винт не влиял на стабильность остеосинтеза, его удаляли (у 2 пациентов), а когда наличие выступающего винта являлось важным элементом стабильности остеосинтеза, производили замену данного винта на более ко-

роткий (у 6 пациентов); 2) синдром карпального канала у 3 (1,3%) пациентов, был купирован консервативными мероприятиями; 3) перимплатный перелом лучевой кости в 1 (0,4%) случае, в данной ситуации выполнено удаление пластины, реостеосинтез более длинной пластиной; 4) раннее послеоперационное осложнение в виде инфицирования гематомы на 3 сутки после операции наблюдалось в 1 (0,4%) случае. Выполнение ревизии и санации послеоперационной раны вкупе с проведением антибактериальной терапии позволило купировать данное осложнение.

#### Клинический пример.

Пациентка К., 48 лет, поступила с диагнозом: закрытый перелом ДМЛК правого предплечья со смещением отломков (тип III по классификации Fernandez). На рентгенограммах до операции отмечается уменьшение величины инклинации лучевой кости – 10,3°; высоты лучевой кости – 4 мм, а также отрицательная ладонная инклинация суставной фасетки лучевой кости (-31°) (рис. 1).

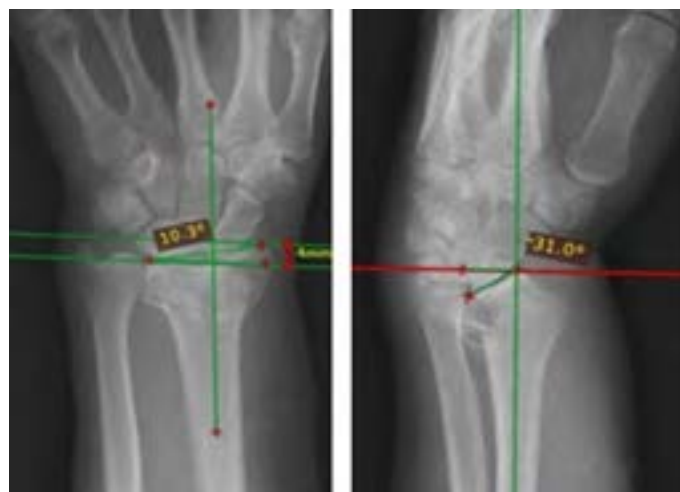


Рис. 1. Оценка нарушения рентген-анатомии ДМЛК перед операцией

Через 2 суток выполнена операция – накостный остеосинтез ДМЛК правого предплечья ладонной пластиной с сохранением квадратного пронатора (рис. 2).



Рис. 2. Этапы выполнения ладонного хирургического доступа и остеосинтеза с сохранением квадратного пронатора предплечья

На контрольных рентгенограммах лучезапястного сустава в двух проекциях после операции, полное восстановление анатомических параметров дистального отдела лучевой кости по данным рентгенографии: инклинация лучевой кости –  $19,8^\circ$ ; положительная ладонная инклинация суставной фасетки лучевой кости ( $+11,4^\circ$ ), а также высота лучевой кости –  $9,79$  мм (рис. 3).



Рис. 3. Рентгенография правого лучезапястного сустава в двух проекциях после накостного остеосинтеза ДМЛК волярной пластиной с угловой стабильностью и оценка восстановления рентген-анатомии

Достигнут отличный рентгенологический результат по критериям Sarmiento-Lidstrom. Через 6 месяцев после операции отмечается полное функциональное восстановление: сгибание –  $90^\circ$ , разгибание –  $90^\circ$ , пронация –  $84^\circ$ , супинация –  $90^\circ$ , сила хвата кисти (95% от контралатеральной конечности) (рис. 4). Оценка по шкале DASH составила 5 баллов.

### Обсуждение.

В последние десятилетия отмечается значительный рост частоты хирургического лечения переломов дистального метаэпифиза лучевой кости. Все большую популярность при этом получает метод накостного остеосинтеза с использованием волярных пластин с угловой стабильностью [8,14-17]. Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества данного метода, нередко встречаются и осложнения – прежде всего со стороны сухожилий сгибателей кисти и пальцев (теносиновиты, в том числе адгезивные, разрывы сухожилий в отдаленном периоде остеосинтеза), обусловленные механическим конфликтом установленного фиксатора и сухожилий [18-21]. К тому же, стандартный ладонный хирургический доступ, используемый при этом, подразумевает отсечение квадратного пронатора

предплечья от его места крепления к лучевой кости для визуализации места перелома и его прямой репозиции, что может сказываться на дальнейшей функциональной полноценности этой мышцы и кровоснабжении костных отломков, таким образом, негативно влияя на процесс сращения и функциональной реабилитации [2,22,23,24]. Большинство авторов признается техническая трудность последующей его рефиксации к лучевому краю лучевой кости, поскольку мышечная фасция недостаточно крепка для исключения прорезывания накладываемых при этом швов [4,9,25,26]. Стоит отметить, что часть исследователей вообще ставит под сомнение необходимость реальной прямой репозиции переломов ДМЛК, большинство из которых прекрасно поддается закрытой ручной репозиции и не требует, таким образом, отсечения квадратного пронатора в процессе остеосинтеза [27,28].



Рис. 4. Функциональный результат через 6 месяцев после операции

Рентгенологические результаты лечения пациентов с переломами ДМЛК, которым выполняли остеосинтез с применением пронатор-сберегающей техники, полученные нами, красноречиво подтверждают такую возможность – у всех пациентов были достигнуты отличные и хорошие результаты (по критериям Lidstrom), с полным восстановлением анатомии ДМЛК. Конечно, не последнюю роль здесь сыграли и особенности дизайна пластин, использованных нами для фиксации переломов, абсолютно точно повторяющие контуры дистального отдела лучевой кости и благоприятствующие тем самым авторепозиции костных отломков.

В последнее время все больше сообщений в доступной литературе посвящено сохранению целостности квадратного пронатора предплечья на этапе хирургического доступа к ДМЛК, при этом подчеркиваются положительные стороны такой тактики: уменьшение выраженности болевого синдрома

в послеоперационном периоде, более быстрое и полноценное восстановление ротационной функции предплечья [27,29-34]. Подобный подход также способствует уменьшению частоты развития осложнений со стороны сухожилий сгибателей кисти и пальцев, так как позволяет за счет сохранения мышечной прослойки, разграничивать эти сухожилия и установленный внутренний фиксатор и обеспечить их свободное скольжение по поверхности интактного квадратного пронатора [29,35,36].

G. Jung с соавторами, в своем анатомическом исследовании наглядно продемонстрировал отсутствие необходимости отсечения квадратного пронатора для установки и фиксации волярной пластины на ДМЛК, сохраняющее тем самым защитную функцию мышцы – укрывание устанавливаемого фиксатора от вышерасположенных сухожилий сгибателей кисти и пальцев [37]. К слову, в нашем исследовании ни один пациент не имел каких-либо характерных жалоб со стороны сухожилий сгибателей в период послеоперационной реабилитации.

Ряд авторов, на основании проведенных исследований, сообщают, что сохранение квадратного пронатора предплечья в процессе остеосинтеза ДМЛК снижает интра- и послеоперационную кровопотерю [25,38], поэтому рекомендуют использовать пронатор-сберегающий подход в хирургии переломов ДМЛК [4,9,33].

Было показано, что квадратный пронатор после рефиксации подвергается значительной атрофии и рубцеванию, причем как сам по себе, так и с формированием спаек с окружающими его мягкоткаными образованиями [8]. По этой причине снижается и его функциональность. M. Armanigil с соавторами сообщают, что отсечение квадратного пронатора от места его прикрепления к лучевой кости в процессе стандартного ладонного доступа приводит к потере до 20% пронационной силы предплечья [39]. Основной причиной здесь принято считать нарушение кровоснабжения мышцы в момент ее отсечения. Помимо этого, квадратный пронатор, неся в себе ветви передней и задней межкостных, а также мышечные ветви лучевой и локтевой артерий, является важнейшим питающим надкостницу элементом, играющим ключевую роль с остеорепарации перелома ДМЛК [2,5,28].

Доказано, что в большинстве случаев, раннее начало активных ротационных движений в послеоперационном периоде может приводить к повторным отрывам рефиксированного квадратного пронатора, способствуя развитию неудовлетворительных функциональных результатов остеосинтеза ДМЛК. Для профилактики подобных осложнений, частью исследователей рекомендуется избегать чрезмерной активной ротации предплечья в течение 3 недель после операции, до формирования мышечного рубца, что нередко является причиной затягивания функционального восстановления пациентов, перенесших остеосинтез ДМЛК традиционным доступом с отсечением квадратного пронатора. J. Sonntag с соавторами настоятельно рекомендуют использовать пронатор-сберегающую технику во всех случаях остеосинтеза ДМЛК волярными пластинами,

мотивируя это исключением разрывов рефиксированного пронатора в раннем послеоперационном периоде, значительным уменьшением выраженности болевого синдрома и возможностью ранней активной реабилитации [2].

Оценка динамики послеоперационного восстановления сгибательно-разгибательных движений в лучезапястном суставе, ротационных движений предплечья и силы хвата кисти у наших пациентов продемонстрировала безболезненное и значительное восстановление по всем исследуемым параметрам уже на ранних этапах наблюдения, что логично и ожидаемо, учитывая сохранность квадратного пронатора предплечья, полноценное восстановление костной анатомии и возможность ранней и практически неограниченной реабилитации. Итоговый результат лечения через 6 месяцев после остеосинтеза у 95,1% пациентов был расценен как отличный и хороший, у 4,4% - как удовлетворительный и лишь у одного пациента (0,4%) - неудовлетворительный результат, что, в общем-то, соотносится с данными общедоступной литературы [30,40].

Анализируя осложнения, диагностированные среди пациентов, стоит отметить незначительный их общий процент – 5,8%. И особо подчеркнуть, что все они не были связаны непосредственно с выбором хирургической техники. Это общеизвестные осложнения накостного остеосинтеза ДМЭЛК волярными пластинами с угловой стабильностью, которые, к сожалению, не могут быть предотвращены на сто процентов [21,41,42,43,44]. К слову, во всех случаях они были диагностированы своевременно и подверглись лечебному воздействию без отдаленных последствий для пациентов.

#### **Заключение.**

Применение пронатор-сберегающей техники при выполнении остеосинтеза переломов дистального отдела лучевой кости с использованием волярных пластин с угловой стабильностью демонстрирует отличные клинические результаты и видится более чем реальным и эффективным инструментом улучшения результатов лечения пациентов с травмами ДМЛК. Квадратный пронатор предплечья, обеспечивая пронационную силу предплечья и являясь активным стабилизатором дистального лучелоктевого сочленения, играет важную роль в функционировании верхней конечности. К тому же интактный квадратный пронатор предплечья уменьшает частоту развития ирритативного синдрома со стороны сухожилий сгибателей кисти и пальцев в послеоперационном периоде за счет сохранения интерпозиции этой мышцы между сухожилиями и устанавливаемым фиксатором, что стоит учитывать на этапе планирования остеосинтеза и выбора хирургического доступа.

#### **Список литературы / References:**

1. Shi, F, Ren, L. Is pronator quadrates repair necessary to improve outcomes after volar plate fixation of distal radius fractures? A systematic



review and meta-analysis. *Orthop Traumatol Res.* 2020;106(8):1627-1635. doi: 10.1016/j.otsr.2020.06.003.

2. Sonntag, J., Hern, J., Woythal, L., Branner, U., Lange, K.H., Brorson, S. The Pronator quadratus muscle after Volar plating: ultrasound evaluation of anatomical changes correlated to patient-reported clinical outcome. *Hand.* 2021;16(1):32-37. doi: 10.1177/1558944719840737.

3. 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):13-16. [Polikarpov A.E., Kashansky Y.B., Kondratev I.P., Tsapenko V.O., Results of surgical treatment of unstable fractures of the distal forearm in the metaepiphyseal zone. Department of Traumatology and Orthopedics, 2021;4(46):13-16. (In Russ)]. doi:10.17238/2226-2016-2021-4-13-16.

4. Максимов Б.И., Пандунц А.А., Ведерников Н.Н. Возможности сохранения квадратного пронатора предплечья при хирургическом лечении переломов дистального отдела лучевой кости. // Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2018;13(4):49-52. [Maksimov B.I., Pandunc A.A., Vedernikov N.N. Opportunities of preservation of the forearm pronator with the surgical treatment of fractures of the distal radius bone. *Vestnik natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova* [Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center], 2018;13(4):49-52. (In Russ)]. doi: 10.25881/BPNMSC.2018.22.37.008.

5. Fang, K., Lin, X., Liu, X., Ke, Q., Shi, S., Dai, Z. Do we need to suture the pronator quadratus muscle when we do open reduction and internal fixation for fracture of the distal radius. *Bmc Musculoskel Dis.* 2020;21(1):1-7. doi: 10.1186/s12891-019-3017-y.

6. Егиазарян 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.

7. Meyer, M.A., Benavent, K.A., Janssen, S.J., Chruscelski, C.M., Blazar, P.E., Earp, B.E. Pronator quadratus repair does not affect reoperation rates following volar locking plate fixation of distal radius fractures. *Hand (NY).* 2021 Jun 9;15589447211017239. doi: 10.1177/15589447211017239.

8. Lu, C.K., Liu, W.C., Chang, C.C., Shih, C.L., Fu, Y.C., Jupiter, J.B. A systematic review and meta-analysis of the pronator quadrates repair following volar plating of distal radius fractures. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):419. doi: 10.1186/s13018-020-01942-w.

9. Heidari, N., Clement, H., Kosuge, D., Grechenig, W., Tesch, N.P., Weinberg, A.M. Is sparing the pronator quadratus muscle possible in volar plating of the distal radius? *J Hand Surg (Eur Vol)* 2012;37(5):402-406. doi: 10.1177/1753193411424706.

10. Fernandez, D.L., Jupiter, J.B. Fractures of the distal radius. // *New York: Springer-Verlag.* 1996. doi:10.1007/978-1-4684-0478-4.

11. Wright, T.W., Horodyski, M., Smith, D.W. Functional outcome of unstable distal radius fractures: ORIF with a volar fixed-angle tine plate versus external fixation. *J Hand Surg Am.* 2005 Mar;30(2):289-99. doi: 10.1016/j.jhsa.2004.11.014.

12. Kwok, I.H., Leung, F., Yuen, G. Assessing results after distal radius fracture treatment: a comparison of objective and subjective tools. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2011 Jul;2(4):155-60. doi: 10.1177/2151458511422701.

13. Wajngarten, D., Campos, J.A.D.B., Garcia, P.P.N.S. The disability of the arm, shoulder and hand scale in the evaluation of disability – a literature review. *Med Lav.* 2017;108(4):314-323. doi: 10.23749/mdl.v108i4.6336.

14. Pathak, S., Anjum, R., Gautam, R.K., Maheshwari, P., Aggarwal, J., Sharma, A., Pruthi, V. Do we really need to repair the pronator quadratus after distal radius plating? *Chin J Traumatol.* 2019 Dec;22(6):345-349. doi: 10.1016/j.cjtee.2019.10.002.

15. Huang, H., Wang, J., Chang, M. Repair of pronator quadratus with partial muscle split and distal transfer for volar plating of distal radius fractures. *J Hand Surg.* 2017;42(11):931-935. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.08.018.

16. Chaudhry, H., Kleinlugtenbelt, Y.V., Mundi, R., Ristevski, B., Goslings, J.C., Bhandari, M. Are volar locking plates superior to percutaneous K-wires for distal radius fractures? A meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(9):3017-3027. doi: 10.1007/s11999-015-4347-1.

17. Zhang, D., Meyer, M.A., Earp, B.E., Blazar, P. Role of Pronator Quadratus Repair in Volar Locking Plate Treatment of Distal Radius Fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022 Aug 1;30(15):696-702. doi: 10.5435/JAAOS-D-22-00083.

18. Arora, R., Lutz, M., Hennerbichler, A., Krappinger, D., Espen, D., Gabl, M. Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate. *J Orthop Trauma.* 2007;21(5):316-322. doi: 10.1097/BOT.0b013e318059b993.

19. Duncan, S.F., Weiland, A.J. Delayed rupture of the flexor pollicis longus tendon after routine volar placement of a T-plate on the distal radius. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2007;36(12):669-70.

20. Rampoldi, M., Marsico, S. Complications of volar plating of distal radius fractures. *Acta Orthop Belg.* 2007;73(6):714.

21. Максимов Б.И. Спонтанный разрыв сухожилия длинного разгибателя большого пальца после накостного остеосинтеза дистального метаэпифиза лучевой кости. // Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2022;17(1):128-133. [Maksimov B.I. Spontaneous rupture of extensor pollicis longus tendon after volar locking plate fixation of distal radius: clinical case. *Vestnik natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova* [Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center], 2022;17(1):128-133. (In Russ)]. doi: 10.25881/20728255-2022-17-1-128.

22. Trowbridge, S., Sagmeister, M.L., Lewis, T.L., Vidakovic, H., Hammer, N., Kieser, D.C. The intra-muscular course and distribution of the anterior interosseous nerve within pronator quadratus: An anatomical study. *J Clin Orthop Trauma.* 2022 Apr 12;28:101868. doi: 10.1016/j.jcot.2022.101868.

23. Kapoor, H., Agarwal, A., Dhaon, B.K. Displaced intra-articular fractures of distal radius: a comparative evaluation of results following closed reduction, external fixation and open reduction with internal fixation. *Injury.* 2000;31(2):75-79.

24. Kreder, H., Hanel, D., Agel, J., McKee, M., Schemitsch, E., Trumble, T., Stephen, D. Indirect reduction and percutaneous fixation versus open reduction and internal fixation for displaced intraarticular fractures of the distal radius: A randomised, controlled trial. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(6):829–836. doi:10.1302/0301-620x.87b6.15539.
25. Hohendorff, B., Unglaub, F., Spies, C.K., Müller, L.P., Ries, C. Repair of the pronator quadratus muscle with a part of the brachioradialis muscle insertion in volar plate fixation of a distal radius fracture. *Oper Orthop Traumatol*. 2020 Feb;32(1):82–86. German. doi: 10.1007/s00064-019-0601-0.
26. Ahsan, Z.S., Yao, J. The importance of pronator quadratus repair in the treatment of distal radius fractures with volar plating. *Hand (NY)*. 2012;7(3):276–280. doi: 10.1007/s11552-012-9420-6.
27. Cannon, T.A., Carlston, C.V., Stevanovic, M.V., Ghiassi, A.D. Pronator-sparing technique for volar plating of distal radius fractures. *J Hand Surg Am*. 2014;39(12):2506–2511. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.09.011.
28. Максимов Б.И. Минимально инвазивный наkostный остеосинтез дистального метаэпифиза лучевой кости: есть ли преимущества перед стандартной техникой? //Травматология и ортопедия России. - 2020. – Т.26. - №1. - С. 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. – Vol. 26. – N. 1. - P. 76–84. (In Russ)]. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-76-84.
29. Ki Goorens, C., Debaenst, N., Van Royen, K., Probyn, S., Goubau, J.F. Minimally Invasive Pronator Quadratus Sparing Approach versus Extended Flexor Carpi Radialis Approach with Pronator Quadratus Repair for Volar Plating in Distal Radial Fractures. *Journal of Wrist Surgery*. 2022;11(01):41–47. doi: 10.1055/s-0041-1731329.
30. Imatani, J., Noda, T., Morito, Y., Sato, T., Hashizume, H., Inoue, H. Minimally invasive plate osteosynthesis for comminuted fractures of the metaphysis of the radius. *J Hand Surg Br*. 2005;30(2):220–225. doi: 10.1016/j.jhsb.2004.12.009.
31. Sen, M.K., Strauss, N., Harvey, E.J. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal radius fractures using a pronator sparing approach. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2008;12(1):2–6. doi:10.1097/BTH.0b013e3180cac281.
32. Dos, R.C., Nebout, J., Benlarbi, H., Caremier, E., Sam-Wing, J.F., Beya, R. Pronator quadratus preservation for distal radius fractures with locking palmar plate osteosynthesis. Surgical technique. *Chir Main*. 2009;28(4):224–229. doi:10.1016/j.main.2009.04.007.
33. Liverneaux, P.A. The minimally invasive approach for distal radius fractures and malunions. *J Hand Surg Eur Vol*. 2018;43(02):121–130. doi:10.1177/1753193417745259.
34. Liverneaux, P., Ichihara, S., Facca, S., Hidalgo Diaz, J.J. Outcomes of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) with volar locking plates in distal radius fractures: A review. *Hand Surg Rehabil*. 2016 Dec;35S:S80–S85. French. doi:10.1016/j.hansur.2016.02.011.
35. Huang, X., Jia, Q., Li, H., Kerem, E., Peng, C., Kong, W., Tusuniyazi, M., Hamiti, Y., Feng, D., Zhao, Y. Evaluation of sparing the pronator quadratus for volar plating of distal radius fractures: a retrospective clinical study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 Jun 30;23(1):625. doi: 10.1186/s12891-022-05576-3.
36. Liu, X., Ye, H., Shi, J. Effectiveness of pronator quadratus muscle sparing in volar plate fixation for unstable distal radius fracture in adults. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2020 Jul 15;34(7):814–819. Chinese. doi: 10.7507/1002-1892.201911089.
37. Jung, G., Cho, C., Kim, J. Anatomical study of the pronator quadratus muscle and comparison to fracture sites of the distal radius. *Journal of the Korean Orthopaedic Association*. 2012;47(1):48–53. doi: 10.4055/jkoa.2012.47.1.48.
38. Kashir, A., Donnell, T. A brachioradialis splitting approach sparing the pronator quadratus for volar plating of the distal radius. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2015;19(4):176–181. doi: 10.1097/BTH.000000000000104.
39. Armangil, M., Bezirgan, U., Basarir, K., Bilen, G., Demirtas, M., Bilgin, S.S. The pronator quadratus muscle after plating of distal radius fractures: is the muscle still working? *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014;24(3):335–339. doi: 10.1007/s00590-013-1193-2.
40. Galmiche, C., Rodríguez, G.G., Xavier, F., Igeta, Y., Hidalgo Diaz, J.J., Liverneaux, P. Minimally invasive plate osteosynthesis for extra-articular distal radius fracture in postmenopausal women: longitudinal versus transverse incision. *J Wrist Surg*. 2019;8(01):18–23. doi:10.1055/s-0038-1667305.
41. Azzi, A.J., Aldekhayel, S., Boehm, K.S., Zadeh, T. Tendon rupture and tenosynovitis following internal fixation of distal radius fractures: a systematic review. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2017;139(3):717e–724e. doi: 10.1097/prs.0000000000003076.
42. Rhee, P.C., Dennison, D.G., Kakar, S. Avoiding and treating perioperative complications of distal radius fractures. *Hand Clin*. 2012;28(2):185–98. doi:10.1016/j.hcl.2012.03.004.
43. Максимов Б.И. Интраоперационная оценка длины винтов при наkostном остеосинтезе дистального метаэпифиза лучевой кости: как избежать ошибки? Кафедра травматологии и ортопедии. – 2020. – №1(39). – С.30–37. doi:10.17238/2226-2016-2020-1-30-37.
44. Максимов Б.И. Практическое значение рентгенологической проекции «skyline view» в хирургии переломов дистального метаэпифиза лучевой кости. //Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2017;12(4):76–80. [Maksimov B.I. Practical importance of the skyline view X-ray projection in the surgery of fractures of distal metaphysis of the ray bone. *Vestnik natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova* [Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center], 2017;12(4):76–80. (In Russ)].

#### Информация об авторах:

**Егиазарян Карен Альбертович** – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, директор университетской клиники травматологии и ортопедии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия. 119049, E-mail: egkar@mail.ru

**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



**Аскеров Артур Абдулгусейнович** – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии «Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, врач травматолог-ортопед ГБУЗ «Городская клиническая больница №29 имени Н.Э.Баумана» Департамента здравоохранения г. Москвы, Госпитальная пл. д.2, Москва, 111020, Россия. E-mail: aaa-77177@mail.ru

Information about authors:

**Karen A. Egiazaryan** – Dr.Sci. (Med), Professor, Head of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery Chair, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia. 119049. E-mail: egkar@mail.ru

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

**Artur A. Askerov** – trauma surgeon of the Trauma Department of Moscow City Hospital #29 named after N.E. Bauman, Gosspitalnaya sq. 2, Moscow, 111020, Russia. E-mail: aaa-77177@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-32-40>

УДК 617.3

© К.А. Егиазарян, А.П. Ратьев, Е.А. Мирошникова, Е.А. Жаворонков, А.С. Абилемец, 2022

Оригинальная статья / Original article



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПРОПУЛЬСИВНОЙ МЕТАТАРЗАЛГИИ ПРИ ПОМОЩИ КЛАССИЧЕСКОЙ ОСТЕОТОМИИ WEIL И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ

К.А. ЕГИАЗАРЯН<sup>1,2</sup>, А.П. РАТЬЕВ<sup>1,2</sup>, Г.Д. ЛАЗИШВИЛИ<sup>1,2</sup>, Е.А. МИРОШНИКОВА<sup>1,2</sup>, Е.А. ЖАВОРОНКОВ<sup>1,2</sup>, А.С. АБИЛЕМЕЦ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, 117997, Россия

<sup>2</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы Городская клиническая больница №1 им. Н. И. Пирогова Департамента здравоохранения города Москвы, 119049, Россия

### Резюме

**Актуальность.** Одной из проблем в лечении пациентов с клиникой метатарзалгии и деформацией переднего отдела стопы на данный момент остается диагностика различных видов метатарзалгии, основанная на биомеханике переднего отдела стопы, и выбор наиболее подходящего варианта хирургического лечения. Существование более 25 видов различных остеотомий, отличающихся друг от друга, указывает на несостоятельность данного вопроса в хирургии стопы на данный момент.

**Цель исследования:** улучшить результаты хирургического лечения пациентов, страдающих пропульсивной метатарзалгией на фоне сопутствующей деформации переднего отдела стопы с применением запатентованной модификации Weil остеотомии плюсневой кости.

**Материалы и методы.** Произведено ретроспективное исследование отдаленных результатов оперативного лечения 60 пациентов, с 2015 года по 2019 год. Функция стопы до и после операции оценивалась по шкалам FFI, AOFAS Lesser Toes. Оценка результатов в послеоперационном периоде также проводилась по шкале Maryland.

**Результаты.** В результате исследования получены статистически значимые различия в обследуемых группах, по результатам оценки функции стоп до и после оперативного вмешательства по шкалам AOFAS Lesser Toes ( $p=0,0001$ ), FFI ( $p=0,0001$ ), после оперативного лечения по шкале Maryland ( $p=0,0002$ ).

**Заключение.** Предложенная модификация Weil остеотомии может быть использована в клинической практике, как эффективный и безопасный метод лечения пропульсивной метатарзалгии. Данная модификация остеотомии позволит сохранить все положительные стороны ее классического варианта, снизить стоимость лечения и потребность в материально - технических условиях, добиться значимого улучшения функции стопы после оперативного лечения.

**Ключевые слова:** метатарзалгия, Weil остеотомия, пропульсивная метатарзалгия.

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

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Для цитирования:** Егиазарян К.А., Ратьев А.П., Г.Д. Лазышвили, Мирошникова Е.А., Жаворонков Е.А., Абилемец А.С., Сравнительный анализ результатов лечения пропульсивной метатарзалгии при помощи классической остеотомии Weil и ее модификации. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №3(49). С.32-40 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-32-40>

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

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF TREATMENT OF PROPULSIVE METATARSALGIA USING EARLY WEIL OSTEOTOMY AND ITS MODIFICATION

KAREN A. EGIAZARYAN<sup>1,2</sup>, ANDREY P. RATYEV<sup>1,2</sup>, GURAM D. LAZISHVILI<sup>1,2</sup>, EKATERINA A. MIROSHNIKOVA<sup>1,2</sup>, EVGENY A. ZHAVORONKOV<sup>1,2</sup>, ALEKSEY S. ABILEMETS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russia

<sup>2</sup> City clinical hospital № 1 of N.I. Pirogova, Moscow, Russia, 119049.

### Abstract

One of the problems in the treatment of patients with the clinic of metatarsalgia and anterior foot deformity at the moment remains the diagnosis of various types of metatarsalgia, based on the biomechanics of the anterior foot, and the choice of the most suitable surgical treatment option. The

existence of more than 25 species of different osteotomies, different from each other, indicates the inconsistency of this issue in foot surgery at the moment.

Objective.

Improve the results of surgical treatment of patients suffering propulsive metatarsalgia against the background of concomitant anterior foot deformity using the patented modification of Weil metatarsal osteotomy.

Material and methods.

A retrospective study of the long-term results of operative treatment of 60 patients was carried out, from 2015 to 2019. Foot function before and after surgery was assessed by FFI scales, AOFAS Lesser Toes. Postoperative results were also assessed on the Maryland scale.

Results.

As a result of the study, statistically significant differences were obtained in the examined groups, according to the results of the assessment of foot function before and after the surgical intervention according to the AOFAS Lesser Toes scales ( $p = 0.0001$ ), FFI ( $p = 0.0001$ ), after the surgical treatment according to the Maryland scale ( $p = 0.0002$ ).

Conclusion.

The proposed modification of Weil osteotomy can be used in clinical practice as an effective and safe method of treating propulsive metatarsalgia. This modification of osteotomy will allow to preserve all the positive aspects of its classic version, reduce the cost of treatment and the need for material and technical conditions, achieve a significant improvement in the function of the foot after operative treatment.

**Keywords:** metatarsalgia, Weil osteotomy, propulsive metatarsalgia.

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Egiazaryan K.A., Ratyev A.P., Miroshnikova E.A., Zhavoronkov E.A., Abilemets A.S., Comparative analysis of the results of treatment of propulsive metatarsalgia using early Weil osteotomy and its modification. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№3. pp.32-40 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-32-40>

## Введение

Необходимость человека иметь возможность непрерывного сохранения стабильного положения тела в пространстве и совершения плавного, направленного движения тела, обеспечивается функцией переката стопы состоящей из 3х циклов (рокеров), которые впервые описаны Жаклином Пери в 1992 году [1]. Именно данная работа положила основу разграничений пропульсивной и не пропульсивной метатарзалгии и как следствие различных подходов в лечении данных патологий.

Хирургическое лечение метатарзалгии было спорным вопросом на протяжении многих десятилетий. Было описано более 25 отличающихся друг от друга методов хирургического лечения, однако результаты лечения оставались неудовлетворительными и на данный момент остается множество нерешенных вопросов со специфическими осложнениями многих остеотомий [2]. Одним из наиболее распространенных методов хирургического лечения пропульсивной метатарзалгии является дистальная метатарзальная остеотомия Weil. Методика основывается на концепции продольной декомпрессии переднего отдела стопы [3], с восстановлением функциональной длины [4] плюсневых костей и функционального натяжения мягкотканых структур [5]. Метод описан в 1991г ортопедом из Чикаго Лоуэллом Скоттом Вейлом [6] и популяризирован в Европе Л.С. Баруком [7], после совместно выполненной реконструктивной операции на переднем отделе стопы в 1992 году в г. Бордо [8]. Основные показания к остеотомии Weil - это контролируемое укорочение плюсневых костей у пациентов с аномальной плюсневой параболой [9]. Однако ввиду своей универсальности, стабильной

фиксации со временем показания к применению данного типа остеотомии были расширены, остеотомия использовалась в комплексном лечении деформаций в плюснефаланговых суставах малых лучей стопы [10], для лечения деформаций пальцев [11]. Расширение показаний связано с влиянием остеотомии на мягкотканый баланс переднего отдела стопы. В классическом исполнении Weil остеотомии, производится фиксация остеотомированных фрагментов винтом. Данная остеотомия доказала свою эффективность для лечения метатарзалгии [12], и многие осложнения такие как симптом плавающих пальцев находятся лишь при клиническом осмотре, но субъективно никак не влияют на жизнь пациента, однако по данным мировой литературы, такие осложнения как рецидивы метатарзалгии и трансферная метатарзалгия зачастую требующие ревизионного вмешательства, встречаются в 10-15% [13]. Формирование контрактур плюснефаланговых суставов средней и тяжелой степени тяжести за счет агрессивного мягкотканого релиза при остеотомии Weil, зафиксировано в 59 % и 22 % соответственно [14]. Увеличивается риск возникновения некупирующейся до удаления металлофиксатора раневой инфекции. Существует риск перфорации головки плюсневой кости в области нагрузочной зоны и невозможность нагрузки оперированной конечности до удаления металлофиксатора [15]. Высокий процент формирования “флотирующих пальцев” – по данным мировой литературы до 42% [16, 17]. Процент раневых осложнений, развивающихся за счет массивного мягкотканого релиза достигает 22,7% [18].

Целью исследования: улучшение результатов хирургического лечения пациентов, страдающих пропульсивной метатарзал-

гий на фоне сопутствующей деформации переднего отдела стопы с применением запатентованной модификации Weil остеотомии плюсневой кости.

### Материалы и методы.

Дизайн исследования.

Произведено ретроспективное исследование отдаленных результатов оперативного лечения пациентов, пролеченных на клинической базе кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ ФГАОУ ВО РНИМУ им.Н.И.Пирогова Минздрава России, университетской клинике травматологии и ортопедии на базе ГКБ №1 им. Н.И.Пирогова г. Москвы с 2015 года по 2019 год. Средний срок оценки результатов лечения для пациентов контрольной группы составил 31 месяц, средний срок оценки результатов лечения пациентов основной группы составил 15 месяцев.

Все пациенты прооперированы одной бригадой хирургов, оперативные вмешательства проводились в условиях спинальной анестезии. При выполнении вмешательства не использовался интраоперационный рентгенологический контроль. Контрольный осмотр пациентов после проведенного оперативного вмешательства проводился членами оперирующей бригады на 6, 12, 24 неделях после оперативного лечения и при последнем обращении пациента. Инструментальное исследование стоп после оперативного лечения, заключающееся в рентгенографии переднего отдела стопы в прямой проекции и проекции  $\frac{3}{4}$  так же проводились на 6, 12, 24 неделях и при последнем обращении пациента.

Пациенты.

В исследование было включено 60 пациентов. Средний возраст пациентов составил 58.3 года. В исследовании участвовал 1 мужчина и 59 женщин. Преобладание женщин в исследовании объясняется преимущественным преобладанием симптоматической деформации стопы у женщин [Таб №1].

Критерии включения и исключения в исследование.

Критерии включения в исследование.

В исследования были включены пациенты, страдающие пропульсивной метатарзалгией.

К диагностическим критериям пропульсивной метатарзалгии при выборе пациентов относили:

- Боль, локализуемая в проекции головки плюсневой кости при установке пациента на мыски, с переносом центра тяжести тела кпереди.

- Купирование болевого синдрома при установке пациента с опорой на всю стопу.

- Пальпаторные болевые ощущения, локализующиеся на фронтальной поверхности головки плюсневой кости в положении тыльной флексии основной фаланги пальца стопы.

Критерии исключения:

- Наличие системных заболеваний, таких как ревматоидный артрит, псориаз, подагра, сахарный диабет I и II типов.

- Ятрогенная трансферная пропульсивная метатарзалгия.
- Непропульсивная метатарзалгия.
- Наличие болезни Файберга - Келлера 2.
- Ранее перенесенные реконструктивные вмешательства на костях переднего отдела стопы.

- Ранее перенесенные переломы плюсневых костей.

- Ранее перенесенные травматические повреждения сухожилий и мышц оперируемой конечности.

- Наличие неврологического дефицита нижних конечностей.

Во всех случаях проводились реконструктивные вмешательства на 1 луче стопы. Каждому пациенту была прооперирована одна стопа.

Пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от выполняемой остеотомии.

Всем исследованным пациентам были выполнены остеотомии 2,3,4 плюсневых костей. Дополнительных вмешательств на уровне межфаланговых суставов пальцев не производилось.

Пациентам 1 группы (n = 30), контрольной группы, была выполнена классическая Weil остеотомия с наkostной фиксацией винтом.

Пациентам 2 группы (n = 30), основной группы, была выполнена модификация остеотомии Weil без наkostной фиксации по разработанной нами методике ( Патент РФ 08.11.2019№219.017. DF33, № охранного документа 0002705233) .

Таблица №1

### Общие характеристики пациентов в исследуемых группах.

	Группа 1 n = 30	Группа 2 n = 30
Средний возраст	57.25 ± 11.3 лет [21–80]	58.9 ± 11.31 лет [37–75]
Мужчина / Женщина	0% / 100% [0-30]	0.3% / 99.7% [1-30]
Средний срок оценки результатов	31 месяц	15 месяцев

### Хирургические техники.

Во всех группах остеотомии были основаны на предоперационном планировании в соответствии с критериями Маэстро [19,20,21,22]. Остеотомии на малых лучах стопы во всех случаях производились после реконструктивного вмешательства на 1 луче стопы.

В контрольной группе Weil остеотомия производилась по классической методике.

Модифицированная Weil остеотомия, проводилась с выделением плюснефаланговых суставов без рассечения или удлинения сухожилий разгибателей пальцев, далее производился минимально необходимый для устранения вывиха основной фаланги пальца и ее достаточного низведения релиз мягких тканей. После производилась непосредственно сама остеотомия с выпиливанием элевационного паза, укорочение

плюсневых костей происходило самостоятельно под тягой сухожильно-мышечных комплексов. Далее производилась резекция участка тыльного кортикального слоя плюсневой кости на длину достигнутого укорочения, с последующим ушиванием послеоперационной раны (Рис.1,2).

Послеоперационное ведение пациентов.

В обоих случаях был одинаковый тип послеоперационного ведения больных.

На 2 сутки после операционного вмешательства накладывалась повязка с эластической фиксацией пальцев в положении гиперкоррекции в плюснефаланговых суставах (подошвенное сгибание).

На 14 сутки производилась перевязка послеоперационных ран со снятием швов и повторно накладывалась повязка в положении гиперкоррекции в плюснефаланговых суставах до 28 дня с момента операции, после чего повязки снимались.

Всем больным была разрешена нагрузка на прооперированные конечности на следующие сутки после оперативного вмешательства, с использованием специальной ортопедической обуви. Рекомендации по ношению ортопедической обуви были различны и зависели от типа реконструктивного вмешательства на 1 плюсневой кости, после SCARF остеотомии обувь использовалась на протяжении 6 недель после операции, после Shevron остеотомии 4 недели, после артродеза 1 плюснефалангового сустава 8 недель.

Результаты и методы их оценки.

Предоперационные и послеоперационные измерения проводились вручную, без использования компьютеризированной техники.

Производилась оценка следующих предоперационных и послеоперационных рентгенологических параметров:

1. Угол HVA (hallux valgus angle, угол между продольными осями 1 плюсневой кости и основной фаланги 1 пальца стопы).

2. Угол IMA (Intermetatarsal angle, угол между продольными осями 1 и 2 плюсневых костями стопы).

3. Угол PASA (Proximal Articular Set Angle, угол наклона суставной поверхности головки первой плюсневой кости по отношению к ее оси).

4. Критерии Maestro .

Данные измерений представлены в таблицах № 2,3,4,7.

Оценка параметров 1-го луча стопы проводилась в обязательном порядке, ввиду тесных анатомических и биомеханических связей в структуре переднего отдела стопы.

Функция стопы до и после операции оценивалась по шкалам FFI (Foot Functional Index), AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score) Lesser Toes. Оценка результатов в послеоперационном периоде также проводилась по шкале Maryland.

**Этика публикации.**

Исследование соответствует этическим стандартам биоэтического комитета ГКБ №1 им. Н.И. Пирогова Департамента

здравоохранения города Москвы, разработанными в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании.

### Статистический анализ.

Сопоставления двух групп по числовым показателям осуществлялись с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни. Статистическая достоверность различий групп для бинарных и номинальных шкал осуществлялась с использованием критерия Хи-квадрат Пирсона. Анализ взаимосвязей проводился на основе непараметрической ранговой корреляции по Спирмену. При оценке динамики исследуемых критериев по количественным переменным использовался непараметрический критерий Уилкоксона, а для сравнения по бинарным переменным для зависимых выборок – критерий Хи-квадрат МакНемара.

Анализ динамики показателей для сравнения двух периодов осуществлялся на основе непараметрического теста Уилкоксона. Уровень статистической значимости был зафиксирован на уровне 0,05. Статистическая обработка данных производилась с использованием пакетов прикладных программ Statistica 10 и SAS JMP 11.

### Результаты.

На основании анализа данных приведённых в таблице №2 можно сделать вывод о том, что такие показатели, как HVA, PASA, IMA до оперативного вмешательства статистически значимо не различаются между двумя сравниваемыми группами.

Таблица №2

#### Сравнение двух групп по количественным критериям рентгенологических измерений (HVA, PASA, IMA) в период до оперативного вмешательства.

Показатель	Группа №1 ( N= 30)	Группа №2 (N=30)	Уровень P
HVA	45,23 ± 8,98	44,50 ± 10,81	0,7003
PASA	22,27 ± 9,27	23,40 ± 7,50	0,3657
IMA	17,07 ± 3,84	17,07 ± 4,21	0,9224

После проведенного оперативного лечения показатели HVA, PASA, IMA статистически значимо не различаются между двумя сравниваемыми группами, что говорит о схожей биомеханике стоп у обследованных пациентов. Результаты представлены в таблице №3.

Таблица №3

**Сравнение двух групп по количественным критериям рентгенологических измерений (HVA, PASA, IMA) в период после оперативного вмешательства.**

Показатель	Группа №1 (N= 30)	Группа №2 (N=30)	Уровень P
HVA	14,43 ± 8,49	15,40 ± 8,69	0,6837
PASA	12,13 ± 5,99	12,57 ± 6,24	0,7497
IMA	6,70 ± 3,11	8,37 ± 3,16	0,0745

Так же была произведена оценка и статистическая обработка критериев Maestro до и после проведенного оперативного вмешательства, которая говорит нам об отношении длин плюсневых костей до и после оперативного вмешательства.

При оценке критериев Maestro до оперативного вмешательства сделан вывод о том, что только 1 из 4 показателей статистически значимо различается между двумя сравниваемыми группами. Статистически значимое различие обнаружено для показателей «Maestro 2» в группе №2 по отношению к группе №1 (в среднем на 1,1 мм; P = 0,0393). Результаты приведены в таблице №4.

Таблица №4

**Сравнение количественных показателей двух групп по рентгенологическим критериям Maestro до оперативного вмешательства.**

Показатель	Группа №1 (N= 30)	Группа №2 (N=30)	Уровень P
M1M2 index	-0,43 ± 2,62	-1,17 ± 2,78	0,3399
Maestro 1	3,13 ± 1,48	4,00 ± 2,00	0,1086
Maestro 2	4,27 ± 2,03	5,37 ± 1,92	0,0393
Maestro 3	9,10 ± 1,86	9,60 ± 1,83	0,2485

Наиболее значимые различия обнаружены для показателя «Maestro 1, мм» в группе №1 по отношению к группе №2 (в среднем на 2,0 мм; P = 0,0004); показателя Maestro 2 в группе №2 по отношению к группе №1 (в среднем на 2,3 мм; P <0,0001).

Оценка и статистическая обработка функциональных результатов по шкалам AOFAS Lesser Toes, FFI, Maryland.

Произведена оценка функции стопы до оперативного вмешательства по шкалам AOFAS Lesser Toes и FFI. На основании полученных данных и их статистической обработки можно сделать вывод о том, что все показатели статистически значимо не отличаются в сравниваемых группах. Результаты приведены в таблице №5.

Оценка функции стопы после оперативного вмешательства производилась по шкалам AOFAS Lesser Toes, FFI, Maryland. На основании полученных данных представленных в таблице №6 сделан вывод о статистически значимых различиях между двумя сравниваемыми группами. Отмечено улучшение сред-

них показателей по шкале AOFAS Lesser Toes в группе №2 до 77,97 баллов по сравнению с 55,2 баллами в группе №1. Так же отмечено снижение среднего процента по шкале FFI в группе №2 до 9.7% по сравнению с 21.9 % в группе №1. По шкале Maryland так же отмечен лучший средний балл в группе №2, составивший 84,80 баллов по сравнению с 75,9 в группе №1.

Таблица №5

**Сравнение количественных показателей двух групп по AOFAS Lesser Toes и FFI до оперативного вмешательства.**

Показатель	Группа №1 (N= 30)	Группа №2 (N=30)	Уровень P
AOFAS lesser Toes	37,10 ± 12,32	35,73 ± 12,71	0,8241
FFI	42,27 ± 9,64	46,00 ± 9,83	0,1629

Таблица №6

**Сравнение количественных показателей двух групп по AOFAS Lesser Toes, FFI, Maryland после оперативного вмешательства.**

Показатель	Группа №1 (N= 30)	Группа №2 (N=30)	Уровень P
AOFAS Lesser Toes	55,20 ± 17,10	77,97 ± 13,23	<0,0001
FFI	21,90 ± 17,40	9,70 ± 12,98	0,0029
Maryland	75,90 ± 8,63	84,80 ± 8,78	0,0002

**Оценка динамики исследуемых критериев до и после оперативного вмешательства.**

При оценке динамики изменений HVA, PASA, IMA в обеих исследуемых группах получены статистически значимые изменения. Наиболее значимые изменения обнаружены для показателя HVA (в группе №2) (в среднем на 29,1 градусов; P <0,0001); показателя IMA (в группе №1) (в среднем на 10,4 градусов; P <0,0001); показателя HVA (в группе №1) (в среднем на 30,8 градусов; P <0,0001). Результаты оценки приведены в таблице №7

При оценке динамики изменения критериев Maestro выявлено, что 4 из 8 критериев статистически значимо изменились. Наиболее значимые изменения обнаружены для «Maestro 1» (в группе № 2) (в среднем на 3,1 мм; P <0,0001); «Maestro 3» (в группе №1) (в среднем на 2,5 мм; P <0,0001); «Maestro 2» (в группе №1) (в среднем на 1,3 мм; P <0,0001). Наименьшие изменения между периодами наблюдаются у следующих показателей: «M1M2 index, мм», «Maestro 1, мм» и «Maestro 2, мм» (P > 0,2796). Результаты приведены в таблице №8.

Таблица №7

**Оценка динамики изменений HVA, PASA, IMA в обеих группах.**

Группа	Показатель	М ± S, до операции	М ± S, после операции	Изменение среднего	Уровень Р
Группа 1	HVA	45,23 ± 8,98	14,43 ± 8,49	-30,80	<0,0001
Группа 1	PASA	22,27 ± 9,27	12,13 ± 5,99	-10,40	0,0002
Группа 1	IMA	17,07 ± 3,84	6,70 ± 3,11	-10,37	<0,0001
Группа 2	HVA	44,50 ± 10,81	15,40 ± 8,69	-29,10	<0,0001
Группа 2	PASA	23,40 ± 7,50	12,57 ± 6,24	-10,83	<0,0001
Группа 2	IMA	17,07 ± 4,21	8,37 ± 3,16	-8,70	<0,0001

Таблица №8

**Оценка динамики изменений критериев Maestro до и после оперативного лечения.**

Группа	Показатель	М ± S, до операции	М ± S, после операции	Изменение среднего	Уровень Р
Группа 1	M1M2 index, мм	-0,43 ± 2,62	-1,00 ± 1,53	-0,57	0,2322
Группа 1	Maestro 1, мм	3,13 ± 1,48	2,90 ± 2,14	-0,23	0,5561
Группа 1	Maestro 2, мм	4,27 ± 2,03	3,00 ± 1,62	-1,27	<0,0001
Группа 1	Maestro 3, мм	9,10 ± 1,86	6,60 ± 1,96	-2,50	<0,0001
Группа 2	M1M2 index, мм	-1,17 ± 2,78	-0,83 ± 1,90	0,33	0,2796
Группа 2	Maestro 1, мм	4,00 ± 2,00	0,90 ± 1,97	-3,10	<0,0001
Группа 2	Maestro 2, мм	5,37 ± 1,92	5,30 ± 1,99	-0,07	0,8977
Группа 2	Maestro 3, мм	9,60 ± 1,83	5,93 ± 1,08	-3,67	<0,0001

Анализ динамики изменений показателей шкал AOFAS Lesser Toes и FFI, для оценки функции стопы показал статистически значимое изменение всех исследуемых критериев. Наиболее значимые изменения обнаружены для показателя «AOFAS Lesser Toes» (в группе №2) (в среднем на 42,2 балла; P <0,0001);

показателя «FFI» (в группе №2) (в среднем на 36,3 %; P <0,0001). Результаты приведены в таблице №9.

Таблица №9

**Оценка динамики изменений показателей шкал AOFAS Lesser Toes и FFI.**

Группа	Показатель	М ± S, до операции	М ± S, после операции	Изменение среднего	Уровень Р
Группа 1	AOFAS Lesser Toes	37,10 ± 12,32	55,20 ± 17,10	18,10	<0,0001
Группа 1	FFI	42,27 ± 9,64	21,90 ± 17,40	20,37	<0,0001
Группа 2	AOFAS Lesser Toes	35,73 ± 12,71	77,97 ± 13,23	42,23	<0,0001
Группа 2	FFI	46,00 ± 9,83	9,70 ± 12,98	36,30	<0,0001

В процессе обследования пациентов группы №1 и группы №2 выявлено, что все остеотомии достигли клинико - рентгенологических признаков полной консолидации не позднее 12 недели с момента проведенного оперативного лечения, случаев не сращения у обследуемых пациентов не выявлено.

**Обсуждение.**

В мировой литературе описано много методов лечения метатарзалгии. Лидирующим методом лечения является классическая остеотомия Weil. Однако из сообщений многих авторов до сих пор остается большой процент осложнений связанных с проведением данной остеотомии и большой процент неудовлетворительных результатов лечения как следствие необходимость в повторных ревизионных вмешательствах, что имеет важное медицинское и социальное значение, ведь клинические проявления метатарзалгии снижают работоспособность и увеличивают период нетрудоспособности, а ревизионные вмешательства являются финансово не выгодными для системы здравоохранения.

Так в исследовании Gregg et al. [23] были обследованы 23 прооперированных пациента, с использованием классической методики Weil остеотомии. Средний срок наблюдения за пациентами составил 26 месяцев. За период наблюдения было получено всего лишь 74% хороших результатов по шкале AOFAS для переднего отдела стопы.

В исследовании Garg et al. [24] было обследовано 48 пациентов, всем выполнена Weil остеотомия по классической методике, по результатам исследования по шкале AOFAS для переднего отдела стопы выявили 60% хороших результатов за 13 месячный период наблюдения.



В исследовании Pérez Munoz *et al.* [25] было обследовано 93 пациента, средний срок наблюдения после оперативного вмешательства составил 6 месяцев. По результатам обследования по шкале AOFAS для переднего отдела стопы получено 80% хороших результатов лечения за период наблюдения.

В исследовании Castro *et al.* [26] обследовано 30 пациентов, средний срок наблюдения составил 11 месяцев, по результатам шкалы AOFAS для переднего отдела стопы получено 68% хороших результатов.

В исследовании Henry *et al.* [27] обследовано 33 пациента, средний срок наблюдения составил 14 месяцев, в конце исследования получено 85% хороших результатов.

В основной группе нашего исследования участвовало 30 пациентов, каждому выполнены модификация Weil остеотомии по разработанной нами методике (Патент РФ 08.11.2019№219.017.DF33, № охранного документа 0002705233). Результаты лечения оценены по шкалам AOFAS Lesser Toes, FFI, Maryland, средний срок наблюдения за пациентами составил 15 месяцев. В обследуемой группе удалось добиться значительного прироста среднего балла по шкале AOFAS Lesser Toes, с 35,73 до 77,97 баллов, по шкале FFI удалось добиться улучшения функции стопы с 46% до 9,7% в средних значениях. Так же проведена оценка функции стопы, после оперативного лечения, по шкале Maryland, средний балл составил 84,8 баллов, что соответствует хорошим результатам. В сравнении с контрольной группой удалось добиться статистически значимых различий в результатах лечения по шкалам AOFAS Lesser Toe, FFI, Maryland. Никому из обследованных пациентов не потребовалось повторных ревизионных вмешательств, связанных с рецидивом метатарзалгии или возникновением трансферной метатарзалгии. С целью соблюдения равных условий для сравнительного анализа в наше исследование были включены пациенты без сопутствующих системных заболеваний, таких как ревматоидный артрит, псориаз, подагра, что позволило исключить необходимость проведения дифференциальной диагностики между механической метатарзалгией и артритом плюснефаланговых суставов, связанных с системной воспалительной патологией.

Описанные результаты лечения, по нашему мнению, достигнуты за счет преимуществ модифицированной остеотомии Weil. Предложенный метод позволяет снизить хирургическую агрессию за счет меньшей травматизации мягких тканей, снижает время хирургического вмешательства за счет отсутствия необходимости в накостной фиксации, что так же снижает стоимость оперативного вмешательства и необходимость в материально-техническом обеспечении связанным с установкой металлофиксаторов. В результате применения данной методики продольная декомпрессия переднего отдела стопы достигается индивидуально для каждого пациента, в соответствии с натяжением мягкотканного компонента деформации, восстановление нагрузочной кривой, как в сагиттальной, так и во фронтальной плоскостях происходит по линиям натяже-

ния сухожильно-мышечных комплексов. Отсутствие металлофиксаторов позволяет нивелировать риск раскалывания тыльного кортикального фрагмента, что зачастую происходит при фиксации накостным имплантом. Отсутствие металлофиксаторов исключает риск перфорации головки плюсневой кости в послеоперационном периоде, при начале активной нагрузки на оперированную конечность, так же снижается риск инфекционных осложнений и хронизации инфекции в области металлофиксатора. Учитывая сложность дифференциальной диагностики пропульсивной и непропульсивной метатарзалгии у пожилых пациентов с длительно существующей деформацией, модификация, предложенная нами, может быть универсальна, так как за счет выпиливания элевационного паза достигается достаточная степень элевации дистального остеотомированного фрагмента, что позволяет купировать симптомы как пропульсивной так и не пропульсивной метатарзалгии во 2 и 3 цикле шага. Геометрия опилов в описываемой методике позволяет избежать “качательной” нестабильности костных фрагментов и избыточной подошвенной ротации дистального фрагмента при укорочении плюсневой кости без накостной фиксации, а длинная плоскость остеотомии позволяет создать лучшие условия для консолидации остеотомированных фрагментов в условиях отсутствия внутренней фиксации в сроки сопоставимые с классической Weil остеотомией.

#### Заключение.

Предложенная модификация Weil остеотомии может быть использована в клинической практике, как эффективный и безопасный метод лечения пропульсивной метатарзалгии. Данная модификация остеотомии позволит сохранить все положительные стороны ее классического варианта, снизить стоимость лечения и потребность в материально-технических условиях, добиться значимого улучшения функции стопы после оперативного лечения.

#### Список литературы / References:

1. Gait Analysis: Normal and Pathological Function. *J Sports Sci Med.* 2010 Jun 1;9(2):353. PMID: PMC3761742.
2. Highlander P, VonHerbulis E, Gonzalez A, Britt J, Buchman J. Complications of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Spec.* 2011 Jun;4(3):165-70. doi: 10.1177/1938640011402822.
3. Maceira E, Monteagudo M. Mechanical Basis of Metatarsalgia. *Foot Ankle Clin.* 2019 Dec;24(4):571-584. doi: 10.1016/j.fcl.2019.08.008.
4. Roukis TS. Central metatarsal head-neck osteotomies: indications and operative techniques. *Clin Podiatr Med Surg.* 2005 Apr;22(2):197-222, vi. doi: 10.1016/j.cpm.2004.10.003.
5. Bellaaj Z, Dhia SB, Allagui M, Aloui I, Othmen Y, Zrig M, Koubaa M, Abid A. Place des gestes associés à l'ostéotomie de Scarf dans le traitement de l'hallux valgus [Treatments associated with scarf osteotomy for hallux valgus correction]. *Pan Afr Med J.* 2018 Oct 29;31:148. French. doi: 10.11604/pamj.2018.31.148.15993.

6. Javier Pascual Huerta, Carlos Arcas Lorente, Francisco Javier García Carmona, The Weil osteotomy: A comprehensive review, *Revista Española de Podología*, Volume 28, Issue 2, 2017, Pages e38-e51, ISSN 0210-1238, <https://doi.org/10.1016/j.repod.2017.10.003>.
7. Sorensen MD, Weil L Jr. Lesser Metatarsal Osteotomy. *Clin Podiatr Med Surg*. 2015 Jul;32(3):275-90. doi: 10.1016/j.cpm.2015.03.010.
8. Barouk, L.S. (2005). The Weil Lesser Metatarsal Osteotomy. In: *Forefoot Reconstruction*. Springer, Paris. [https://doi.org/10.1007/2-287-28937-2\\_2](https://doi.org/10.1007/2-287-28937-2_2)
9. Wagner E, O'Connell LA, Radkivich R, Caicedo N, Mococain P, Wagner P. Incidence of and Functional Significance of Floating Toe After Weil Osteotomy. *Foot Ankle Orthop*. 2019 Dec 19;4(4):2473011419891956. doi: 10.1177/2473011419891956.
10. Hofstaetter SG, Hofstaetter JG, Petroustas JA, Gruber F, Ritschl P, Trnka HJ. The Weil osteotomy: a seven-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br*. 2005 Nov;87(11):1507-11. doi: 10.1302/0301-620X.87B11.16590.
11. Sorensen MD, Weil L Jr. Lesser Metatarsal Osteotomy. *Clin Podiatr Med Surg*. 2015 Jul;32(3):275-90. doi: 10.1016/j.cpm.2015.03.010.
12. Schuh R, Trnka HJ. Metatarsalgia: distal metatarsal osteotomies. *Foot Ankle Clin*. 2011 Dec;16(4):583-95. doi: 10.1016/j.fcl.2011.08.009.
13. Wagner E, O'Connell LA, Radkivich R, Caicedo N, Mococain P, Wagner P. Incidence of and Functional Significance of Floating Toe After Weil Osteotomy. *Foot & Ankle Orthopaedics*. 2019;4(4). doi:10.1177/2473011419891956.
14. Javier Pascual Huerta, Carlos Arcas Lorente, Francisco Javier García Carmona, La osteotomía de Weil: una revisión comprensiva, *Revista Española de Podología*, Volume 28, Issue 2, July–December 2017, Pages 99-112. doi: 10.1016/j.repod.2017.10.003
15. Yeo NE, Loh B, Chen JY, Yew AK, Ng SY. Comparison of early outcome of Weil osteotomy and distal metatarsal mini-invasive osteotomy for lesser toe metatarsalgia. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2016 Dec;24(3):350-353. doi: 10.1177/1602400315.
16. García-Fernández D, Gil-Garay E, Lora-Pablos D, De-la-Cruz-Bértolo J, Llanos-Alcázar LF. Comparative study of the Weil osteotomy with and without fixation. *Foot Ankle Surg*. 2011 Sep;17(3):103-7. doi: 10.1016/j.fas.2010.02.001.
17. Егизарян К.А., Мирошникова Е.А., Жаворонков Е.А., Ратьев А.П., and Абилемец А.С.. «АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ У ПАЦИЕНТОВ СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ» *Политравма*, 2021(3):46-53. [Egiazaryan K.A., Miroshnikova E.A., Zhavoronkov E.A., Rat'ev A.P., and Abilemets A.S.. "Analiz rezul'tatov operativnogo lecheniya slozhnykh kompleksnykh deformatsii perednego otdela stopy u patsientov starshei vozrastnoi gruppy" *Politramva*, 2021(3):46-53] doi:10.24412/1819-1495-2021-3-46-53
18. Highlander P, VonHerbulis E, Gonzalez A, Britt J, Buchman J. Complications of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Spec*. 2011 Jun;4(3):165-70. doi:10.1177/1938640011402822.
19. Maestro M, Besse JL, Ragusa M, Berthonnaud E. Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy. *Foot Ankle Clin*. 2003 Dec;8(4):695-710. doi: 10.1016/s1083-7515(03)00148-7.
20. Biz C, Corradin M, Kuete Kanah WT, Dalmau-Pastor M, Zorretta A, Volpin A, Ruggieri P. Medium-Long-Term Clinical and Radiographic Outcomes of Minimally Invasive Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy (DMMO) for Central Primary Metatarsalgia: Do Maestro Criteria Have a Predictive Value in the Preoperative Planning for This Percutaneous Technique? *Biomed Res Int*. 2018 Nov 15;2018:1947024. doi:10.1155/2018/1947024.
21. Devos Bevernage B, Leemrijse T. Predictive value of radiographic measurements compared to clinical examination. *Foot Ankle Int*. 2008 Feb;29(2):142-9. doi: 10.3113/FAI.2008.0142.
22. Deleu PA, Pod H, Leemrijse T, Birch I, Vande Berg B, Bevernage BD. Reliability of the Maestro radiographic measuring tool. *Foot Ankle Int*. 2010 Oct;31(10):884-91. doi: 10.3113/FAI.2010.0884.
23. Nery C, Raduan FC, Catena F, Mann TS, de Andrade MA, Baumfeld D. Plantar plate radiofrequency and Weil osteotomy for subtle metatarsophalangeal joint instability. *J Orthop Surg Res*. 2015 Nov 19;10:180. doi: 10.1186/s13018-015-0318-1.
24. Garg R, Thordarson DB, Schrupf M, Castaneda D. Sliding oblique versus segmental resection osteotomies for lesser metatarsophalangeal joint pathology. *Foot Ankle Int*. 2008 Oct;29(10):1009-14. doi:10.3113/FAI.2008.1009.
25. Pérez-Muñoz I, Escobar-Antón D, Sanz-Gómez TA. The role of Weil and triple Weil osteotomies in the treatment of propulsive metatarsalgia. *Foot Ankle Int*. 2012 Jun;33(6):501-6. doi: 10.3113/FAI.2012.0501.
26. Rivero-Santana A, Perestelo-Pérez L, Garcés G, Álvarez-Pérez Y, Escobar A, Serrano-Aguilar P. Clinical effectiveness and safety of Weil's osteotomy and distal metatarsal mini-invasive osteotomy (DMMO) in the treatment of metatarsalgia: A systematic review. *Foot Ankle Surg*. 2019 Oct;25(5):565-570. doi: 10.1016/j.fas.2018.06.004.
27. Henry J, Besse JL, Fessy MH; AFCP. Distal osteotomy of the lateral metatarsals: a series of 72 cases comparing the Weil osteotomy and the DMMO percutaneous osteotomy. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2011 Oct;97(6 Suppl):S57-65. doi: 10.1016/j.otsr.2011.07.003.

#### Информация об авторах:

**Егизарян Карен Альбертович, д.м.н.**, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, директор университетской клиники травматологии и ортопедии, г. Москва, Россия. E-mail: egkar@mail.ru

**Ратьев Андрей Петрович д.м.н.** профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, врач травматолог-ортопед ГКБ№1 им Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия. E-mail: anratiev@gmail.com

**Лазивили Гурам Давидович, д.м.н.** профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, врач трав-

матолог-ортопед ГКБ№1 им Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия.  
E-mail: guramlaz@gmail.com

**Мирошникова Екатерина Александровна**, к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, врач травматолог-ортопед ГКБ№1 им Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия.  
E-mail: e\_miroshnikova@mail.ru

**Жаворонков Евгений Александрович** к.м.н. доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, заведующий 1 травматологическим отделением ГКБ№1 им Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия. E-mail: ezhavoronkov@mail.ru

**Абилеметц Алексей Сергеевич**– врач травматолог-ортопед ГКБ№1 им Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия. E-mail: abilemets@mail.ru

#### Information about authors:

**Karen A. Egiazaryan**, MD, PhD, professor, chief of chair of traumatology, orthopedics and military surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia. E-mail: egkar@mail.ru

**Andrey P. Ratyev**, MD, PhD, professor of chair of traumatology, orthopedics and military surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; trauma doctor, City Clinical Hospital No.1, Moscow, Russia. E-mail: anratiev@gmail.com

**Guram D. Lazishvili** MD, PhD, professor of chair of traumatology, orthopedics and military surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; trauma doctor, City Clinical Hospital No.1, Moscow, Russia. E-mail: anratiev@gmail.com

**Ekaterina A. Miroshnikova**, Cand. Sc., associate Professor of the Department of Traumatology, orthopedics and military surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia; trauma doctor, City Clinical Hospital No.1, Moscow, Russia. E-mail: e\_miroshnikova@mail.ru

**Evgeny A. Zhavoronkov**, Cand. Sc., associate Professor of the Department of Traumatology, orthopedics and military surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia; trauma doctor, City Clinical Hospital No.1, Moscow, Russia. E-mail: ezhavoronkov@mail.ru

**Aleksey S. Abilemets**, trauma doctor, City Clinical Hospital No.1, Moscow, Russia. E-mail: Abilemets@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-41-46>

УДК 617.3

© А.К. Орлецкий, Д.О. Васильев, К.В. Шкуро, 2022

Оригинальная статья / Original article



## ОПЕРАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ СВЕЖИХ И ЗАСТАРЕЛЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАПСУЛЬНО-СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

А.К. ОРЛЕЦКИЙ<sup>1</sup>, Д.О. ВАСИЛЬЕВ<sup>1</sup>, К.В. ШКУРО<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «НМИЦ ТО им Н.Н.Приорова МЗ России г. Москва, 127299, Россия

### Резюме

**Цель:** совершенствование оперативного лечения свежих и застарелых повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава. **Материал и методы.** В работе проведен анализ результатов лечения пациентов с повреждениями капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава, получавших лечение в отделении травматологии и ортопедии №4 ФГБУ «НМИЦ ТО им Н.Н.Приорова», г. Москва в период 2012-2020г. Все операции выполнялись одним хирургом. Общее количество пациентов – 103, с повреждениями капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава (103 сустава), в 72 случаях имели место свежие повреждения, в 31 - застарелые (более 3 недель после травмы). Ретроспективному анализу с оценкой результатов были доступны 92 пациента со сроками наблюдения более 12 мес. с момента выполненного вмешательства. Из прооперированных пациентов 59 человек составили мужчины и 33 женщины, средний возраст 35 лет. Средний срок наблюдения 52 месяца (18-80). После проведенного лечения и восстановления, пациенты не наблюдали функциональной и механической нестабильности оперированного сустава. **Результат.** Оценка функциональных результатов по шкалам (ВАШ и AOFAS) показала значительное улучшение параметров в послеоперационном периоде по сравнению с предоперационным опросом, это было статистически значимо ( $P < 0,05$ ). По шкале ВАШ уменьшение средних показателей с 5,8 (4-8) баллов в предоперационном периоде до 1 (0-3) баллов. По шкале AOFAS средний балл улучшился с 52 (42-68) до 91 (81-100). В большинстве случаев результаты оперативного лечения свежих и застарелых повреждений были хорошими и отличными. Более 2/3 пациентов возобновили нормальный уровень активности до травмы (включая занятия спортом), менее чем у 1/3 наблюдалось некоторое снижение нормального уровня активности. **Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности и патогенетической обоснованности методик, применявшегося лечения. Несмотря на ограниченные сроки наблюдения, публикация данной работы является актуальной.

**Ключевые слова:** голеностопный сустав, оперативное лечение, капсульно-связочного аппарата

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

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

**Для цитирования:** Орлецкий А.К., Васильев Д.О., Шкуро К.В., Оперативное лечение свежих и застарелых повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022.№3(49). С.41-46 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-41-46>

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

## SURGICAL TREATMENT OF FRESH AND LONG-STANDING INJURIES OF THE CAPSULAR LIGAMENOUS APPARATUS OF THE ANKLE JOINT

ANATOLY K. ORLETSKY<sup>1</sup>, DMITRY O. VASILIEV<sup>1</sup>, KONSTANTIN V. SHKURO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FGBU NMITS TO. N.N. Priorov of the Ministry of Health of Russia (CITO), Moscow, 127299, Russia

### Abstract

**Objective:** to improve the surgical treatment of acute and long-standing injuries of the capsular ligamentous apparatus of the ankle joint. **Material and methods.** The paper analyzes results of the treatment of patients with the ankle sprain in the Center Traumatology and Orthopedics Moscow during 2012-2020. All implantations were performed by one surgeon. 103 patients underwent lateral ankle repair (103 joints), 72 patients with acute ankle sprain, 31 chronic ankle instability. 92 patients with the follow-up periods of over 12 months after the procedure were available for a retrospective analysis with the assessment of results. There were 59 men and 33 women, with the mean age of 35. The mean follow-up period is 52 months (18-80). After the surgical treatment and rehabilitation, the patients did not observe functional and mechanical ankle instability of the operated joint.

**Result.** Evaluation of the functional results on the scales (VAS and AOFAS) showed a significant improvement in parameters of the postoperative period compared to the preoperative survey ( $P < 0.05$ ). According to the VAS scale, the mean values decreased from 5.8 (4-8) points in the preoperative period to 1 (0-3) points. On the AOFAS scale, there was an increase from 52 (42-68) to 91 (81-100). In most of the cases, the results of operative treatment of «fresh» and long-standing injuries were «good» and «great». More than 2/3 of the patients resumed normal activity levels before the injury (including sports), less than 1/3 had a slight decrease in normal activity levels.

**Conclusion.** The obtained results indicate high efficiency and pathogenetic validity of the methods used for treatment.

**Key words:** ankle, operative treatment, the capsule-ligament apparatus

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Orletsky A.K., Vasiliev D.O., Shkuro K.V., Surgical treatment of fresh and long-standing injuries of the capsular ligamentous apparatus of the ankle joint. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3. pp.41-46 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-41-46>

## Введение

Повреждения капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава являются одними из наиболее распространенных в структуре травм опорно-двигательной системы, достигая 30% от числа всех мягкотканых повреждений, особенно среди молодого населения, занимающегося спортом [1,2]. Несмотря на постоянное развитие методов диагностики и консервативного лечения, совершенствование техники оперативных вмешательств, в настоящее время частота неудовлетворительных исходов остается высокой, превышает 20%, что в ряде случаев приводит к ограничению или потере трудоспособности, а также является потенциальной причиной инвалидности. Данное обстоятельство придает проблеме совершенствования оперативного лечения повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава не только клиническую, но и высокую социально-экономическую значимость, что обусловлено высокой распространенностью данного вида травмы у трудоспособного населения, лиц молодого возраста, спортсменов [3, 4, 16].

Актуальность проблемы совершенствования оперативного лечения повреждений голеностопного сустава является следствием сложности его анатомического строения, обусловленной особенностями взаимоотношений соединительнотканых и костных элементов, а также многообразием биомеханики и функций.

Большинство современных авторов выделяют следующие основные виды травматических повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава [5, 6]:

1. повреждение медиальной группы связок;
2. повреждение латеральной группы связок;
3. высокое повреждение структур капсульно-связочного аппарата (межберцовый синдесмоз).

Наиболее распространенным является повреждение латеральной группы связок, составляющее от 75 до 90% всех случаев травм капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава. К данной группе относят переднюю таранно-малоберцовую, заднюю таранно-малоберцовую и пяточно-малоберцовую связки. В большинстве случаев (около 70%) наблюдается повреждение

передней таранно-малоберцовой связки, механизмом которого является подошвенное сгибание с одномоментным приведением и инверсией стопы. Второе место по распространенности занимает повреждение пяточно-малоберцовой связки вследствие тыльного сгибания с одновременным приведением и инверсией стопы [7, 8].

Повреждение медиальной группы связок голеностопного сустава встречается гораздо реже, его распространенность находится в диапазоне от 10 до 25% от всех случаев травм капсульно-связочного аппарата. Механизмом данного вида повреждения является одновременное отведение с чрезмерной эверсией стопы. Наиболее редким видом травмы капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава является изолированное повреждение межберцового синдесмоза. Частота данной патологии, как правило, не превышает 0,5-1%. При этом данное повреждение относят к наиболее тяжелым, что обусловлено наиболее часто встречающимися случаями неудовлетворительного результата лечения и инвалидизации пациента вследствие остеохондрального повреждения большеберцовой и таранной кости, развития хронической нестабильности голеностопного сустава и быстрому формированию выраженного деформирующего крузартроза. Механизм повреждения межберцового синдесмоза в большинстве случаев связан с дорсофлексией стопы на фоне чрезмерной наружной ротации [7, 8].

Застарелые повреждения капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава, как правило, связаны с неадекватно проведенным первичным лечением. Причиной этого могут быть как ошибки при выполнении диагностических и лечебных мероприятий, так и несвоевременное обращение за медицинской помощью [1, 9, 10].

Впервые при повреждении наружных связок и нестабильности голеностопного сустава, анатомическую реконструкцию описал Леннарт Бростром, в 1966 году. С тех пор в литературе было описано более 60 модификаций. В литературе описаны хорошие или отличные результаты у 90% пациентов, использующих модифицированную методику Брострома. Использование анкерных фиксаторов было описано в литературе при хирургическом лечении латеральной нестабильности голеностопного сустава

еще в 1991 году Гессом и в 1994 году Паденом. С тех пор другие исследования продемонстрировали, что анкерные фиксаторы являются «полезным» дополнением в арсенале хирургов при анатомической реконструкции связочного аппарата [1, 4, 16].

Таким образом, значительная распространенность, многообразие и сложность повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава, наряду с достаточно высокой частотой неудовлетворительных результатов оперативного лечения обуславливают существенную значимость рассматриваемой проблемы.

**Цель исследования:** совершенствование оперативного лечения свежих и застарелых повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава путем проведения ретроспективного анализа.

### Материал и методы исследования

В отделении травматологии и ортопедии №4 ФГБУ «НМИЦ ТО им Н.Н.Приорова», г. Москва в период 2012-2020г., проведено оперативное лечение 103 пациентам с повреждениями капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава. Все пациенты оперированы одним хирургом. В 72 случаях имели место свежие повреждения, в 31 - застарелые (более 3 недель после травмы). Изолированные повреждения передней таранно-малоберцовой связки были отмечены у 58 пациентов, сочетание данного повреждения с разрывом малоберцовой пяточной связки - у 32, с разрывом дельтовидной связки - у 13 пострадавших. В большинстве случаев повреждению связок сопутствовало повреждение латерального отдела суставной капсулы.

Перед операцией были выполнены стандартные рентгенограммы голеностопного сустава в прямой и боковой проекции, а также УЗИ и МРТ исследования по клиническим показаниям. Оценка ВАШ и AOFAS проводилась до операции, в 3, 12 месяцев после операции и ноябре-декабре 2020 года, также проводилась клиническая оценка стабильности и тщательный анамнез в отношении спортивных и физических возможностей (при необходимости использовался опросник SF-36).

При свежих повреждениях оперативное лечение проводили с применением: «открытой» методики Brostrom[11] в модификации Gould[12] в 22 случаях, артроскопически по методике ArthroBrostrom[13,14] - у 10 пострадавших. В 10 случаях у пациентов, занимающихся спортом «открытая» операция Brostrom-Gould была дополнена пластикой с использованием ленты Fiber Tape (методика InternalBrace «Arthrex») или выполнялась методика тройной «обжарки» (triple breasting). Чаще всего выполнялся стандартный наружный доступ (рис. 2), при фиксации поврежденных связок к наружной лодыжке использовали анкерные фиксаторы: FASTack, PushLock (Arthrex), Fastin (Mitek DePuy) и TwinFix (Smith&Nephew).

С целью восстановления поврежденного межберцового синдесмоза у 32 пациентов применяли как канюлированные,

так и неканюлированные спонгиозные винты. У 15 пациентов данные винты были биодеградируемыми. В 16 случаях с этой целью использовались «пуговчатые фиксаторы» Tight Rope (Arthrex) или FLIPPTEC (K.Storz).

При застарелых повреждениях 15 пациентам проведена операция Brostrom-Gould. В ходе лечения 11 пострадавших операции по данной методике сочетались с пластикой IternalBrace (Arthrex)[15]. В 7 случаях у пациентов с выраженной латеральной нестабильностью считали целесообразным выполнение анатомической реконструкции с использованием пластического материала - аутосухожилия нежной мышцы (рис 1, 2). Мы не выполняли неанатомическую реконструкцию наружного связочного аппарата голеностопного сустава: Эванса, Крисмана-Снука и Уотсона-Джонса (Evans, Chrisman-Snook, Watson-Jones), так как данные операции нарушают нормальную анатомию, проводя к патологической кинематики голеностопного и подтаранного суставов, ограничению эверсии, а также к ригидности заднего отдела стопы, при этом общехирургические осложнения, такие как - раневая инфекция и повреждение икроножного нерва, по сравнению с анатомическими реконструкциями, увеличивается в разы.

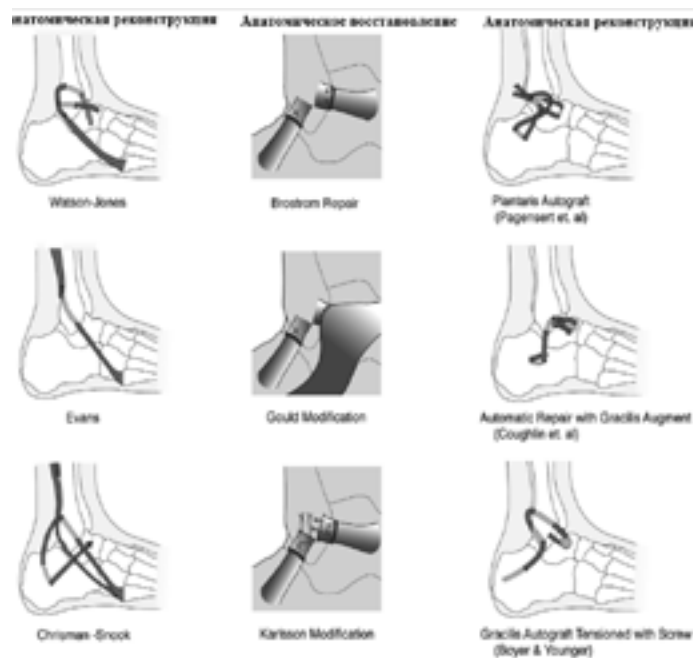


Рис. 1.

Ретроспективному анализу с оценкой результатов были доступны 92 пациента со сроками наблюдения более 12 месяцев с момента выполненного вмешательства, пациенты со сроками наблюдения менее 12 мес. исключены из данной работы. Осмотр и опрос проводился при посещении пациентами поликлиники центра (для жителей региона), а также по телефону и средствам удаленной визуализации.

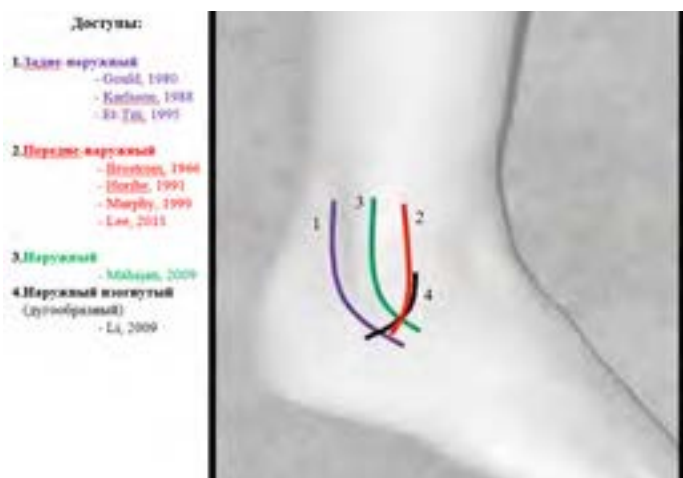


Рис. 2.

Из прооперированных пациентов 59 человек (68,1%) составили мужчины и 33 (31,9%) женщины. Операция на правом голеностопном суставе выполнена 56 (63,9%) и левого 36 (36,1%) раз. Возраст прооперированных пациентов от 18 (минимальное значение) до 55 (максимальное), среднее значение 35,0 лет.

После проведенного лечения и восстановления, пациенты не наблюдали функциональной и механической нестабильности оперированного сустава.

### Результаты исследования

Средний срок наблюдения 52 месяца (18-80). Все пациенты наблюдались одним оперирующим хирургом. Всем пациентам при выписке рекомендован консультативный осмотр в сроки 3, 6, 12 месяцев, в последующем один раз в год.

Оценка функциональных результатов по шкалам (ВАШ и AOFAS) показала значительное улучшение параметров в послеоперационном периоде по сравнению с предоперационным опросом ( $P < 0,05$ ). По шкале ВАШ уменьшение средних показателей с 5,8 (4-8) баллов в предоперационном периоде до 1 (0-3) баллов. По шкале AOFAS средний балл улучшился с 52 (42-68) до 91 (81-100).

Тромбоз вен голени в раннем периоде выявлен у 3 (3,26%) пациентов. Поверхностная инфекция наблюдалась у 4 пациентов (4,34%), швы зажили вторичным натяжением, один пациент жаловался на боль в проекции послеоперационного рубца. Пациент был астеничного телосложения, с небольшим количеством подкожной клетчатки, и один из нерассасывающихся анкерных узлов пальпировался, беспокоил пациента при ношении обуви. Этот узел был иссечен в 9 месяцев, после этого симптомы полностью исчезли.

Также через в отделении проводили оценку по четырехбалльной системе, исходя из конечного клинико-рентгенологического результата, показателей шкал ВАШ и AOFAS.

Критерии оценки результатов лечения:

- «отлично» - полное достижение клинических и рентгенологических критериев восстановления структуры и функции капсульно-связочного аппарата, ВАШ: 0 / AOFAS 90-100 баллов;
- «хорошо» - практически полное достижение клинических и рентгенологических критериев восстановления структуры и функции капсульно-связочного аппарата, ВАШ: 0-1 / AOFAS 80-90 баллов;
- «удовлетворительно» - неполное достижение клинических и рентгенологических критериев восстановления структуры и функции капсульно-связочного аппарата, ВАШ: 1-3 / AOFAS 70-90 баллов;
- «неудовлетворительно» - отсутствие достижения клинических и рентгенологических критериев восстановления структуры и функции капсульно-связочного аппарата, ВАШ: более 3 / AOFAS менее 70 баллов.

Таблица 1

### Оценка результатов оперативного лечения пострадавших со свежими повреждениями голеностопного сустава.

Характеристика техники операции	Оценка результатов лечения пострадавших			
	отличные	хорошие	удовлетв.	неудовлетв.
<b>Ближайшие результаты оперативного лечения(6-12мес.)</b>				
Операция Brostrom-Gould	6	8	6	2
Операция Brostrom-Gould + методика InternalBrace	4	4	2	-
Методика ArthroBrostrom	3	4	3	
Всего	13 (30,9%)	16 (38,1%)	11 (26,2%)	2 (4,8%)
<b>Отдаленные результаты оперативного лечения(более 12мес.)</b>				
Операция Brostrom-Gould	8	7	5	2
Операция Brostrom-Gould + методика InternalBrace	3	4	3	-
Методика ArthroBrostrom	3	4	2	1
Всего	13 (30,9%)	15 (35,7%)	10 (23,8%)	4 (9,5%)



В таблице 2 приведены данные, полученные при исследовании результатов оперативного лечения застарелых повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава.

Таблица 2

**Оценка результатов оперативного лечения пострадавших с застарелыми повреждениями голеностопного сустава.**

Характеристика техники операции	Оценка результатов лечения пострадавших			
	отличные	хорошие	удовлетв.	неудовлетв.
<b>Ближайшие результаты оперативного лечения(6-12мес.)</b>				
Операция Brostrom-Gould	4	7	3	1
Операция Brostrom-Gould + методика InternalBrace	5	6	1	-
Операция анатомическая реконструкция m.gracilis	2	3	1	1
Всего	10 (30,3%)	14 (42,4%)	8 (24,2%)	2 (6,1%)
<b>Отдаленные результаты оперативного лечения(более 12мес.)</b>				
Операция Brostrom-Gould	3	6	4	2
Операция Brostrom-Gould + методика InternalBrace	4	5	2	-
Операция анатомическая реконструкция m.gracilis	3	3	1	1
Всего	8 (24,2%)	15 (30,3%)	11 (33,3%)	4 (12,2%)

### Обсуждение

Проведенный ретроспективный анализ результатов оперативного лечения пострадавших со свежими и застарелыми повреждениями капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава продемонстрировал, что в большинстве случаев наблюдалось полное восстановление функциональных показателей и достижение нормального уровня физической активности. По данным исследования ближайших и отдаленных результатов оперативных вмешательств при свежих повреждениях установлено, что отличного и хорошего результата удалось добиться в 2/3 случаев – более 70%, соответственно. При этом неудовлетворительный результат наблюдался лишь у

двух пациентов (2,17%) в ближайшем послеоперационном периоде и у троих (3,26%) в отдаленном, что является достаточно хорошим показателем, так как по данным большинства литературных источников частота безуспешных операций при данном виде повреждений может превышать 15%. Следует отметить, что большая часть неудовлетворительных исходов была характерна для применения «открытой» операции Brostrom-Gould и была связана с низкой степенью латеральной стабильности голеностопного сустава после проведенного лечения. Применение методики InternalBrace позволило избежать подобных неблагоприятных исходов за счет повышения латеральной стабильности, увеличения времени и степени восстановления функциональной активности. Достаточно хорошие результаты были получены нами при применении методики ArthroBrostrom, однако в данном случае все-таки наблюдался 1 случай неудовлетворительного отдаленного результата оперативного лечения, который мог быть связан как с отсутствием необходимого реабилитационного периода, так и с исходно выраженным повреждением капсульно-связочного аппарата.

Схожие результаты были получены при изучении исходов оперативного лечения застарелых повреждений. В данном случае наилучшие результаты также были получены при проведении операции, обеспечивающий дополнительный компонент латеральной стабильности голеностопного сустава (операция Brostrom-Gould + методика InternalBrace). Мы наблюдали хорошие результаты после проведения анатомической реконструкции наружного связочного аппарата с использованием аутосухожилия нежной мышцы, у пациентов со значительной степенью латеральной нестабильности, данная методика является операцией выбора. Однако анатомическая реконструкция сопряжена риском послеоперационных осложнений, более длительной реабилитацией пациентов и восстановлением, также у данных пациентов часто наблюдается посттравматические изменения хрящевого покрытия блока таранной кости, что является показанием к дополнительным хирургическим манипуляциям(микрофрактурирование, хондропластика и тд.).

### Заключение

Проблема совершенствования оперативного лечения повреждений капсульно-связочного аппарата широко обсуждается в современной литературе и продолжает оставаться актуальной. Разработанные к настоящему времени методики хирургических вмешательств требуют рационального применения и индивидуального подхода, ориентированного на вид и степень повреждения, а также необходимого пациенту уровня послеоперационной функциональной активности. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности и патогенетической обоснованности методик, применявшегося лечения.

## Список литературы / References:

1. Реутов А.И., Давыдов О.Д., Устюжанинова Е.В. Особенности ортоградного стояния у больных с посттравматическим остеоартрозом голеностопного и таранно-пяточного суставов. Гений ортопедии. 2013;(4):48-52. [Reutov A.I., Davydov O.D., Ustyuzhaninova E.V. Osobennosti ortogradnogo stoyaniya u bol'nykh s posttravmaticheskim osteoartrozom golenostopnogo i taranno-pyatochnogo sustavov. Genii ortopedii. 2013;(4):48-52]
2. McGovern R., Martin R. Managing ankle ligament sprains and tears: current opinion. Open Access J. Sports Med. 2016;(7):33-42. doi: 10.2147/OAJSM.S72334
3. Doherty C., Bleakley C., Delahunt E., Holden S. Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain: an overview of systematic reviews with meta-analysis. Br J Sports Med. 2017;51(2):113-125. doi: 10.1136/bjsports-2016-096178
4. Bekerom M.P., Struijs P.A., Blankevoort L., Welling L., van Dijk C.N., Kerkhoffs G.M. What is the evidence for rest, ice, compression, and elevation therapy in the treatment of ankle sprains in adults? J. Athl. Train. 2012;47(4):435-443. doi: 10.4085/1062-6050-47.4.14
5. Petersen W., Rembitzki I.V., Koppenburg A.G. et al. Treatment of acute ankle ligament injuries: a systematic review. Arch. Orthop. Trauma Surg. 2013;133(8):1129-1141. doi: 10.1007/s00402-013-1742-5
6. Слободской А.Б., Балаян В.Д., Хусейн Я.М., Ямщиков О.Н. Современное представление вопроса лечения больных с повреждением голеностопного сустава (обзор литературы). Вестник Тамбовского университета. Серия естественные и технические науки. 2016;21(1):176-181. [Slobodskoi A.B., Balayan V.D., Khusein Ya.M., Yamshchikov O.N. Sovremennoe predstavlenie voprosa lecheniya bol'nykh s povrezhdeniem golenostopnogo sustava (obzor literatury). Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2016;21(1):176-181]
7. Martin R.L., Davenport T.E., Paulseth S., Wukich D.K., Godges J.J., Orthopaedic Section American Physical Therapy Association Ankle stability and movement coordination impairments: ankle ligament sprains. J. Orthop. Sports Phys. Ther. 2013;43(9):1-40. doi: 10.2519/jospt.2013.0305
8. Scillia A.J., Pierce T.P., Issa K. et al. Low Ankle Sprains: A Current Review of Diagnosis and Treatment. Surg Technol Int. 2017;30:411-414.
9. Фомин Н.Ф., Овденко А.Г., Наджафов Р.А.О., Богданов А.Н. Особенности повреждения дистального межберцового синдесмоза у больных с пронационными переломами голеностопного сустава. Травматология и ортопедия России. 2010;(2):22-26 [Fomin N.F., Ovdenco A.G., Nadzhafov R.A.O., Bogdanov A.N. Osobennosti povrezhdeniya distal'nogo mezhbertsovogo sindesmoza u bol'nykh s pronatsionnymi perelomami golenostopnogo sustava. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2010;(2):22-26]
10. Harrasser N., Eichelberg K., Pohlig F., Waizy H., Toepfer A., von Eisenhart-Rothe R. Lateral instability of the upper ankle joint. Orthopade. 2016;45(11):1001-1014.
11. Brostrom L. Sprained ankles V. Treatment and prognosis in recent ligament ruptures. Acta Chir Scan. 1966;132:537-550.
12. Gould N., Seligson D., Gassman J. Early and late rupture of lateral ligament of the ankle. Foot Ankle. 1980;(1):84-89.
13. Acevedo JI., Ortiz C., Golano P., Nery C. ArthroBrostrom lateral ankle stabilization technique an anatomic study. Am. J. Sports Med. 2015;(25):0363-0548 doi: 10.1177/0363546515597464
14. Matsui K., Takao M., Miyamoto W., Matsusita T. Early recovery after arthroscopic repair compared to open repair of the anterior talofibular ligament for lateral instability of the ankle. Arch.Orthop.Trauma.Surg. 2016;136:93-100 doi: 10.1007/s00402-015-2342-3
15. Viens N., Wijdicks K., Compbell R., LaPrade R., Clanton T. Anterior talofibular ruptures, Part 1 – Biomechanical comparison of augmented Brostrom repair techniques with intact anterior talofibular ligament. - Am.J.Sports Med. 2014;42. 2:405 – 411 doi: 10.1177/0363546513510141
16. Molloy A., Ajis A., Kazi H. The modified Brostrom-Gould procedure – Early results using a newly described surgical technique. European Foot and Ankle Society, 2014. doi.org/10.1016/j.fas.2014.01.002.

## Информация об авторах:

**Анатолий Корнеевич Орлецкий** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий 4-м травматологическим отделением ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (ЦИТО), г. Москва, ул Приорова д.10, 127299, Россия, e-mail nova495@mail.ru

**Дмитрий Олегович Васильев** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, врач травматолог-ортопед 4-го травматологического отделения ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (ЦИТО), г. Москва, ул Приорова д.10, 127299, Россия, e-mail A-tendo@mail.ru

**Константин Викторович Шкуро**, врач травматолог-ортопед 4-го травматологического отделения ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (ЦИТО), г. Москва, ул Приорова д.10, 127299, Россия, e-mail dr.shkuro@mail.ru

## Information about authors:

**Anatoly K. Orletsky** - MD, PhD, FGBU NMITS TO. N.N. Priorov of the Ministry of Health of Russia (CITO), Moscow, Russia, e-mail nova495@mail.ru

**Dmitry O. Vasiliev** - PhD, FGBU NMITS TO. N.N. Priorov of the Ministry of Health of Russia (CITO), Moscow, Russia, e-mail A-tendo@mail.ru

**Konstantin V. Shkuro** - orthopedic surgeon FGBU NMITS TO. N.N. Priorov of the Ministry of Health of Russia (CITO), Moscow, Russia, e-mail dr.shkuro@mail.ru

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-47-55>

УДК 617.3

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

Оригинальная статья / Original article



## РАНДОМИЗИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ СГИБАТЕЛЬНОЙ ЩЕЛИ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ НА ФУНКЦИЮ КОЛЕННОГО СУСТАВА

ПАН ЧЖЭНЬЮЙ, А. В. ЛЫЧАГИН, Я. А. РУКИН, А.А. ГРИЦЮК

*<sup>1</sup>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

Плохо сбалансированный, нестабильный или тугоподвижный сустав является основной причиной остаточной боли, неудовлетворенности и ревизии после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС), но определение хорошо сбалансированный сустав остается дискуссионным. Целью исследования явилось изучение влияния точности восстановления сгибаемого промежутка при первичном эндопротезировании коленного сустава, с применением специального инструмента, на функцию коленного сустава и качество жизни пациента.

**Материалы и методы.** Проведено одноцентровое рандомизированное контролируемое исследование 41 пациента с остеоартрозом коленного сустава 3–4 ст. (K-L): первой группе (n=21) выполняли первичное ТЭКС с применением предложенного нами инструмента для прецизионного выполнения резекции задней поверхности мыщелков бедра, второй (n=20) - эндопротезирование по стандартной методике. Всем пациентам до и после операции выполняли КТ, все пациенты проходили тестирование по шкале боли ВАШ, шкалам коленного сустава: OKS, FJS-12, KSS (боль и функция), SF-36 (параметрам: PF, RP, BP, GH, VI, SF, RE, MH), через 3, 6 и 12 месяцев.

**Результаты.** Сравнение высоты стояния суставной щели до и после операции дало высокую статистическую достоверность: в фронтальной плоскости около 20,7% (I группа  $2.06 \pm 2.368$ , II группа  $2.629 \pm 2.455$ ,  $p < 0.001$ ), в сагитальной проекции 28,2% (I группа  $-2.657 \pm 2.143$ , II группа  $-3.7 \pm 1.717$ ,  $p < 0.001$ ), то есть, предложенный метод с использованием специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать разгибательный промежуток на 20,7%, сгибаемый на 28,2% точнее позиционировать уровень щели коленного сустава.

При тестировании ВАШ, OKS, FJS-12, KSS и SF-36 до и после операции в обеих группах отмечена значительная статистически значимая положительная динамика, однако, статистически значимой разницы между группами выявлено не было.

**Вывод:** проведенное исследование показало простоту и эффективность применения специального авторского устройства для позиционирования сгибаемого и разгибательного промежутков коленного сустава при первичном тотальном эндопротезировании, которое позволяет более точно восстановить уровень сгибаемой щели коленного сустава, по сравнению со стандартным инструментарием, однако статистически значимой разницы в функциональных результатах через 12 месяцев после операции не получено.

**Ключевые слова:** сгибаательно-разгибательный промежуток, линия сустава, первичное эндопротезирование коленного сустава.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

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

**Для цитирования:** Пан Ч., Лычагин А.В., Рукин Я.А., Грицюк А.А., Рандомизированное исследование: влияние уровня сгибаемой щели при первичном эндопротезировании на функцию коленного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2022.№3(49). С.47-55 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-47-55>

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

## RANDOMIZED TRIAL: IMPACT OF THE FLEXION GAP IN PRIMARY KNEE ARTHROPLASTY ON THE FUNCTIONAL OUTCOME

PANG ZHENGYU<sup>1</sup>, ALEXEY V. LYCHAGIN<sup>1</sup>, YAROSLAV A. RUKIN<sup>1</sup>, ANDREY A. GRITSYUK<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>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).*

**Summary**

A poorly balanced, unstable, or stiff joint is a major cause of residual pain, dissatisfaction, and revision after total knee replacement (TKA), but the definition of a well-balanced joint remains debatable.

**The aim** of the study was to study the influence of the accuracy of restoration of the flexion gap in primary TKA, using a special tool, on the function of the knee joint and the patient's quality of life.

**Materials and methods.** A single-center, randomized, controlled study was conducted in 41 patients with grade 3–4 knee osteoarthritis. (K-L): I group (n=21) underwent primary TKA using the instrument proposed by us for precision resection of the posterior surface of the femoral condyles, II group (n=20) - endoprosthesis replacement according to the standard technique. All patients underwent CT scan before and after surgery, all patients were assessed on the VAS pain scale, knee joint scales: OKS, FJS-12, KSS, SF-36, after 3, 6 and 12 months.

**Results.** Comparison of the height of the joint space before and after the operation gave a high statistical significance: in the frontal plane, about 20.7% (I group  $2.06 \pm 2.368$ , II group  $2.629 \pm 2.455$ ,  $p < 0.001$ ), in the sagittal projection 28.2% (I group  $-2.657 \pm 2.143$ , group II  $-3.7 \pm 1.717$ ,  $p < 0.001$ ), that is, the proposed method using a special author's device allows you to more accurately position the extensor gap by 20.7%, the flexion gap by 28.2% more accurately position the level of the knee gap joint.

When testing VAS, OKS, FJS-12, KSS and SF-36 before and after surgery, significant statistically positive dynamics was noted in both groups, however, there was no statistically significant difference between the groups.

**Conclusion:** the study showed the simplicity and effectiveness of using a special author's device for positioning the flexion and extensor spaces of the knee joint during primary total arthroplasty, which allows you to restore the level of the flexion gap of the knee joint more accurately, compared with standard instrumentation, however, a statistically significant difference in functional results after 12 months after the operation is not received.

**Key words:** flexion-extensor gap, joint line, primary 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., Randomized trial: Impact of the flexion gap in primary knee arthroplasty on the functional outcome. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3. pp.47-55 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-47-55>

**Введение**

Плохо сбалансированный, нестабильный или тугоподвижный сустав является основной причиной остаточной боли [1], неудовлетворенности [2] и ревизии после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) [3, 4, 5, 6, 7]. Однако, количественное определение хорошо сбалансированного сустава остается предметом споров [8].

Многие авторы считают с этой клинической проблемой, и выступают за создание баланса между сгибательным и разгибательными промежутками коленного сустава во время операции [9, 10]. Стандартным решением при сгибательной контрактуре коленного сустава является увеличение (+2 мм) дистальной резекции бедренной кости, что увеличивает разгибательный промежуток и дает полное разгибание коленного сустава, однако при этом не всегда остается баланс со сгибательным промежутком, который бывает тоже необходимо регулировать. Увеличение дистальной резекции бедренной кости поднимает линию сустава, что может сказаться на пателло-фemorальном сочленении и явиться причиной передней боли в коленном суставе после эндопротезирования [11].

Уровень щели коленного сустава является величиной постоянной, но баланс сгибательно-разгибательного промежутка зависит от положения коленного сустава, многие исследователи [12] показали, что если размер сгибательного промежутка превышает размер разгибательного, то это с одной стороны дает хороший объем движений в послеоперационном периоде. Однако с другой стороны дисбаланс суставной щели при сги-

бательном положении конечности в промежутке между 0° и 90° сгибания, приводит образованию зазора между бедренным компонентом и вкладышем после операции [13], что ускоряет износ полиэтилена в 2–3 [14].

С другой стороны исследования показали, что увеличение свободы сгибания при имплантации протеза коленного сустава приведет к нестабильности и дисбалансу связок в состоянии среднего сгибания после имплантации [15].

Таким образом, основной концепцией при первичном эндопротезировании коленного сустава является сохранение уровня суставной щели и выравнивание сгибательно-разгибательного промежутка, выполнение эндопротезирования с заведомо увеличенными дистальной резекцией или преобладание одного из промежутков приводит с неудовлетворенности пациентов.

**Целью** исследования явилось изучение влияния точности восстановления уровня щели коленного сустава и разгибательно-сгибательного промежутка при первичном эндопротезировании коленного сустава, на функцию коленного сустава и качество жизни пациента.

**Материалы и методы.**

Исследование проведено на кафедре травматологии, ортопедии и хирургии катастроф на базе 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. Критерии включения: первичный идиопатический остеоартроз коленного сустава 3-4 ст. по

классификации Kellgren-Lawrence, ИМТ < 35 кг/м<sup>2</sup>. Критерии не включения: пациенты со специфическими остеоартрозами, а также с грубыми вальгус-варусными деформациями (более 10 градусов), дефектами костей коленного сустава, переломами бедренной или большеберцовой костей и их последствиями, нестабильностью связок и разгибательного аппарата коленного сустава.

В исследование включено 50 пациентов, в ходе исследования по различным причинам (отказ, нет связи и т.п.) было исключено 9 пациентов (рис. 1), остальных рандомизировали на две группы (по методике случайных цифр), первой группе выполняли первичное ТЭКС с применением предложенного нами метода прецизионного выравнивания разгибательно-сгибательно промежутка, второй (группа контроля) - эндопротезирование по стандартной методике.

Пациенты до включения в исследование давали согласие на участие (одобрено локальным этическим комитетом Сеченовского Университета № 2341 от 16.10.2018 г.).



Рис. 1. Схема динамики распределения участников на всех стадиях рандомизированного контролируемого исследования.

Окончательный анализ проведен по общей когорте 41 пациент: 18 мужчин и 23 женщины, средний возраст 66.5±7.2 лет (мужчины - 67.2±7.5, женщины - 65.9±7.1, мин. 43 лет, макс. 75 лет, p=0.587), ИМТ в среднем 32.0±2.6 кг/м<sup>2</sup> (мужчины 31.9±2.7 кг/м<sup>2</sup>, женщины 32.1±2.6 кг/м<sup>2</sup>, p=0.857), гендерные показатели пациентов по группам исследования представлены в таблице 1.

Всем пациентам до и после операции выполняли стандартную компьютерную томографию (мультиспиральный компьютерный объемный томограф Toshiba Aquilion One 640-срезов). Данные изображений были получены из системы (PACS), измерения выполнялись рентгенологами, не участвующими в исследовании, в программе RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.

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 <sup>2</sup> )	32.01±2.603	31.826±2.246	32.203±2.979	0.649

\* - p<0.05

Предлагаемая методика начинается с предоперационного планирования: первый шаг — это определение уровня щели коленного сустава, который измеряли от линии мыщелков бедренной кости в соответствии с толщиной бедренного компонента протеза, в плоскости перпендикулярной механической оси бедренной кости. От данной линии измеряли расстояние до головки малоберцовой кости и до надмыщелков бедренной кости (рис. 1 а-в). определение уровня и величины разгибательной щели откладывали от уровня линии сустава по компьютерной томограмме в фронтальной проекции, измеряя расстояние от вершине головки малоберцовой кости (рис. 1 б).

Второй шаг – это планирование сгибательной щели 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. 2 а). 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 (рис. 1 б). Третий шаг – измеряли уровень суставной щели в сагитальной проекции по ориентиру вершины головки малоберцовой кости (рис. 2 в) и откладывали необходимый уровень задней резекции мыщелка бедренной кости в сагитальной проекции от механической оси бедренной кости (рис. 2 г).

**Хирургическая техника (клинический пример)** предлагаемого нами способа направлена на точное восстановление уровня щели коленного сустава и равномерного разгибательно-сгибательного промежутка при первичном эндопротезировании коленного сустава.

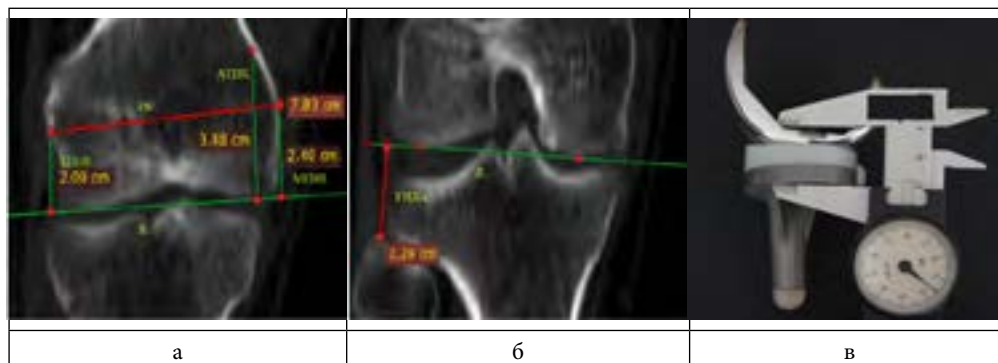


Рис. 1. КТ коленного сустава фронтальная проекция этап планирования: а - определение уровня щели коленного сустава по анатомическим ориентирам бедренной кости; б - по вершине головки малоберцовой кости, в - измерение толщины протеза штангенциркулем.

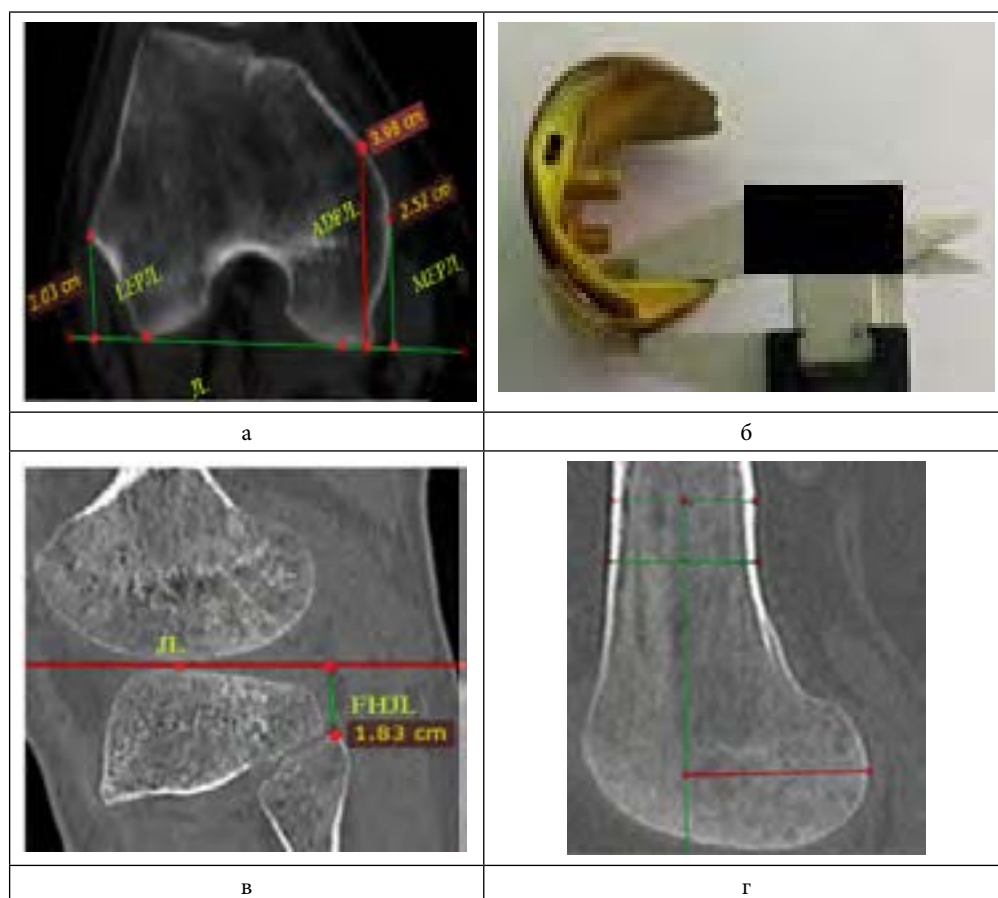


Рис. 2. КТ коленного сустава этап планирования: а - аксиальная проекция измерение расстояния от мыщелков бедренной кости до сгибательной линии; б - измерение толщины заднего фланца эндопротеза; в - сагиттальная проекция измерение уровня щели коленного сустава относительно малоберцовой кости; г - измерение уровня задней резекции бедренной кости.

Пациентка Н. Г. И., 66 лет. Клинический диагноз: правосторонний гонартроз III стадии. Имеются показания к тотальному эндопротезированию правого коленного сустава.

Перед операцией выполнена компьютерная томография левого коленного сустава, измерено расстояние от надмы-

щелков левой бедренной кости до линии, проведенной через наиболее выступающие точки задних отделов мыщелков бедренной кости. Расстояние от латерального надмыщелка – 24 мм, от медиального надмыщелка – 23 мм. При планировании определен размер бедренного компонента – Zimmer Nex Gen



LPS Right – F. Известно, что толщина задних отделов этого бедренного компонента равна 9 мм. Таким образом расстояние от надмыщелковой линии до уровня задней резекции мыщелков бедренной кости -  $24-9 = 15$  мм.

Операция: срединный кожный разрез по передней поверхности области правого коленного сустава длиной 15 см, выполнена медиальная артротомия, надколенник отведен кнаружи. По стандартной методике выполнена дистальная резекция мыщелков бедренной кости. На полученный ровный опил уложен предлагаемый нами инструмент прямоугольной формы с двумя выдвижными цапками, который фиксирован с помощью четырех винтовых зажимов на надмыщелках бедренной кости (рис. 5 а). Выдвижная Т-образная планка с прорезью с помощью миллиметровой шкалы выведена на 15 мм (согласно ранее проведенным расчетам по здоровому коленному суставу). Выполнена резекция задних отделов мыщелков бедренной кости строго параллельно надмыщелковой линии (рис. 5 б).



Рис. 5. А - фиксация инструмента, б - выполнение задней резекции мыщелков бедренной кости.

С помощью стандартных инструментов выполнены оставшиеся резекции бедренной кости. По стандартной методике выполнена резекция большеберцовой кости. Установлены примерочные компоненты эндопротеза. После примерочного вправления и оценки функции коленного сустава, на костном цементе установлены компоненты эндопротеза коленного сустава. Рана послойно ушита наглухо с оставлением дренажа. Интраоперационно достигнуто полное разгибание коленного сустава, пассивное сгибание до 135 градусов. Рана послойно ушита наглухо с оставлением дренажа. После проведенной реабилитации спустя 7 дней после операции достигнуты аналогичные углы при активных движениях. Болевого синдрома нет, пациентка выписана под амбулаторное наблюдение.

После операции при КТ в аксиальной проекции из-за помех изображения невозможно точно измерить уровень задней резекции мыщелков бедренной кости, поэтому мы выполняли КТ исследование коленного сустава во фронтальной и сагитальной плоскостях, измеряли высоту стояния щели сустава, характеризующую разгибательный промежуток, ориентируясь на вершину головки малоберцовой кости (рис.2а), а на сагитальной проекции измеряли расстояние

от оси бедренной кости до края имплантата, который принимали как предполагаемый уровень сгибательной щели (рис. 2 б), после операции были проведены те же исследования и измерения (рис. 2 в-г).

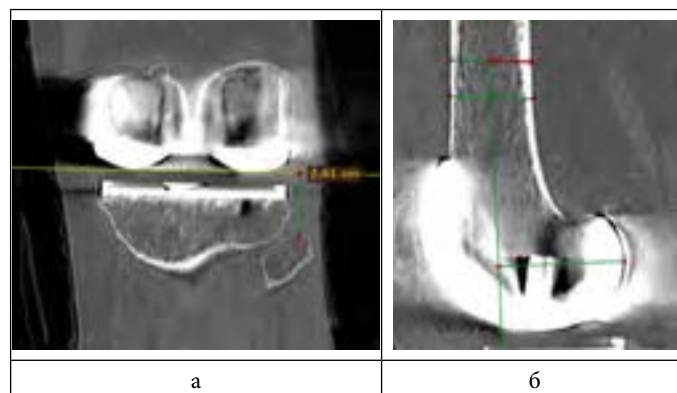


Рис. 2. КТ коленного сустава до операции (а-б), после операции(в-г): а и в - фронтальная проекция, б и г - сагитальная проекция.

В пред и послеоперационном периоде все пациенты проходили тестирование по шкале боли ВАШ, шкалам коленного сустава: OKS, FJS-12, KSS (боль и функция), SF-36 (параметрам: PF, RP, BP, GH, VI, SF, RE, MH).

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  $\chi^2$ . Значение  $p < 0,05$  считалось статистически значимым в этом исследовании.

### Результаты.

В послеоперационном периоде всем пациентам проводили одинаковую реабилитационную программу, купировали острый болевой синдром, раннюю активную реабилитацию, выполняли компьютерную томографию коленного сустава с измерением сгибательно-разгибательных промежутков (табл. 2).

Сравнение высоты стояния суставной щели до и после операции в обеих плоскостях дало высокую статистическую достоверность: в фронтальной плоскости около 20,7% (I группа  $2.06 \pm 2.368$ , II группа  $2.629 \pm 2.455$ ,  $p < 0.001$ ), в сагитальной проекции 28,2% (I группа  $-2.657 \pm 2.143$ , II группа  $-3.7 \pm 1.717$ ,  $p < 0.001$ ). То есть, на основании результатов КТ исследования, что предложенный метод с использованием специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать разгибательный промежуток на 20,7%, сгибательный на 28,2% точнее позиционировать уровень щели коленного сустава.



Таблица 2.

## Результаты КТ исследований

Показатели		Пациенты		р
		I группа (n=21)	II группа (n=20)	
Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции, мм;	до операции	26.3±2.6	26.4±2.1	0.946*
	после операции	24.3±2.9	23.8±3.0	0.584*
Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутренней мыщелка в сагиттальной плоскости, мм;	до операции	38.3±2.8	39.2±2.8	0.323*
	после операции	41.9±3.7	42.1±3.0	0.874*
Разница в высоте суставной щели в фронтальной проекции до и после операции, мм;		2.1±2.4	2.6±2.5	<0.001**
Разница в высоте суставной щели в сагиттальной проекции до и после операции, мм;		-2.7±2.1	-3.7±1.7	<0.001**

\* - показатель р при сравнении групп;

\*\* - показатель р при сравнении групп до и после операции.

При тестировании болевого синдрома до и после операции в обеих группах отмечена значительная статистически значимая положительная динамика по сравнению с базовыми показателями до операции, однако, статистически значимой разницы между группами выявлено не было (рис. 6).

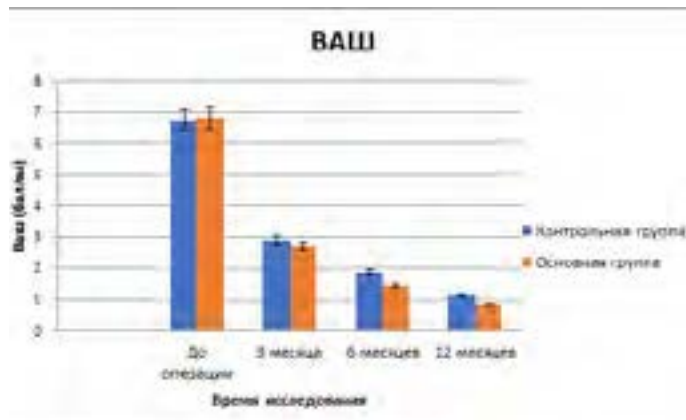


Рис. 6. Динамика изменения болевого синдрома.

Шкала коленного сустава OKS является специальной для определения функции коленного сустава до и после операции, динамика показателей показывает значительное улучшение функции конечности после операции в сравнении с предопе-

рационной при высокой статистической значимости, но между группами, несмотря на незначительно лучшую динамику в основной группе, статистической значимости между группами выявлено не было (рис. 7).

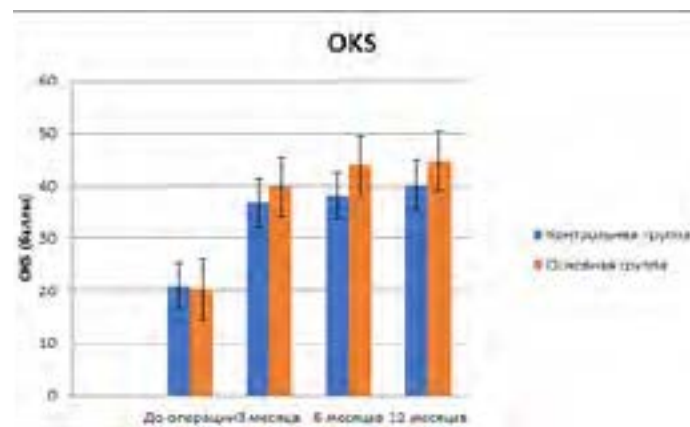


Рис. 7. Динамика изменения функции сустава по шкале OKS.

Шкала KSS включает два показателя боль и функционирование коленного сустава после операции при анализе данных показателей выявлена значительная статистически значимая динамика при сравнении до и после операции в обеих группах, но разницы между группами выявлено не было (рис. 8).

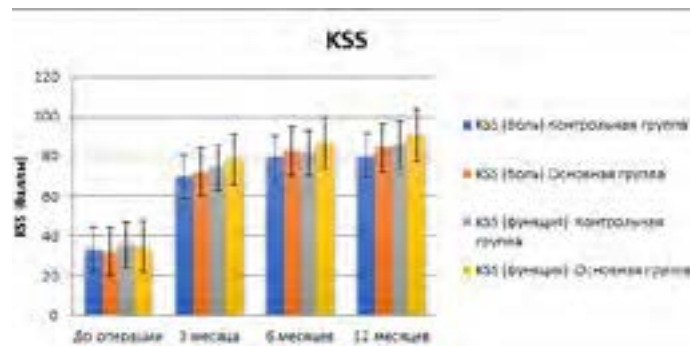


Рис. 8. Динамика изменения показателей (боли и функции) по шкале KSS.

Специализированная статья по комплексной субъективной оценке функционирования эндопротезов FJS-12 демонстрирует ту же динамику, что и предыдущие шкалы, через 12 месяцев после операции до 90 % пациентов «забывают» об эндопротезировании коленного сустава, однако статистически достоверной разницы между группами не выявлено (рис. 9).

Динамика качества жизни пациента является наиболее информативным показателем эффективности хирургического лечения пациента, большое количество показателей по шкале SF-36 в обеих группах до и после операции показано на рис.10. Переменные, показывающие физические и психические параметры качества жизни после операции свидетельствуют о

значительном улучшении в обеих группах, но статистической разницы мы не выявили.

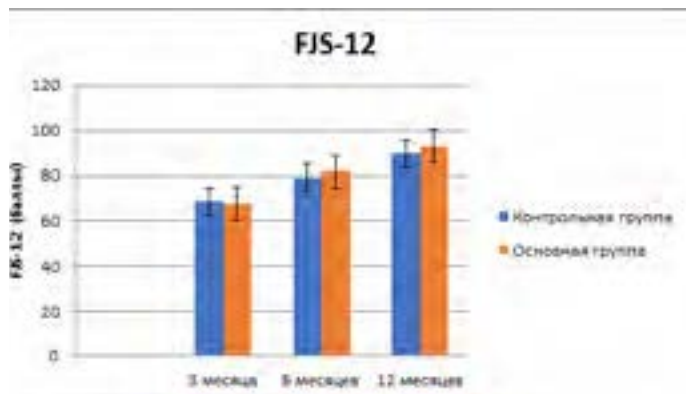


Рис. 9. Динамика изменения показателя по шкале FJS-12.

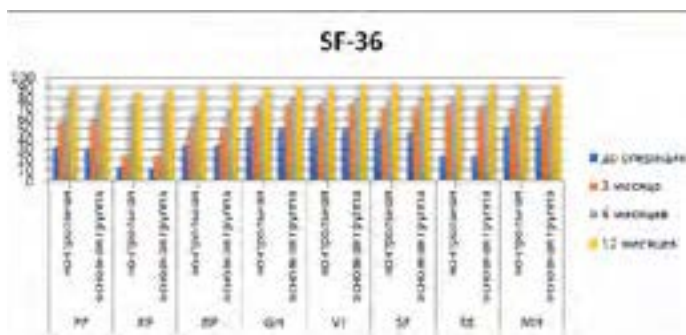


Рис. 10. Динамика изменения показателей по шкале SF-36.

Полные результаты тестирования пациентов обеих групп по шкалам до и после операции представлены в таблице 3.

### Обсуждение

Сохранение уровня щели и баланс сгибательно-разгибательного промежутков нативного коленного сустава важно при первичном ТЭКС, надежного способа до сих пор не найдено, по какому ориентиру правильно определять линию коленного сустава на рентгенограммах, КТ или МРТ и как правильно позиционировать ее во время операции, это те вопросы которые задают себе исследователи [16], что явилось целью нашей работы.

Интраоперационно при первичной операции, хирург регулирует положение щели сустава опираясь на толщину дистальной остеотомии бедренной кости, которая равна толщине бедренного компонента эндопротеза, если баланс связок сохранен и нет контрактуры, то все хорошо. При сгибательной контрактуре мы увеличиваем уровень дистальной резекции, 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, как определить расположение медиального и латерального мыщелков бедренной кости, какой анатомический ориентир необходимо и возможно использовать [17].

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 [18], 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 [19, 20, 21].

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 [22, 23, 24].

Мы сконструировали устройство для определения уровня линии резекции задней поверхности мыщелков бедренной кости, которое позволяет выполнять прецизионное восстановление сгибательного промежутка коленного сустава. Ориентироваться можно как на предоперационное планирование, так и на прямое измерение разгибательного промежутка во время операции и на основании этого регулировать уровень резекции. Данный направитель не сложный в конструкции, ориентируется на уровень внутреннего и наружного мыщелка, используется совместно с традиционными инструментами и позволяет достигать показанных авторами результатов.

Конечно, авторы понимают, что работа имеет ряд недостатков: 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:** проведенное исследование показало простоту и эффективность применения специального авторского устройства для позиционирования сгибательного и разгибательного промежутков коленного сустава при первичном тотальном эндопротезировании, которое позволяет более точно восстановить

уровень сгибательной щели коленного сустава, по сравнению со стандартным инструментарием, однако статистически значимой разницы в функциональных результатах через 12 месяцев после операции не получено.

#### Список литературы / References

1. Siddiqi A, Smith T, McPhilemy JJ, Ranawat AS, Sculco PK, Chen AF (2020) Soft-tissue balancing technology for total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 8(1):1–15. doi: 10.2106/JBJS.RVW.19.00050
2. Golladay GJ, Bradbury TL, Gordon AC, Fernandez-Madrid JJ, Krebs VE, Patel PD et al (2019) Are patients more satisfied with a balanced TKA? *J Arthroplasty* 34(7):S195–S200. doi: 10.1016/j.arth.2019.03.036
3. Australian Orthopaedic Association National Joint Registry Annual Report. 2019; 221. Available at: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2019>.
4. National Joint Registry (UK) (2018) 137. Available at: <https://reports.njrcentre.org.uk/>.
5. Swedish Knee Arthroplasty Registry, Annual Report. 2018; 39. Available at: <http://myknee.se/en/publications/annual-reports>.
6. Hughes RE, Zheng H, Hallstrom BR (2018) Michigan arthroplasty registry collaborative quality initiative (MARCQI) report: 2012–2017. University of Michigan. *Ann Arbor*:39.
7. Le DH, Goodman SB, Maloney WJ, Huddleston JI (2014) Current modes of failure in TKA: infection, instability, and stiffness predominate. *Clin Orthop* 472(7):2197–2200. doi: 10.1007/s11999-014-3540-y
8. Hirschmann MT, Becker R, Tandogan R, Vendittoli P-A, Howell S (2019) Alignment in TKA: what has been clear is not anymore! *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*:2037–2039. doi: 10.1007/s00167-019-05558-4
9. Fehring TK, Odum SM, Grifn WL, McCoy TH, Masonis JL (2007) Surgical treatment of flexion contractures after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 22(6 Suppl 2):62–66. doi: 10.1016/j.arth.2007.03.037
10. Scuderi GR, Kochhar T (2007) Management of flexion contracture in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 22(4 Suppl 1):20–24. doi: 10.1016/j.arth.2006.12.110
11. Schiavone Panni A, Cerciello S, Vasso M, Tartarone M (2009) Stiffness in total knee arthroplasty. *J Orthop Traumatol* 10(3):111–118.
12. Higuchi H, Hatayama K, Shimizu M, Kobayashi A, Kobayashi T, Takagishi K. Relationship between joint gap difference and range of motion in total knee arthroplasty: a prospective randomised study between different platforms. *Int Orthop* 2009;33:997e1000. doi: 10.1007/s00264-009-0772-7
13. Dennis DA, Komistek RD, Kim RH, Sharma A. Gap balancing versus measured resection technique for total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:102e7. doi: 10.1007/s11999-009-1112-3
14. Jennings LM, Bell CI, Ingham E, Komistek RD, Stone MH, Fisher J. The influence of femoral condylar lift-off on the wear of artificial knee joints. *Proc Inst Mech Eng H* 2007;221:305e14. doi: 10.1243/09544119JHEIM215
15. Minoda Y, Nakagawa S, Sugama R, Ikawa T, Noguchi T, Hirakawa M. Mid-flexion laxity after implantation was influenced by the joint gap balance before implantation in TKA. *J Arthroplasty* 2015;30:762e5. doi: 10.1016/j.arth.2014.11.011

16. 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>. doi: 10.3928/01477447-20160729-01

17. 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>. doi: 10.1007/s11999-009-1114-1

18. 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. doi: 10.5312/wjo.v8.i1.57

19. 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>.

20. Iacono F, Lo Presti M, Bruni D, Raspugli GF, Bignozzi S, Sharma B, Marcacci M. The adductor tubercle: a reliable landmark for analyzing 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>.

21. 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>.

22. 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.

23. 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. doi: 10.1016/j.arth.2005.08.028

24. 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. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail: [pzygogogo@gmail.com](mailto: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](mailto:dr.lychagin@mail.ru)

**Ярослав Алексейевич** – 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](mailto: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

**Lychagin Alexey Vladimirovich** 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

**Rukin Yaroslav Alekseevich** - Ph.D. I.M.Sechenov, Ministry of Health of Russia (Sechenov University), e-mail: yar.rukin@gmail.com

**Gritsyuk Andrey Anatolyevich** 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

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-56-61>

УДК 617-089.844

© Д.А. Романов, А.В. Гаркави, Л.О. Кнеллер, 2022

Оригинальная статья / Original article



## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ РЕИНСЕРЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ ПРИ ЕЁ ПРОКСИМАЛЬНЫХ РАЗРЫВАХ

Д.А. РОМАНОВ<sup>1</sup>, А.В. ГАРКАВИ<sup>1</sup>, Л.О. КНЕЛЛЕР<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, 119991, Россия

<sup>2</sup>ГБУЗ ГКБ №67 им. Л. А. Ворохобова ДЗМ, Москва, 123423, Россия

### Аннотация

Высокая частота неудовлетворительных результатов пластики передней крестообразной связки (ПКС), а также современные достижения в области анатомо-функционального строения связки и артроскопической хирургии привели к возрождению интереса к первичному восстановлению структурной целостности ПКС.

**Целью** данной работы являлась ретроспективная оценка результатов лечения пациентов, оперированных по поводу проксимального разрыва ПКС коленного сустава.

**Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ хирургического лечения 112 пациентов с нестабильностью коленного сустава на фоне проксимального разрыва передней крестообразной связки. Из них 34 пациента, которые перенесли артроскопическую реинсерцию ПКС, составили основную группу наблюдения, а 78 пациентов, которые перенесли артроскопическую аутопластику ПКС с использованием сухожилия полусухожильной мышцы, – группу сравнения. Для анализа результатов лечения использовали определение угла сгибания голени в коленном суставе, а также оценивали болевой синдром по 100-балльной шкале ВАШ и функциональное восстановление по шкалам IKDC и KOOS.

**Результаты.** Угол сгибания голени в коленном суставе находился в пределах нормальных значений у пациентов обеих групп и не имел статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). В тоже время несмотря на то, что средние баллы пациентов обеих групп по шкалам KOOS и IKDC находились в оценочном диапазоне «отлично», у пациентов основной группы они были выше на 2,1 и 2,8 баллов соответственно, что имело статистически значимую разницу ( $p < 0,05$ ). Схожие результаты отмечены также при оценке болевого синдрома, который у пациентов основной группы был на 2,4 балла меньше ( $p < 0,05$ ) и находился в оценочном диапазоне «отсутствие боли», тогда как средний балл пациентов группы сравнения находился на нижней границе оценочного диапазона «умеренная боль».

**Заключение.** Артроскопическая реинсерция передней крестообразной связки может рассматриваться как операция выбора при её проксимальных разрывах, поскольку позволяет добиться лучших функциональных результатов и характеризуется меньшим болевым синдромом в сравнении с аутопластикой ПКС, однако необходимы дальнейшие исследования, направленные на определение строгих показаний к выполнению данного оперативного вмешательства.

**Ключевые слова:** передняя крестообразная связка; реинсерция; аугментация; реконструкция; аутопересадка.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

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

**Для цитирования:** Романов Д.А., Гаркави А.В., Кнеллер Л.О., Оценка эффективности артроскопической реинсерции передней крестообразной связки при ее проксимальных разрывах. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №3(49). С.56-61 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-56-61>

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

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ARTHROSCOPIC REPAIR OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT IN ITS PROXIMAL RUPTURES

DMITRIY A. ROMANOV<sup>1</sup>, ANDREY V. GARKAVI<sup>1</sup>, LEV O. KNELLER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of Russia, Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup>State-funded health institution of the city of Moscow City clinical hospital No. 67 (named after L.A. Vorokhobov), Moscow, 123423, Russia

**Abstract**

The high frequency of unsatisfactory results of plastic surgery of the anterior cruciate ligament (ACL), as well as modern achievements in the field of anatomical and functional structure of the ligament and arthroscopic surgery have led to a revival of interest in the primary restoration of the structural integrity of the ACL.

**Objective** of this work was to retrospectively evaluate the results of treatment of patients operated on for proximal tear ACL of the knee joint.

**Materials and methods.** A retrospective analysis of the surgical treatment of 112 patients with knee joint instability on the background of proximal tear of the anterior cruciate ligament was carried out. Of these, 34 patients who underwent arthroscopic repair of the ACL made up the main observation group, and 78 patients who underwent arthroscopic reconstruction of the ACL using the tendon of the semitendinous muscle made up the comparison group. To analyze the results of treatment, the definition of the angle of flexion of the lower leg in the knee joint was used, and pain syndrome was assessed on the 100-point VAS scale and functional recovery on the IKDC and KOOS scales.

**Results.** The angle of flexion of the lower leg in the knee joint was within normal values in patients of both groups and had no statistically significant differences ( $p > 0.05$ ). At the same time, despite the fact that the average scores of patients in both groups according to the KOOS and IKDC scales were in the "excellent" rating range, in patients of the main group they were 2.1 and 2.8 points higher, respectively, which had a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ). Similar results were also noted when assessing the pain syndrome, which in the patients of the main group was 2.4 points less ( $p < 0.05$ ) and was in the estimated range of "no pain", while the average score of the patients of the comparison group was at the lower limit of the estimated range of "moderate pain".

**Conclusion.** Arthroscopic repair of the anterior cruciate ligament can be considered a surgical intervention of choice for cases of its proximal tears, since it allows for better functional results and is characterized by less pain syndrome in comparison with reconstruction of the anterior cruciate ligament, however, further studies are needed to determine strict indications for performing this surgical intervention.

**Key words:** anterior cruciate ligament; reconstruction; autotransplantation

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Romanov D.A., Garkavi A.V., Kneller L.O., Evaluation of the effectiveness of arthroscopic repair of the anterior cruciate ligament in its proximal ruptures. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3. pp.56-61 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-56-61>

**Актуальность**

В настоящее время принято считать, что артроскопическая аутопластика передней крестообразной связки является «золотым стандартом» в лечении нестабильности коленного сустава на фоне её разрывов [1]. Было неоднократно продемонстрировано, что данное оперативное вмешательство эффективно восстанавливает стабильность сустава, однако частота неудовлетворительных результатов лечения остается достаточно высокой, достигая 15-25% [2, 3]. Продолжающиеся поиски улучшения результатов лечения разрывов ПКС возродили интерес хирургов к первичному восстановлению её структурной целостности [4].

Шов передней крестообразной связки активно использовался в хирургической практике вплоть до 90-х годов XX века, однако затем от данной методики отказались ввиду большого процента неудач, связанных в первую очередь с несостоятельностью шва [5]. Тем не менее, есть несколько причин, по которым после неутешительных результатов, полученных в прошлом столетии, взгляды хирургов вновь обратились на первичное восстановление целостности ПКС. Во-первых, исторически шов использовали при всех типах разрыва связки, однако ряд исследований продемонстрировали, что данное оперативное вмешательство в связи с особенностями васкуляризации целесообразно применять только при проксимальных разрывах [5-7]. Вторая причина – меньшая инвазивность операции по сравнению с аутопластикой ПКС, поскольку отсутствует необходимость выполнять забор трансплантатов и формировать

костные каналы большого диаметра, что в совокупности с современными достижениями артроскопической хирургии позволяет избежать ряда осложнений и способствует быстрому восстановлению пациентов [8, 9]. Наконец, сохранение нативной ткани передней крестообразной связки, богатой нейрорецепторами, способствует сохранению проприоцепции – функции, потере которой на современном этапе отводится одна из основных ролей в неудовлетворительных результатах лечения [10-12].

Современные исследования продемонстрировали хорошие результаты артроскопического первичного восстановления, или реинсерции, передней крестообразной связки [4, 13, 14]. Однако ряд авторов по-прежнему полагают, что реинсерция может быть рискованной процедурой с негарантированным результатом, в связи с чем требуются дальнейшие работы по изучению эффективности данного оперативного вмешательства [15, 16, 17, 18].

Таким образом **целью** данного исследования было оценить болевой синдром и функциональные результаты лечения у пациентов, перенесших реинсерцию передней крестообразной связки, и сравнить полученные данные с результатами замещения связки ауто сухожилием полусухожильной мышцы.

**Материалы и методы**

В данном ретроспективном исследовании были обследованы пациенты, которые в период с 2015 по 2021 гг. в связи с нестабильностью коленного сустава на фоне повреждения



передней крестообразной связки были прооперированы в ортопедическом отделении ГБУЗ ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова.

#### Критерия включения в исследование:

1. Описанный в протоколах операции проксимальный разрыв передней крестообразной связки (тип I или II по классификации Sherman) с отсутствием или незначительным ее разволокнением (группа А или В по классификации Aterchrang [19]).

2. Давность травмы не более 6 недель;

3. Отсутствие переломов или сопутствующих повреждений связочного аппарата коленного сустава с наличием выраженной нестабильности;

4. Сроки, прошедшие с момента оперативного вмешательства, не менее 12 месяцев.

#### Критерия невключения в исследование:

1. Дополнительно выполненный во время оперативного вмешательства шов мениска;

2. Оперативные вмешательства на травмированном коленном суставе в анамнезе;

3. Получение повторной травмы коленного сустава после выполненного оперативного вмешательства;

4. Дефекты суставного хряща выше 2 ст. по классификации ICRS.

Из 729 проанализированных историй болезни пациентов с основным диагнозом «нестабильность коленного сустава», критериям включения в исследование соответствовали 112 случаев, из которых для анализа были сформированы две группы: в основной группе, включающей 34 пациента, выполнена артроскопическая реинсерция передней крестообразной связки с дополнительной аугментацией, а в группе сравнения, включающей 78 пациентов, – артроскопическая аутопластика передней крестообразной связки по стандартной методике “all-inside” с использованием сухожилия полусухожильной мышцы. Различия в выборе оперативного вмешательства при схожих повреждениях объясняются внедрением операции реинсерции ПКС в клиническую практику работы ортопедического отделения ГБУЗ ГКБ № 67 лишь с 2018 г., когда её стали применять при всех проксимальных разрывах с сохранением структуры волокон связки.

Все пациенты, включенные в исследование, были вызваны на контрольный осмотр, во время которого оценивали болевой синдром в области коленного сустава с использованием 100-бальной визуальной аналоговой шкалы (ВАШ). Полученные результаты интерпретировали следующим образом: 0-5 мм – «нет боли»; 5-35 мм – «умеренная боль»; 36-74 мм – «выраженная боль»; 75-100 мм – «сильная и очень сильная боль»). Функциональное состояние коленного сустава оценивали с помощью шкал-опросников IKDC и KOOS (интерпретация полученных результатов по обеим шкалам: от 89 до 100 – отличный результат; от 77 до 88 – хороший; от 65 до 76 – удовлетворительный и от 64 и ниже – неудовлетворительный). Кроме того, измеряли угол сгибания голени в коленном суставе (рисунок 1).

#### Методы статистической обработки.

Статистический анализ полученных данных выполняли на персональном компьютере с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel 16.42 и IBM SPSS 23. Количественные данные представлены в виде средних значений со стандартным отклонением, качественные – в виде абсолютных чисел и процентов. Оценку достоверности различий между исследуемыми группами проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни для количественных величин и Хи-квадрат Пирсона для качественных величин. Различия считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

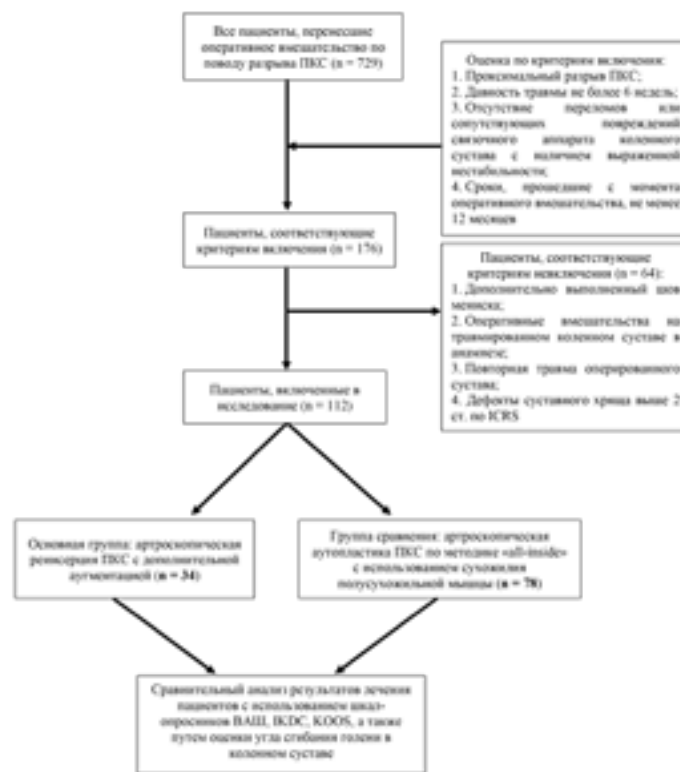


Рисунок 1. Дизайн исследования

#### Результаты

Возраст пациентов, гендерное распределение, а также частота сопутствующих повреждений менисков и суставного хряща не имели статистически значимых различий между двумя группами ( $p > 0,05$ ), статистически значимое различие имело только среднее время, прошедшее от момента получения травмы до оперативного вмешательства ( $p < 0,05$ ), что однако не имело клинического значения, поскольку разница составила всего 6,8 дней в пользу пациентов основной группы (таблица 1).

Оценка угла сгибания голени в коленном суставе у пациентов обеих групп не продемонстрировала статистически значимых различий, в среднем данный угол составил  $138,7 \pm$

3,1° для пациентов основной группы и 138,3 ± 3,4° для группы сравнения ( $p > 0,05$ ).

Таблица 1.

## Общая характеристика пациентов обеих групп

	Основная группа (n=34)	Группа сравнения (n=78)	p
Средний возраст (лет)	32,2 ± 8,6	31,5 ± 8,1	> 0,05
Количество мужчин/женщин	24 (70,6 %) / 10 (29,4 %)	53 (67,9 %) / 25 (32,1 %)	> 0,05
Среднее время от получения травмы до выполнения операции (дни)	16,9 ± 8,3	23,7 ± 7,9	< 0,05
Сопутствующие повреждения менисков, потребовавшие выполнения резекции, n (%)	18 (52,9 %)	42 (53,8 %)	> 0,05
Сопутствующие повреждения суставного хряща 1-2 ст. по ICRS, n (%)	11 (32,4 %)	22 (28,2 %)	> 0,05

В свою очередь уровень болевого синдрома, оцениваемый по 100-балльной визуальной аналоговой шкале, у пациентов основной группы находился в диапазоне «отсутствие боли» и составил в среднем 3,9 ± 3,4 балла, что ниже на 2,4 балла, чем у пациентов группы сравнения, у которых средний балл по ВАШ составил 6,3 ± 3,9 (нижняя граница диапазона «умеренная боль») –  $p < 0,05$  (рисунок 2)



Рисунок 2. Средний балл по шкале ВАШ

Аналогичные статистически значимые различия отмечены и при оценке полученных результатов по функциональным шкалам-опросникам. По шкале IKDC средний балл в основной группе пациентов и в группе сравнения составил 91,2 ± 4,6

балла (диапазон «отлично») и 89,1 ± 5,1 балла (нижняя граница оценочного диапазона «отлично») –  $p < 0,05$ , а по шкале KOOS – 92,2 ± 4,9 (диапазон «отлично») и 89,5 ± 4,8 (нижняя граница оценочного диапазона «отлично») баллов соответственно ( $p < 0,05$ ) (таблица 2).

Таблица 2

## Результаты лечения пациентов основной группы и группы сравнения

	Боль (баллы по ВАШ)	Угол сгибания (град)	IKDC (баллы)	KOOS (баллы)
Основная группа (n = 34)	3,9 ± 3,4	138,7 ± 3,1	91,2 ± 4,6	92,2
Группа сравнения (n = 78)	6,3 ± 3,9	138,3 ± 3,4	89,1 ± 5,1	89,4 ± 4,8
<b>разница</b>	<b>- 2,4</b>	<b>0,4</b>	<b>2,1</b>	<b>2,8</b>
p	< 0,05	> 0,05	< 0,05	< 0,05

При этом в основной группе показатели в диапазоне «отлично» (более 88 баллов) имели по IKDC 25 пациентов (73,5%), а по KOOS – 23 пациента (67,6 %), тогда как в группе сравнения показатель «отлично» по IKDC имели 36 пациентов (46,2%), а по KOOS – 33 пациента (42,3 %). Доля отличных результатов в основной группе оказалась выше по IKDC на 24,4% (в 1,6 раза), и по KOOS на 23,0% (в 1,6 раза), что, однако, не имело статистической значимости ( $p > 0,05$ ) – рисунок 3.

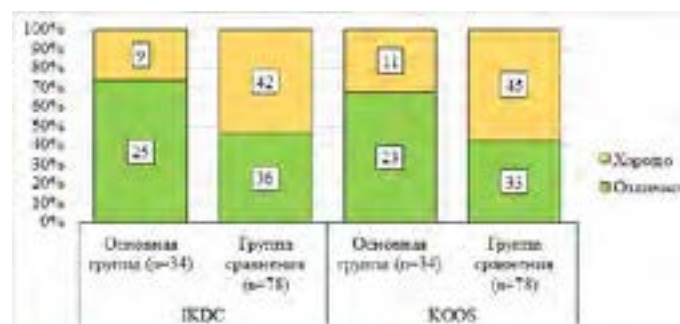


Рисунок 3. Оценка результатов лечения по шкалам KOOS и IKDC в основной группе и группе сравнения

## Обсуждение

Таким образом, анализ результатов проведенного оперативного лечения пациентов с разрывом ПКС в двух сопоставимых группах наблюдения показал, что после выполнения реинсерции связки (основная группа) отмечается статистически значимый меньший болевой синдром и лучшие функциональные результаты по шкалам IKDC и KOOS. Возможное объяснение

полученных данных основывается в первую очередь менее инвазивной техникой реинсерции передней крестообразной связки с сохранением нативной ткани связки и отсутствием необходимости забора трансплантата с последующим формированием костных каналов большого диаметра, что совпадает с мнением ряда других авторов [5, 8, 10, 11]. Между тем, несмотря на статистические отличия, среднее значение баллов по функциональным шкалам-опросникам у пациентов обеих групп находится в оценочном диапазоне «отлично», свидетельствуя об эффективности обоих видов оперативного вмешательства, о чем также говорит отсутствие статистически значимых различий в оценке угла сгибания голени в коленном суставе.

Важным вопросом остается возможность сохранения проприоцепции при реинсерции ПКС и значимость этого для восстановления функции коленного сустава. В связи с этим для окончательного решения вопроса о преимуществах реинсерции ПКС при ее проксимальных разрывах требуются дальнейшие исследования, направленные на непосредственную оценку проприоцепции в оперированном суставе.

### Выводы

1. Артроскопическая реинсерция передней крестообразной связки не уступает традиционной технике ее аутопластического замещения в отношении функциональных результатов и характеризуется меньшим болевым синдромом в послеоперационном периоде, что позволяет рассматривать такую операцию как метод выбора при проксимальных разрывах ПКС.

2. Возможность сохранения проприоцепции при реинсерции ПКС может явиться весомым аргументом в пользу расширения показаний к выбору данной хирургической тактики, однако этот вопрос требует дальнейшего изучения.

### Список литературы / References:

1. Grassi A., Carulli C., Innocenti M., Mosca M., Zaffagnini S., et al. New trends in anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of national surveys of the last 5 years. *Joints*, 2018, vol. 6, no. 3, pp.177-187. doi: 10.1055/s-0038-1672157.
2. Samitier G., Marcano AI., Alentorn-Geli E., Cugat R., Farmer K., et al. Failure of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Bone Joint Surg*, 2015, vol. 3, no. 4, pp. 220–40.
3. Rousseau R., Labruyere C., Kajetanek C., Deschamps O., Makridis K.G., et al. Complications after anterior cruciate ligament reconstruction and their relation to the type of graft: A prospective study of 958 cases. *Am J Sports Med*, 2019, vol. 47, no. 11, pp. 2543-2549. doi: 10.1177/0363546519867913.
4. Wilson W.T., Hopper G.P., Banger M.S., Blyth M.J.G., Riches P. et al. Anterior cruciate ligament repair with internal brace augmentation: A systematic review. *The Knee*, 2022, no. 35, pp. 192-200. doi: 10.1016/j.knee.2022.03.009.

5. van der List J.P., DiFelice G.S. Primary repair of the anterior cruciate ligament: a paradigm shift. *the surgeon*, 2017, vol. 15, no. 3, pp. 161-168. doi: 10.1016/j.surge.2016.09.006.

6. Takeuchi S., Rothrauff B.B., Kanto R., Onishi K., Fu F.H. Superb microvascular imaging (SMI) detects increased vascularity of the torn anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2022, vol. 30, no. 1, pp. 93-101. doi: 10.1007/s00167-021-06640-6.

7. Nguyen D.T., Ramwadhoebe T.H., van der Hart C.P., Blankevoort L., et al. Intrinsic healing response of the human anterior cruciate ligament: an histological study of reattached ACL remnants. *Journal of orthopaedic research*, 2014, vol. 32, no. 2, pp. 296-301. doi: 10.1002/jor.22511.

8. van der List J.P., DiFelice G.S. Range of motion and complications following primary repair versus reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Knee*, 2017, vol. 24, no. 4, pp. 798–807. doi: 10.1016/j.knee.2017.04.007.

9. Heusdens C. H. W. ACL repair: a game changer or will history repeat itself? A critical appraisal. *Journal of Clinical Medicine*, 2021, vol. 10, no. 5, pp. 912–23. doi: 10.3390/jcm10050912.

10. Heusdens C. H. W., Hopper G. P., Dossche L., Roelant E., Mackay G. M. Anterior cruciate ligament repair with independent suture tape reinforcement: a case series with 2-year follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 60-67. doi: 10.1007/s00167-018-5239-1.

11. Jonkergouw A., van der List J. P., DiFelice G. S. Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears: outcomes of the first 56 consecutive patients and the role of additional internal bracing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 21-28. doi: 10.1007/s00167-018-5338-z.

12. Malahias M.A., Chytas D., Nakamura K., Raoulis V., Yokota M., et al. A narrative review of four different new techniques in primary anterior cruciate ligament repair: “back to the future” or another trend? *Sports medicine-open*, 2018, vol. 4, no. 1, pp. 1-12. doi: 10.1186/s40798-018-0145-0.

13. Nwachukwu B.U., Patel B.H., Lu Y., Allen A.A., Williams III R.J. Anterior cruciate ligament repair outcomes: an updated systematic review of recent literature. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 2019, vol. 35, no. 7, pp. 2233-2247. doi: 10.1016/j.arthro.2019.04.005.

14. Hopper G.P., Aithie J., Jenkins J.M., Wilson W.T., et al. Satisfactory patient-reported outcomes at 5 years following primary repair with suture tape augmentation for proximal anterior cruciate ligament tears. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2022, vol. 30, no. 1, pp. 253-259. doi: 10.1007/s00167-021-06485-z.

15. Hohmann E. Editorial commentary: renaissance of primary anterior cruciate ligament repair: is history repeating itself? *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 2016, vol. 32, no. 12, pp. 2570-2571. doi: 10.1016/j.arthro.2016.09.022.

16. Reider B. The quest. *The American journal of sports medicine*, 2013, vol. 41, no. 8, pp. 1747-1749. doi: 10.1177/0363546513498697.

17. Meister M., Koch J., Amsler F., Arnold M.P., et al. ACL suturing using dynamic intraligamentary stabilisation showing good clinical outcome but a high reoperation rate: a retrospective independent study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2018, vol. 26, no. 2, pp. 655-659. doi: 10.1007/s00167-017-4726-0.

18. Papalia R., Torre G., Papalia G., Campi S., et al. Arthroscopic primary repair of the anterior cruciate ligament in adults: a systematic review. *British Medical Bulletin*, 2019, vol. 131, no. 1, pp. 29-42. doi: 10.1093/bmb/ldz019.

19. Ateschrang A., Schreiner A., Ahmad S., Schröter S., et al. Improved results of ACL primary repair in one-part tears with intact synovial coverage. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 37-43. doi: 10.1007/s00167-018-5199-5.

#### Информация об авторах

**Дмитрий Алексеевич Романов** – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института клинической медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия, e-mail dr.romanov67@mail.ru

**Андрей Владимирович Гаркави** - доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института клинической медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия, e-mail avgar22@yandex.ru

**Лев Олегович Кнеллер** – кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения ГБУЗ ГКБ №67 ДЗМ, Москва, 123423, Россия, e-mail okneller90@gmail.com

#### Information about authors

**Dmitriy Alekseevich Romanov** I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery, assistant of the department, Moscow, 119991, Russia, e-mail dr.romanov67@mail.ru

**Andrey Vladimirovich Garkavi** Doctor of Medical Sciences, Professor, I.M.Sechenov First Moscow State Medical University The Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, Professor, Moscow, 119991, Russia, e-mail avgar22@yandex.ru

**Lev Olegovich Kneller** PhD, State-funded health institution of the city of Moscow City clinical hospital No. 67 (named after L.A. Vorokhobov), Trauma and orthopedic surgeon, Moscow, 123423, Russia, e-mail okneller90@gmail.com

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-62-69>

УДК 616-001.514

© В.П. Солодкий, С.В. Новиков, Н.Н. Карчебный, Д.А. Ананьин, М.А. Панин, 2022

Оригинальная статья / Original article



## ПРЕДИКТОРЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА НЕСТАБИЛЬНЫХ ВЕРТЕЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ У ПАЦИЕНТОВ СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

В.П. СОЛОДКИЙ<sup>1</sup>, С.В. НОВИКОВ<sup>1</sup>, Н.Н. КАРЧЕБНЫЙ<sup>1</sup>, Д.А. АНАНЬИН<sup>2</sup>, М.А. ПАНИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ Городская клиническая больница № 17 ДЗМ, Москва, 119620, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО Российский университет дружбы народов, Москва, 117198, Россия

### Аннотация

**Введение.** Применение цефаломедуллярных штифтов в лечение «нестабильных» вертельных переломов признано золотым стандартом. Наиболее распространенным механическим осложнением при его применении является cut-out, представляющий собой варусный коллапс перелома с прорезыванием головки бедра шеечным имплантом. Роль различных переменных в прогнозировании риска этого осложнения до конца не изучена, а данные противоречивы. Целью настоящего исследования явилось изучение возможных предикторов cut-out при интрамедуллярном остеосинтезе нестабильных вертельных переломов проксимального отдела бедра у пациентов старше 75 лет.

**Материалы и методы.** В ретроспективном исследовании приняло участие 183 пациента, прооперированных в период с августа 2017 года по декабрь 2019 года. Выполнен анализ частоты cut-out в зависимости от нескольких переменных: пол, степень выраженности остеопороза, типа шеечного импланта, качества репозиции и некоторых рентгенологических параметров пространственного расположения шеечного импланта в головке бедренной кости (tip-apex distance (TAD), положение в зонах системы Cleveland (в модификации Caruso) и Parker's ratio index (PRI)).

**Результаты.** Частота механических осложнений составила 6,01%. Значимыми переменными стали TAD ( $p=0,017$ ), качество репозиции перелома ( $p=0,02$ ) и мужской пол ( $p=0,027$ ). Факторами, не показавшими статистическую значимость, стали возраст ( $p=0,44$ ), значение PRI ( $p=0,29$ ), положение винта в модифицированной системе Cleveland ( $p=0,772$ ), степень выраженности остеопороза ( $p=0,812$ ) и тип шеечного фиксатора ( $p=0,608$ ).

**Выводы.** В результате исследования мы получили три значимых предиктора cut-out, ими стали: TAD, качество репозиции и мужской пол. В связи с чем, с целью минимизации механических осложнений, следует уделять должное внимание достижению репозиции и корректному позиционированию шеечного импланта.

**Ключевые слова:** старческий возраст; переломы проксимального отдела бедра; остеосинтез цефаломедуллярным штифтом; последствия переломов; факторы риска.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

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

**Для цитирования:** Солодкий В.П., Новиков С.В., Карчебный Н.Н., Ананьин Д.А., Панин М.А., Предикторы механических осложнений интрамедуллярного остеосинтеза нестабильных вертельных переломов у пациентов старческого возраста. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №3(49). С.62-69 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-62-69>

## PREDICTORS OF MECHANICAL COMPLICATIONS AFTER INTRAMEDULLARY NAILING OF UNSTABLE TROCHANTERIC FRACTURES IN ELDERLY PATIENTS

VALENTIN P. SOLODKIY<sup>1</sup>, SERGEY V. NOVIKOV<sup>1</sup>, NIKOLAY N. KARCHEBNIY<sup>1</sup>, DANILA A. ANANIN<sup>2</sup>, MIKHAIL A. PANIN M.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>City Clinical Hospital №17, 119620, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Moscow, Russian Federation

### Abstract

**Introduction.** The use of cephalomedullary nails in the treatment of "unstable" acetabular fractures is recognized as a gold standard. The most common mechanical complication of its use is cut-out which is a varus fracture collapse with neck implant penetration of the femoral head. The role of various variables in predicting the risk of this complication is not fully understood and the data are inconsistent. The aim of this study was to investigate possible predictors of cut-out during intramedullary osteosynthesis of unstable trochanteric fractures in patients over 75 years of age.

**Materials and Methods.** A retrospective study involved 183 patients operated on between August 2017 and December 2019. We analyzed the incidence of cut-out depending on several variables: gender, the severity of osteoporosis, the type of neck implant, the quality of reduction and some radiological

parameters of the location of the neck implant in the femoral head (tip-apex distance (TAD), position in the Cleveland system zones (modified by Caruso) and Parker's ratio index (PRI).

**Results.** The incidence of mechanical complications was 6.01%. Significant variables were TAD ( $p=0.017$ ), the quality of fracture reduction ( $p=0.02$ ) and male gender ( $p=0.027$ ). The factors not showing statistical significance were the age ( $p=0.44$ ), PRI value ( $p=0.29$ ), screw position in the modified Cleveland system ( $p=0.772$ ), the degree of osteoporosis ( $p=0.812$ ) and the type of neck fixator ( $p=0.608$ ).

**Conclusion.** As a result of the study, we obtained three significant predictors of cut-out: TAD, reduction quality and male gender. Therefore, in order to minimize mechanical complications, proper attention should be paid to achieving reduction and correct positioning of the cervical implant.

**Key words:** Aged; Hip Fractures; Fracture Fixation, Intramedullary; Treatment Outcome; Risk Factors.

**Funding:** the study had no sponsorship

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**For citation:** Solodkiy V.P., Novikov S.V., Karchebnyi N.N., Ananin D.A., Panin M.A., Predictors of mechanical complications after intramedullary nailing of unstable trochanteric fractures in elderly patients. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3(49). pp.62-69 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-62-69>

## Введение

Демографическое старение населения приводит к росту числа переломов на фоне хрупкости кости, в том числе к увеличению переломов проксимального отдела бедренной кости [1, 2]. Переломы проксимального отдела бедра по-прежнему остаются одной из наиболее значимых проблем в травматологии всего мира [3]. По данным О.М. Лесняк с соавт. в России каждые 5 минут происходят падения, приводящие к таким переломам [4]. Подавляющее большинство пациентов, получивших перелом проксимального отдела бедренной кости, относятся к старческой возрастной группе по классификации ВОЗ (старше 75 лет) [5]. В последнее время в структуре переломов проксимального отдела бедра отмечается тенденция к увеличению частоты встречаемости вертельных переломов. По данным литературных источников несколько десятков лет назад переломы шейки бедра и переломы вертельной области соотносились как 1 к 1, в настоящее время вертельные переломы стали встречаться гораздо чаще, так на 2 перелома шейки бедра приходится 3 перелома вертельной области [6]. Стоит отметить, что вертельный перелом бедра описывается как один из самых драматичных, так как он сопровождается крайне высокой летальностью (от 12% до 50% в течение первого года после травмы), инвалидизацией и значительными затратами системы здравоохранения [1, 2, 7].

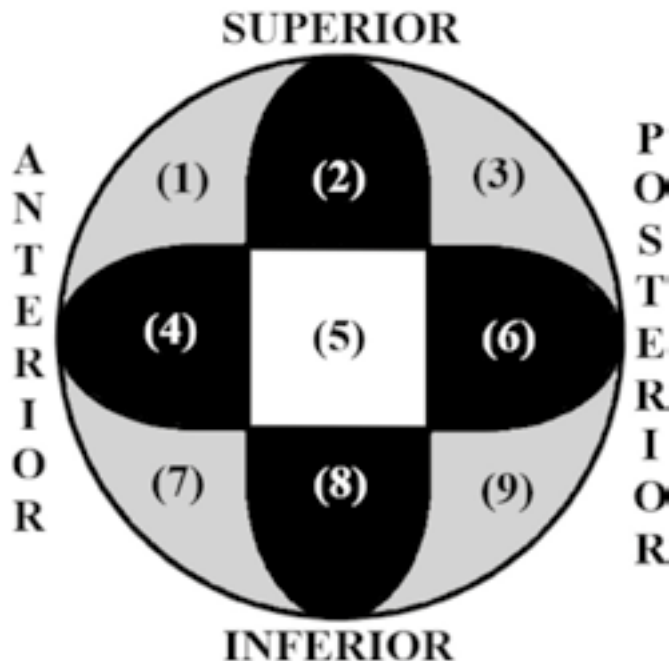
С целью предупреждения гипостатических осложнений, фиксация перелома должна позволять раннюю активизацию пациента с полной нагрузкой на поврежденную конечность [8]. Учитывая эти требования, погружной остеосинтез, его экстрамедуллярный или интрамедуллярный вариант, является методом выбора при вертельных переломах. В случае «стабильных» переломов, к которым относят переломы типа 31A1 по классификации АО/ОТА, предпочтение отдается динамическому бедренному винту (DHS). К его преимуществам перед цефаломедуллярным фиксатором относят меньшую хирургическую агрессию, сокращение длительности операции и экономическую эффективность при сопоставимых результатах

применения. При этом в лечении «нестабильных» вертельных переломов (31A2, 31A3 по АО/ОТА), которые наиболее часто встречаются в старческом возрасте, золотым стандартом признано применение цефаломедуллярных штифтов [9]. По данным ряда авторов основным механическим осложнением погружного остеосинтеза является cut-out (от 1,4 % до 19 %), который представляет собой варусный коллапс перелома с прорезыванием головки шеечным винтом или спиральным лезвием [10, 11].

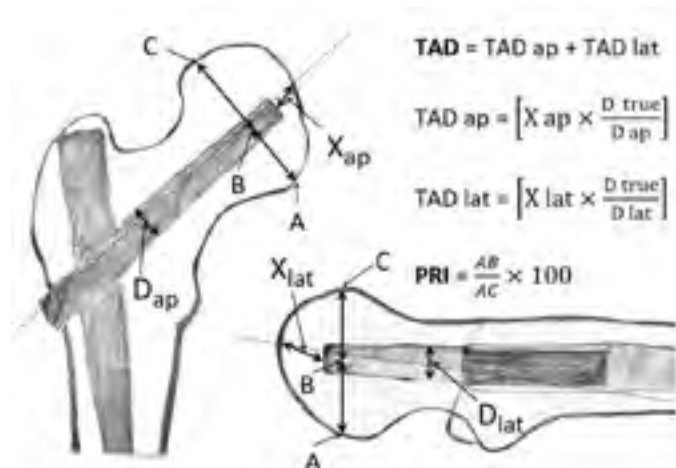
Различные исследования демонстрируют, что риск cut-out после остеосинтеза увеличивается несколькими переменными, такими как тип перелома, остеопороз, качество репозиции, пространственное положение кончика шеечного импланта в головке бедренной кости и др. [2,12,13,14]. Тип перелома является важным фактором риска механических неудач остеосинтеза. В литературе описана повышенная частота механических осложнений, связанная со сложными, нестабильными чрезвертельными переломами. При этом стабильные переломы (31A1 по АО/ОТА) сопровождалась низким уровнем осложнений [10]. Большое значение в прогнозировании cut-out придается положению шеечного импланта в головке бедренной кости. В 1959 году Cleveland с соавт., изучая риск механических осложнений, внедрили систему разделяющую головку бедренной кости на 9 зон, определив при этом влияние расположения винта на прогнозирование cut-out [15]. Caruso с соавт. модифицировали эту систему, сократив ее до трех, центральной и двух периферических («+» и «x») [16] (Рис 1).

Baumgaertner с соавт. были первыми, кто установил, что tip-apex distance (TAD), то есть суммарное расстояние от кончика винта до верхушки головки бедра, является одним из основных предикторов cut-out. Авторы пришли к выводам, что риск cut-out резко увеличивается при TAD более 25 мм, а оптимальное положение винта — это центр головки в прямой и аксиальной проекциях [17]. Parker с соавт. также сообщал о зависимости cut-out от пространственного расположения винта в головке, на основании чего рассчитывается, так называемый Parker's ratio index (PRI) [13] (Рис 2).





**Рисунок 1.** Модифицированная система Cleveland. Девять областей сокращены до трех, центральной (5 область, выделенная белым цветом), периферической «+» (2,4,6,8 области, выделенные черным цветом) и периферической «x» (1,3,7,9 области, выделенные серым цветом)



**Рисунок 2.** Tip-apex distance (TAD): сумма расстояний (мм) от кончика винта до вершины головки бедра в двух проекциях.  $X_{ap}$ ,  $X_{lat}$ ,  $D_{ap}$  и  $D_{lat}$  - являются величинами измеряемыми на рентгенограмме.  $D_{true}$  равен известному диаметру шейного импланта. Parker's ratio index (PRI): соотношение  $AB / AC \times 100$  в каждой проекции. AC: экваториальный диаметр головки бедра (A: нижний/задний полюс; C: верхний/передний полюс); B: точка пересечения оси винта с отрезком AC. PRI 0-33 соответствует нижнему/заднему положению винта, 34-66 - центральному, 67-100 - верхнему/переднему положению

Ряд авторов в качестве возможных причин cut-out, даже в условиях «идеально» выполненного остеосинтеза, выделяют

вторичные причины, такие как аваскулярный некроз головки бедренной кости, инфекционные осложнения после остеосинтеза и ревизионные операции [18].

Проблема механических осложнений остается многофакторной, ее связывают с возрастом, полом, остеопорозом, типом перелома, качеством репозиции и некорректным положением шейного импланта. Надежность вышеуказанных показателей до конца не изучена, часть данных противоречивы и ставится некоторыми авторами под сомнение [19,20,21,22].

**Целью данного исследования явилось** изучение возможных предикторов cut-out при интрамедулярном остеосинтезе нестабильных вертельных переломов проксимального отдела бедра у пациентов старше 75 лет.

### Материалы и методы

Ретроспективное исследование проводилось на базе ГБУЗ ГКБ №17 департамента здравоохранения г. Москвы в период с августа 2017 по декабрь 2019 года. За этот период было прооперировано 629 пациентов с переломом проксимального отдела бедра. Переломы были разделены на внутрикапсулярные ( $n=239$ ) и внекапсулярные ( $n=390$ ). Внекапсулярные переломы, в свою очередь, были разделены на стабильные (31A1) ( $n=121$ ) и нестабильные (31A2, 31A3) ( $n=269$ ). Оценка характера переломов была проведена согласно классификации АО/ОТА 2018 года, без разделения на подгруппы [23].

Из исследования были исключены пациенты cut-out у которых произошел в результате вторичных причин, связанных с костной патологией (кроме остеопороза), таких как аваскулярный некроз головки бедренной кости, метастазирование и инфекционные осложнения после остеосинтеза. Так же из исследования исключены пациенты после ревизионных операций; пациенты недоступные для наблюдения и выполнения рентгенограмм через 3 месяцев после операции; умершие в течение трех месяцев после операции, не имевшие при этом признаков механических осложнений остеосинтеза. В итоге, в исследование приняло участие 183 пациента старше 75 лет, прооперированных по поводу «нестабильного» (31A2, 31A3) чрезвертельного перелома бедра, полученного в результате т.н. «низкоэнергетической травмы» (Рис 3).

Все пациенты, принимавшие участие в исследовании, дали информированное письменное согласие. Одобрение на проведение клинического исследования получено Этическим комитетом при ГБУЗ ГКБ №17 г. Москвы.

### Хирургическое лечение

Оперативное лечение выполнялось в положении на спине, на ортопедическом столе. Репозиция производилась закрытым способом под контролем С-дуги. Применялись импланты: Стержень вертельный (Гамма), тип шейного импланта - винт, длина 240 мм, 130°, (ООО «ДИСИ», Россия) и Proximal Femoral Nail Anti-rotation (PFNA), тип шейного импланта – спиральное лезвие, длина 240 мм, 130° (Double



Medical Technology Inc., Китай). Всем пациентам с раннего послеоперационного периода разрешалась ходьба при помощи дополнительной опоры без ограничения нагрузки на оперированную конечность.



Рисунок 3. Блок-схема отбора пациентов для исследования

#### Радиологический анализ

После оперативного вмешательства были выполнены рентгенограммы в стандартных прямой и боковой проекциях. Положение шеечного импланта (винта или спирального лезвия) оценивалось по трем параметрам: TAD, PRI и положение винта в зонах Cleveland (в модификации Caruso с соавт.). Оценка степени выраженности остеопороза производилась при помощи Singh index [14]. Качество послеоперационной репозиции оценивалась по трем категориям «хорошая», «удовлетворительная» и «плохая» предложенным Baumgaertner [16]. Для классификации использовались два критерия: угловые смещения (1), (включающее 2 параметра анатомичное или вальгусное восстановление шеечно-диафизарного угла (ШДУ) в прямой проекции и угловое смещение  $<20^\circ$  в боковой проекции), и смещение  $\leq 4$  мм любого из фрагментов (2) за исключением малого

вертела. Хорошая репозиция считалась при выполнении двух критериев, удовлетворительная одного. При отсутствии обоих критериев репозиция расценивалась как плохая. Контрольные клинические и рентгенологические исследования проводились через 6 и 12 недель после операции.

#### Статистический анализ

Статистический анализ полученных результатов проводился при помощи Microsoft Excel (Пакет Office 365) и статистических библиотек SciPy 0.13.3 и NumPy 1.8.2 для Python 3.4 (Python Software Foundation, Delaware, USA). Для каждой из непрерывных величин приведены: среднее (M) и стандартное отклонение (SD) или медиана (Мед) и верхняя (25%) и нижняя квантили (75%) в зависимости от типа распределения. Гипотеза о нормальном распределении проверялись с использованием критерия Шапиро-Вилка. Достоверность отличий между двумя группами проверялась с помощью t-критерия Стьюдента, и непараметрического критерия U-критерий Манна-Уитни. Оценка качественных данных между группами осуществлялась с помощью  $\chi^2$ -квадрата Пирсона и расчетом p-уровня значимости. Статистически значимыми считали различия при значениях  $p < 0,05$ .

#### Результаты

Среди 183 пациентов с нестабильным чрезвертельным переломом у 11 произошел cut-out что составляет 6,01%, и соответствует литературным данным [22,24,25]. Среднее значение TAD для 172 пациентов без cut-out составило 23,68 мм, по сравнению с 32,68 мм в 11 случаях с cut-out (Т-тест:  $p = 0,017$ ) (Рис 4). Среднее значение PRI в группе без механических осложнений составило 45,73 по сравнению с 50,73 в прямой проекции (Т-тест:  $p = 0,29$ ) и 49,7 и 48,91 в боковой проекции соответственно (Т-тест:  $p = 0,86$ ). Чаще всего варусный коллапс перелома происходил, когда шеечный имплант находился в периферической зоне «х» модифицированной системы Cleveland (9,52%), однако этот результат не показал статистической значимости (Т-тест:  $p = 0,772$ ). Доля пациентов мужского пола, у которых произошел cut-out, была выше по сравнению с пациентами женского пола 13,89 и 4,08% соответственно (Тест Хи-квадрат:  $p = 0,027$ ). Репозиция перелома оценивалась как хорошая в 44,81% случаев (82 из 183), удовлетворительная в 40,98% (75 из 183) и плохая в 14,21% (26 из 183). При этом показатель cut-out составил 1,22% в случае с хорошей репозицией, 8% с удовлетворительной и 15,38% когда репозиция была плохой (Тест Хи-квадрат:  $p = 0,02$ ). Статистический анализ не показал существенных различий в группах с cut-out и без него в зависимости от возраста (Тест Шапиро-Уилка:  $p = 0,44$ ), степени выраженности остеопороза (Тест Хи-квадрат:  $p = 0,812$ ) и типа шеечного фиксатора (Тест Хи-квадрат:  $p = 0,608$ ) (Табл. 1).

Таблица 1

## Анализ влияния факторов на риск cut-out

Факторы	Все	Без Cut-out (n=172 (%))	Cut-out (n=11(%))	р-значение
Пол				<b>0,027</b>
Мужской	36	31 (86,11)	5 (13,89)	
Женский	147	141 (95,92)	6 (4,08)	
Возраст	83,58	83,66	82,36	0,44
Singh index				0,812
1	45	43 (95,56)	2 (4,44)	
2	40	36 (90,00)	4 (10)	
3	54	51 (94,44)	3 (5,56)	
4	42	40 (95,24)	2 (4,76)	
5	2	2 (100)	0	
Тип шейного фикстора				0,608
Шеечный винт	129	122 (94,57)	7 (5,43)	
Спиральное лезвие	54	50 (92,59)	4 (7,41)	
TAD (мм)	24,2	23,68	32,68	<b>0,017</b>
PRI (в прямой проекции)	46,03	45,73	50,73	0,29
Положение винта в прямой проекции				
Верхнее	25	23 (92)	2 (8)	
Центральное	117	110 (94,2)	7 (5,98)	
Нижнее	41	39 (95,12)	2 (4,88)	
PRI (в боковой проекции)	49,66	49,7	48,91	0,86
Положение винта в боковой проекции				
Переднее	22	21 (95,45)	1 (4,55)	
Центральное	135	127 (94,07)	8 (5,93)	
Заднее	26	24 (92,31)	2 (7,69)	
Модифицированная система Cleveland				0,772
Центральная область	89	84 (94,38)	5 (5,62)	
Периферическая область +	73	69 (94,52)	4 (5,48)	
Периферическая область х	21	19 (90,48)	2 (9,52)	
Качество репозиции				<b>0,02</b>
Хорошая	82	81 (98,78)	1 (1,22)	
Удовлетворительная	75	69 (92,00)	6 (8,00)	
Плохая	26	22 (84,62)	4 (15,38)	

TAD: Tip-apex distance; PRI: Parker's ratio index; Значимые P-значения выделены жирным шрифтом

## Обсуждение

Cut-out считается механическим осложнением, которого больше всего опасается хирург, выполняя остеосинтез вертельного перелома у пожилого пациента. В случае этого осложнения пациенту необходима повторная операция, которая технически сложнее, а также несет много рисков в особенности для пожилых, зачастую коморбидных пациентов. В связи с этим, знание предикторов развития этого осложнения является важным и должно способствовать снижению частоты cut-out.

Среди множества факторов, увеличивающих риск механических осложнений, авторы часто выделяют TAD, положение шейного импланта и качество репозиции. Однако некоторые исследования утверждают, что TAD является наиболее сильным предиктором cut-out [2,16,17].

Наше исследование подтвердило значимую связь между TAD и риском миграции шейного импланта. В группе пациентов с cut-out значение TAD было выше, чем в группе без механических осложнений, 32,68 мм и 23,68 мм соответственно ( $p=0,017$ ). Некоторые авторы ставят под сомнение пороговое значение  $TAD < 25$  мм, обычно рассматриваемое в литературе. Так Caruso с соавт. в исследовании 2022 года сообщили, что риск cut-out для шейного винта увеличивается при TAD более 34,8 мм [25]. Baumgaertner с соавт. рассчитывали значение TAD для шейного винта, и учитывая тот факт, что спиральное лезвие имеет несколько иную конструкцию, авторы исследуют этот параметр для него отдельно. Nikoloski с соавт. сообщают что правило  $TAD < 25$  мм не должно применяться для PFNA и рекомендуют избегать  $TAD < 20$  мм из-за риска медиальной (аксиальной) миграции лезвия и избегать  $TAD > 30$  мм, чтобы избежать cut-out. [26]

В нашем исследовании применялось два типа цефаломедуллярных конструкций: с шейным винтом и со спиральным лезвием. Цефаломедуллярный штифт с шейным винтом применялся чаще, в 70,5% случаев, тогда как металлофиксатор со спиральным лезвием в 29,5% (129/54). В результате анализа полученных данных тип шейного импланта не оказал влияние на риск cut-out ( $p=0,608$ ). Наши данные согласуются с результатами метаанализа Mitchell Ng с соавт., в котором сообщается, что не выявлено разницы в рисках cut-out для шейного винта ( $n=745$ ) или для спирального лезвия ( $n=371$ ) (OR: 1,03; 95% ДИ: 0,25-4,23) [27]

Исследуя показатель пространственного положения винта, такой как Parker's ratio index (PRI) в прямой ( $p=0,29$ ) и боковой ( $p=0,86$ ) проекциях, мы не обнаружили его влияния на cut-out. Так же не было выявлено зависимости риска cut-out от расположения винта в модифицированной системе Cleveland ( $p=0,772$ ). Наши результаты не подтвердили выводы других авторов. В своем исследовании 1992 года Parker отнес заднее положение винта к значимым предикторам cut-out [14]. Baumgaertner с соавт. в 1995 году так же сообщал, что риск cut-out увеличивается при расположении кончика

шеечного имплантата в передне-центральной и задне-нижней частях головки [17]. Caruso с соавт. применив в 2017 году модифицированную систему Cleveland сообщили о том, что в случае расположения винта в периферической зоне «х», риск cut-out увеличивается в 5 раз, а в 2022 году продемонстрировал статистически значимую корреляцию расположение винта в центральной зоне (5) со снижением риска cut-out ( $p < 0.002$ ) [16, 25]. Andruszkow с соавт. в своем исследовании рекомендует избегать переднего расположения винта ( $PRI < 40$ ) в боковой проекции из-за значительного увеличения частоты механических осложнений [24]. Многие сходятся во мнении, что центральное расположение шеечного имплантата в боковой проекции является самым безопасным. Однако Кагарина с соавт. в исследовании 2021 года пришли к выводу, что ниже-заднее расположение спирального клинка так же безопасно как центрально-центральное и ниже-центральное [28]. Что касается прямой проекции исследователи пришли к консенсусу, что расположение шеечного имплантата в верхней части головки увеличивает риск миграции металлофиксатора. Однако, мнения в отношении того какое положение, центральное или ниже лучше, расходятся [22]. Тут стоит обратить внимание на то, что более нижнее положение шеечного имплантата одновременно отдаляет его от центра головки и там самым увеличивает TAD. В биомеханическом исследовании Kane с соавт, установили, что ниже-центральное положение с TAD более 25 мм, обеспечивает равную, если не превосходящую стабильность по сравнению с центрально-центральным расположением винта с TAD менее 25 мм [29].

Считается, что низкое качество кости увеличивает риск несостоятельности остеосинтеза. В нашем исследовании мы не обнаружили существенной взаимосвязи между остеопорозом, оцениваемым при помощи Singh index, и риском cut-out. Наши данные противоречат выводам Lobo-Escolar с соавт., но согласуются с результатами Kashigar с соавт. [2, 22]. К этим выводам следует относиться осторожно, в связи с данными Klatte с соавт., который сообщил о низкой корреляцией между Singh index и остеопорозом [30].

В нашем исследовании только у одного пациента с хорошей репозицией произошло механическое осложнение, тогда как в 15,38% случаев с плохой репозицией произошел cut-out. Многие авторы сообщают о тесной связи неудовлетворительной репозиции и высоким риском cut-out, при этом, обращая особое внимание на анатомическое или вальгусное восстановление шеечно-диафизарного угла [21, 22, 27]. Так Andruszkow с соавт. сообщают, что «вальгусная» репозиция шеечно-диафизарного угла в  $5-10^\circ$  была связана с тенденцией к снижению частоты cut-out [24].

Основным ограничением нашего исследования был его ретроспективный характер, а также качество послеоперационных рентгенограмм, так как они выполнялись с разной степенью внутренней ротации.

## Выводы

В результате нашего исследования было выявлено три основных предиктора cut-out при интрамедуллярном остеосинтезе нестабильных вертельных переломов проксимального отдела бедра у пациентов старше 75 лет: TAD, качество репозиции и мужской пол. TAD и качество репозиции являются факторами, которые хирург может контролировать во время операции. При этом особое внимание стоит уделять репозиции перелома, так как она напрямую связана с позиционированием шеечного имплантата. При этом тип шеечного имплантата, остеопороз, пространственное положение винта в головке бедренной кости не показали достоверную значимость для прогнозирования cut-out.

## Список литературы / References:

1. Hartholt KA, van Beeck EF, Polinder S, van der Velde N, van Lieshout EM, Panneman MJ, van der Cammen TJ, Patka P. Societal consequences of falls in the older population: injuries, healthcare costs, and long-term reduced quality of life. *J Trauma*. 2011 Sep;71(3):748-53. doi: 10.1097/TA.0b013e3181f6f5e5.
2. Lobo-Escolar A, Joven E, Iglesias D, Herrera A. Predictive factors for cutting-out in femoral intramedullary nailing. *Injury*. 2010 Dec;41(12):1312-6. doi: 10.1016/j.injury.2010.08.009. Epub 2010 Sep 15.
3. Ahn J, Bernstein J. Fractures in brief: intertrochanteric hip fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2010 May;468(5):1450-2. doi: 10.1007/s11999-010-1263-2.
4. Лесняк О.М., Баранова И.А., Белова К.Ю., Гладкова Е.Н., Евстигнеева Л.П., Ершова О.Б., Каронова Т.Л., Кочиш А.Ю., Никитинская О.А., Скрипникова И.А., Торопцова Н.В., Арамисова Р.М. Остеопороз в Российской Федерации: эпидемиология, медико-социальные и экономические аспекты проблемы (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(1):155-168. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168. [Lesnyak O.M., Baranova I.A., Belova K.Y., et al. Osteoporosis in Russian federation: epidemiology, socio-medical and economical aspects (review) // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. - 2018. - Vol. 24. - N. 1. - P. 155-168. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168]
5. Zuckerman JD. Hip fracture. *N Engl J Med*. 1996 Jun 6;334(23):1519-25. doi: 10.1056/NEJM199606063342307.
6. Skála-Rosenbaum J, Bartoníček J, Ríha D, Waldauf P, Džupa V. Single-centre study of hip fractures in Prague, Czech Republic, 1997-2007. *Int Orthop*. 2011 Apr;35(4):587-93. doi: 10.1007/s00264-010-0984-x. Epub 2010 Mar 9.
7. Hannan EL, Magaziner J, Wang JJ, Eastwood EA, Silberzweig SB, Gilbert M, Morrison RS, McLaughlin MA, Orosz GM, Siu AL. Mortality and locomotion 6 months after hospitalization for hip fracture: risk factors and risk-adjusted hospital outcomes. *JAMA*. 2001 Jun 6;285(21):2736-42. doi: 10.1001/jama.285.21.2736.
8. Pajarinen J, Lindahl J, Savolainen V, Michelsson O, Hirvensalo E. Femoral shaft medialisation and neck-shaft angle in unstable pertrochanteric femoral fractures. *Int Orthop*. 2004 Dec;28(6):347-53. doi: 10.1007/s00264-004-0590-x. Epub 2004 Sep 10.

9. Yeganeh A, Taghavi R, Moghtadaei M. Comparing the Intramedullary Nailing Method Versus Dynamic Hip Screw in Treatment of Unstable Intertrochanteric Fractures. *Med Arch*. 2016 Feb;70(1):53-6. doi: 10.5455/medarh.2016.70.53-56. Epub 2016 Jan 31.
10. Bojan AJ, Beigel C, Speitling A, Taglang G, Ekholm C, Jönsson A. 3066 consecutive Gamma Nails. 12 years experience at a single centre. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010 Jun 26;11:133. doi: 10.1186/1471-2474-11-133.
11. Utrilla AL, Reig JS, Muñoz FM, Tufanisco CB. Trochanteric gamma nail and compression hip screw for trochanteric fractures: a randomized, prospective, comparative study in 210 elderly patients with a new design of the gamma nail. *J Orthop Trauma*. 2005 Apr;19(4):229-33. doi: 10.1097/01.bot.0000151819.95075.ad.
12. Gundle R, Gargan MF, Simpson AH. How to minimize failures of fixation of unstable intertrochanteric fractures. *Injury*. 1995 Nov;26(9):611-4. doi: 10.1016/0020-1383(95)00125-s.
13. Parker MJ. Cutting-out of the dynamic hip screw related to its position. *J Bone Joint Surg Br*. 1992 Jul;74(4):625. doi: 10.1302/0301-620X.74B4.1624529.
14. Singh M, Nagrath AR, Maini PS. Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1970 Apr;52(3):457-67.
15. Cleveland M, Bosworth DM, Thompson FR, Wilson HJ Jr, Ishizuka T. A ten-year analysis of intertrochanteric fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am*. 1959 Dec;41-A:1399-408.
16. Caruso G, Bonomo M, Valpiani G, Salvatori G, Gildone A, Lorusso V, Massari L. A six-year retrospective analysis of cut-out risk predictors in cephalomedullary nailing for peritrochanteric fractures: Can the tip-apex distance (TAD) still be considered the best parameter? *Bone Joint Res*. 2017 Aug;6(8):481-488. doi: 10.1302/2046-3758.68.BJR-2016-0299.R1.
17. Baumgaertner MR, Curtin SL, Lindskog DM, Keggi JM. The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1995 Jul;77(7):1058-64. doi: 10.2106/00004623-199507000-00012.
18. Bojan AJ, Beigel C, Taglang G, Collin D, Ekholm C, Jönsson A. Critical factors in cut-out complication after Gamma Nail treatment of proximal femoral fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013 Jan 2;14:1. doi: 10.1186/1471-2474-14-1.
19. Goffin JM, Pankaj P, Simpson AH. The importance of lag screw position for the stabilization of trochanteric fractures with a sliding hip screw: a subject-specific finite element study. *J Orthop Res*. 2013 Apr;31(4):596-600. doi: 10.1002/jor.22266. Epub 2012 Nov 8.
20. Mingo-Robinet J, Torres-Torres M, Martínez-Cervell C, Alonso Del Olmo JA, Rivas Laso JA, Aguado-Hernández H, Burón-Alvarez I. Comparative study of the second and third generation of gamma nail for trochanteric fractures: review of 218 cases. *J Orthop Trauma*. 2015 Mar;29(3):e85-90. doi: 10.1097/BOT.0000000000000190.
21. Pervez H, Parker MJ, Vowler S. Prediction of fixation failure after sliding hip screw fixation. *Injury*. 2004 Oct;35(10):994-8. doi: 10.1016/j.injury.2003.10.028.
22. Kashigar A, Vincent A, Gunton MJ, Backstein D, Safir O, Kuzyk PR. Predictors of failure for cephalomedullary nailing of proximal femoral fractures. *Bone Joint J*. 2014 Aug;96-B(8):1029-34. doi: 10.1302/0301-620X.96B8.33644.
23. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS, Karam MD, Kellam JF. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018 Jan;32 Suppl 1:S1-S170. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063.
24. Andruszkow H, Frink M, Frömke C, Matityahu A, Zeckey C, Mommsen P, Suntardjo S, Krettek C, Hildebrand F. Tip apex distance, hip screw placement, and neck shaft angle as potential risk factors for cut-out failure of hip screws after surgical treatment of intertrochanteric fractures. *Int Orthop*. 2012 Nov;36(11):2347-54. doi: 10.1007/s00264-012-1636-0. Epub 2012 Aug 12. PMID: 23011721;
25. Caruso G, Corradi N, Caldaria A, Bottin D, Lo Re D, Lorusso V, Morotti C, Valpiani G, Massari L. New tip-apex distance and calcar-referenced tip-apex distance cut-offs may be the best predictors for cut-out risk after intramedullary fixation of proximal femur fractures. *Sci Rep*. 2022 Jan 10;12(1):357. doi: 10.1038/s41598-021-04252-1.
26. Nikoloski AN, Osbrough AL, Yates PJ. Should the tip-apex distance (TAD) rule be modified for the proximal femoral nail antirotation (PFNA)? A retrospective study. *J Orthop Surg Res*. 2013 Oct 17;8:35. doi: 10.1186/1749-799X-8-35.
27. Ng M, Shah NS, Golub I, Ciminero M, Zhai K, Kang KK, Emara AK, Piuze NS. No difference between lag screw and helical blade for cephalomedullary nail cut-out a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2021 Oct 19. doi: 10.1007/s00590-021-03124-8. Epub ahead of print.
28. Karapınar L, Turgut A, Kumbaracı M, Koca A. Evaluation of the quadrants of femoral neck-head in the cephalomedullary fixation of intertrochanteric fractures with a helical blade: Is inferior posterior quadrant also safe? A clinical study. *Jt Dis Relat Surg*. 2021;32(1):93-100. doi: 10.5606/ehc.2021.78098. Epub 2021 Jan 6.
29. Kane P, Vopat B, Heard W, Thakur N, Paller D, Koruprolu S, Born C. Is tip apex distance as important as we think? A biomechanical study examining optimal lag screw placement. *Clin Orthop Relat Res*. 2014 Aug;472(8):2492-8. doi: 10.1007/s11999-014-3594-x. Epub 2014 Apr 24. Erratum in: *Clin Orthop Relat Res*. 2014 Aug;472(8):2499.
30. Klatté TO, Vettorazzi E, Beckmann J, Pueschel K, Amling M, Gebauer M. The Singh Index does not correlate with bone mineral density (BMD) measured with dual energy X-ray absorptiometry (DXA) or peripheral quantitative computed tomography (pQCT). *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015 May;135(5):645-50. doi: 10.1007/s00402-015-2187-9. Epub 2015 Mar 5.

#### Информация об авторах:

**Солодкий Валентин Петрович** – врач травматолог-ортопед отделения травматологии ГБУЗ Городской клинической больницы №17 ДЗМ, г. Москва, ул. Волынская д.7, 119620, Россия, e-mail: svp7000@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5966-6144>

**Новиков Сергей Викторович** – кандидат медицинских наук, заведующий отделением травматологии ГБУЗ Городской клинической больницы №17 ДЗМ, г. Москва, ул. Волынская д.7, 119620,

Россия, e-mail: nadin-79@bk.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5667-5184>

**Карчевный Николай Николаевич** – кандидат медицинских наук, заведующий отделением неотложной травматологии и ортопедии КДЦ АТИО ГБУЗ Городской клинической больницы №17 ДЗМ, г. Москва, ул. Вольнская д.7, 119620, Россия, e-mail: karchebynn@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3526-7496>

**Ананьин Данила Алексеевич** - кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО РУДН, г. Москва, ул. Миклхо-Маклая д. 6, 117198, Россия., e-mail: ananuins@list.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0032-4710>

**Панин Михаил Александрович** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО РУДН, г. Москва, ул. Миклхо-Маклая д. 6, 117198, Россия., e-mail: panin-mihail@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4686-7892>

#### Information about authors:

**Solodkiy Valentin Petrovich** - orthopedic surgeon, City Clinical Hospital №17, Volynskaia str. 7, Moscow, 119620, Russia, e-mail: svp7000@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5966-6144>

**Novikov Sergey Viktorovich** - PhD, Head of Traumatology Department, City Clinical Hospital №17, Volynskaia str. 7, Moscow, 119620, Russia, e-mail: nadin-79@bk.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5667-5184>

**Karchebnyi Nikolay Nikolaevich** - PhD, Head of KDC ATIO City Clinical Hospital №17, Volynskaia str. 7, Moscow, 119620, Russia

**e-mail:** karchebynn@mail.ru **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3526-7496>

**Ananin Danila Alekseevich** - PhD, Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya str. 6, 117198, Russian Federation, e-mail: ananuins@list.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0032-4710>

**Panin Mikhail Aleksandrovich** - PhD, Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya str. 6, 117198, Russian Federation, e-mail: panin-mihail@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4686-7892>

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-70-76>

УДК 617.3

© А.В. Лычагин, С.В. Иванников, О.Д. Подкосов, М.М. Липина, И.А. Вязанкин, Н.А.Набатчиков, М.Я. Гавловский, 2022

Клинический случай / Clinical case

### ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТАКТИКИ ЛЕЧЕНИЯ СПИЦЕВОГО ОСТЕОМИЕЛИТА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

А.В. ЛЫЧАГИН<sup>1</sup>, С.В. ИВАННИКОВ<sup>1</sup>, О.Д. ПОДКОСОВ<sup>2</sup>, М.М. ЛИПИНА<sup>1</sup>, И.А. ВЯЗАНКИН<sup>1</sup>,  
Н.А. НАБАТЧИКОВ<sup>1,2</sup>, М.Я. ГАВЛОВСКИЙ<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> ГБУЗ ГКБ им. С.П.Боткина ДЗМ, Москва, 125284, Россия

#### Резюме

**Введение.** Спицевой остеомиелит одно из самых распространенных осложнений наружного чрезкостного остеосинтеза с применением аппарата Илизарова. Поиск оптимальных методик лечения по сей день является актуальным вопросом современной травматологии и ортопедии. Применение тактики лечения спицевого остеомиелита большеберцовой кости с применением двухэтапного метода лечения в комбинации с лазерной остеоперфорацией еще ранее не проводилась.

**Цель исследования.** Оценить эффективность лечения спицевого остеомиелита большеберцовой кости с рубцовыми изменениями мягких тканей за счет применения двухэтапного метода лечения в комбинации с лазерной остеоперфорацией.

**Клинический случай.** Нами представлен клинический случай пациента С. 56 лет с диагностированным спицевым остеомиелитом левой большеберцовой кости. Первым этапом пациенту выполнена санация очага инфекции, малоинвазивная лазерная остеоперфорация левой большеберцовой кости, установка цементного антибактериального спейсера. Через месяц после операции, после купирования инфекционного процесса пациенту был выполнен второй этап – удаление спейсера, малоинвазивная лазерная остеоперфорация левой большеберцовой кости, костная аллопластика биокомпозитным остеокондуктивным препаратом. Проводилось наблюдение в послеоперационном периоде в течение 6 месяцев. Эффективность лечения оценивалась по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) и лабораторным показателям СОЭ и С-реактивного белка. В результате лечения инфекционно-воспалительный процесс полностью купирован, болевой синдром купирован, достигнута ремиссия.

**Выводы.** Комбинированная тактика лечения остеомиелита с применением двухэтапной методики и лазерной остеоперфорации на всех этапах показала свою эффективность за счет адекватной санации и малоинвазивности вмешательства. Результат данной работы показал, что в случае выраженных рубцовых изменений голени при хроническом остеомиелите необходимо выбирать более малоинвазивные методики, так как это способствует уменьшению риска рецидива в послеоперационном периоде.

**Ключевые слова:** спицевой остеомиелит, остеомиелит большеберцовой кости, лазерная остеоперфорация, двухэтапный метод лечения, техника Masquelet

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

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Лычагин А.В., Иванников С.В., Подкосов О.Д., Липина М.М., Вязанкин И.А., Набатчиков Н.А., Гавловский М.Я., Применение комбинированной тактики лечения спицевого остеомиелита большеберцовой кости: клинический случай. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №3(49). С.70–76 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-70-76>

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

Исследование одобрено этическим комитетом

## THE USE OF COMBINED TACTICS FOR THE TREATMENT OF PIN OSTEOMYELITIS OF THE TIBIA: A CASE REPORT

ALEXEY V. LYCHAGIN<sup>1</sup>, SERGEY V. IVANNIKOV<sup>1</sup>, OLEG D. PODKOSOV<sup>2</sup>, MARINA M. LIPINA<sup>1</sup>,  
IVAN A. VYAZANKIN<sup>1</sup>, NIKOLAY A. NABATCHIKOV<sup>1,2</sup>, MAKSIM Y. GAVLOVSKIY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup>Botkin Hospital, Moscow, 125284, Russia

### Abstract

**Introduction.** Pin osteomyelitis is one of the most common complications of external transosseous osteosynthesis using the Ilizarov apparatus. The search for optimal treatment methods is still a topical issue of modern traumatology and orthopedics. The use of tactics for the treatment of pin osteomyelitis of the tibia using a two-stage method of treatment in combination with laser osteoperforation has not yet been carried out.

**Purpose of the study.** To evaluate the effectiveness of the treatment of pin osteomyelitis of the tibia with cicatricial changes in soft tissues through the use of a two-stage treatment method in combination with laser osteoperforation.

**Case report.** We present a clinical case of patient S., aged 56, diagnosed with pin osteomyelitis of the left tibia. At the first stage, the patient underwent sanitation of the focus of infection, minimally invasive laser osteoperforation of the left tibia, and installation of a cement antibacterial spacer. A month after the operation, after stopping the infectious process, the patient underwent the second stage - removal of the spacer, minimally invasive laser osteoperforation of the left tibia, bone alloplasty with a biocomposite osteoconductive preparation. Follow-up was carried out in the postoperative period for 6 months. Treatment efficacy was assessed using a visual analogue scale (VAS) and laboratory parameters of ESR and C-reactive protein. As a result of the treatment, the infectious-inflammatory process was completely stopped, the pain syndrome was stopped, and remission was achieved.

**Conclusions.** The combined tactics of treating osteomyelitis using a two-stage technique and laser osteoperforation at all stages showed its effectiveness due to adequate debridement and minimally invasive intervention. The result of this work showed that in the case of pronounced cicatricial changes of the lower leg in chronic osteomyelitis, it is necessary to choose more minimally invasive techniques, as this helps to reduce the risk of recurrence in the postoperative period.

**Key words:** pin osteomyelitis, tibia osteomyelitis, laser osteoperforation, two-stage treatment, Masquelet technique

**Funding:** the study had no sponsorship

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**For citation:** Lychagin A.V., Ivannikov S.V., Podkosov O.D., Lipina M.M., Vyazankin I.A., Nabatchikov N.A., Gavlovskiy M.Y., The use of combined tactics for the treatment of pin osteomyelitis of the tibia: a case report. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022.№3(49). pp.70-76 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-70-76>

### Введение.

Остеомиелит – это заболевание, характеризующееся неспецифическим инфекционным поражением кости и окружающей ее ткани. В настоящее время под данным термином понимают, как поражение непосредственно костной ткани (остит), костного мозга (миелит), надкостницы (периостит) [1]. Одним из возможных видов хронического остеомиелита является спицевой остеомиелит. Данное заболевание является инфекционным осложнением костной ткани в месте проведения спиц, в частности при проведении внеочагового чрезкостного остеосинтеза с применением аппарата Илизарова. Стоит отметить, что инфекционные повреждения в местах проведения спиц являются самыми частыми осложнениями остеосинтеза с применением аппарата Илизарова, вплоть до 100%, хотя частота встречаемости спицевого остеомиелита составляет 4% [2, 3]. Согласно классификации Dahl Wire and pin site Classification and Treatment (1994г.), принято разделять спицевые инфекционные осложнения на 6 стадий: Стадия 0 – норма (вмешательства не требуется); Стадия 1 – Воспаление (ежедневный уход за местом выхода спиц); Стадия 2 – Серозное отделяемое (ежедневный уход за местом выхода спиц, антибактериальная терапия);

Стадия 3 – Гнойное отделяемое (ежедневный уход за местом выхода спиц, антибактериальная терапия); Стадия 4 – Остеолизис (требуется хирургическое вмешательство – удаление спицы, антибактериальная терапия); Стадия 5 – Появление кольцевидного секвестра (удаление спицы, хирургическая санация, антибактериальная терапия) [3]. Согласно 5-й стадии данной классификации, при появлении кольцевидного секвестра, выставляется диагноз «Спицевой остеомиелит». Однако в практике нередки случаи диагностирования спицевого остеомиелита спустя продолжительное время после удаления как и самой спицы, так и после удаления всей фиксации [4, 5]. Метод лечения, в случае выявления спицевого остеомиелита, основывается на радикальной санации и остеонекрэктомии, однако в 20-30% случаев заканчивается рецидивами [1]. Несомненно, подобная частота рецидивов и по сей день является актуальной темой для обсуждения и поиска оптимального метода лечения.

### Цель исследования

Оценить эффективность лечения спицевого остеомиелита большеберцовой кости с рубцовыми изменениями мягких



тканей за счет применения двухэтапного метода лечения в комбинации с лазерной остеоперфорацией.

### Клинический случай.

Из анамнеза Пациента С. 56 лет известно, что травма произошла в 2017 году в результате дорожно-транспортного происшествия. Диагностирован закрытый оскольчатый перелом дистальной трети диафиза левой большеберцовой кости. Первоначально, в больнице по месту жительства, пациенту был выполнен остеосинтез пластиной и винтами, однако спустя 1 год после операции стал отмечать увеличение отека и болезненности в зоне операции, формирование свища с гнойным отделяемым в проекции послеоперационного рубца. Учитывая сроки после остеосинтеза и признаки несращения перелома, выполнено удаление пластины, открытая репозиция с фиксацией отломков винтами, фиксация в стержневом аппарате наружной фиксации.

В 2019 году пациент отметил повторное появление свища в области послеоперационного рубца, в связи с чем первично обратился в отделение гнойной травматологии и хирургии ГKB им. С.П.Боткина. При обследовании рентгенологически визуализировались деструктивные изменения концов отломков большеберцовой кости, отмечалась умеренная периостальная реакция. Клинически пациент отмечал усиление болезненности по всей голени (ВАШ 7 баллов), периодически подъем температуры тела до 38 градусов. Лабораторно отмечался лейкоцитоз ( $11 \times 10^9$ ), повышение СОЭ до 75 мм\ч, повышение С-реактивного белка до 50 мг\л. Диагностирован остеомиелит большеберцовой кости. Пациенту выполнено радикальное оперативное вмешательство по протоколу двухэтапного лечения остеомиелита – демонтаж аппарата наружной фиксации, сегментарная резекция большеберцовой кости, установка блоковидного цементного антибактериального спейсера, фиксация в аппарате Илизарова.

Через 1.5 месяца после операции при обследовании выявлена нормализация всех лабораторных показателей пациента, местно признаков воспаления не выявлено. Пациенту в плановом порядке был выполнен второй этап оперативного лечения – удаление спейсера, кортикотомия большеберцовой кости. Интраоперационно выполнен замер дефекта – 4 см, поэтому было принято решение о замещении костного дефекта путем транспорта кости. Дистракция производилась по 1 мм в день в течение 40 дней. По окончании дистракции рентгенологически отмечен полный контакт отломков большеберцовой кости и рост регенерата проксимальной трети большеберцовой кости. Спустя 8 месяцев достигнуто сращение отломков и полная оссификация регенерата большеберцовой кости.

В течение полутора лет пациент не предъявлял жалоб. Однако в мае 2021 года обратился повторно в отделение гнойной травматологии и хирургии ГKB им. С.П.Боткина. Пациент предъявил жалобы на умеренную боль (ВАШ 4 балла) в области

дистальной трети левой большеберцовой кости и формирование свища в проекции проведения спицы аппарата Илизарова. Рентгенологически обнаружен округлый дефект внутреннего кортикального слоя дистальной трети диафиза левой большеберцовой кости. Лабораторно отмечалось повышение СОЭ до 50 мм\ч, С-реактивного белка до 45.2 мг\л. Диагностирован спицевой остеомиелит. Мы приняли во внимание рубцовые изменения мягких тканей левой голени ввиду неоднократных оперативных вмешательств в области дистальной трети голени, поэтому нами было принято решение о малоинвазивной санации дефекта левой большеберцовой кости с применением лазерных технологий в комбинации с двухэтапным протоколом лечения остеомиелита.



Рис. 1. Первый этап. Малоинвазивная санация дефекта левой большеберцовой кости с применением лазерной остеоперфорации большеберцовой кости. Установка цементного антибактериального спейсера с ванкомицином.

Под ЭОП-контролем через разрез в 2 см выполнена санация дефекта левой большеберцовой кости. Удален секвестр, находившийся в толще патологических грануляций. После механической обработки дефекта ложкой Фолькмана выполнена лазерная остеоперфорация большеберцовой кости в самом дефекте и по 2 остеоперфорации дистальнее и проксимальнее дефекта. Выбран режим импульсно-периодический с длиной волны 0,97 мкм, время импульса 100 мс с интервалами в 50 мс, мощность излучения 18 Вт. Затем выполнена установка

цементного антибактериального спейсера с ванкомицином. По данным микробиологического исследования выявлен MRSA, чувствительный только к ванкомицину.

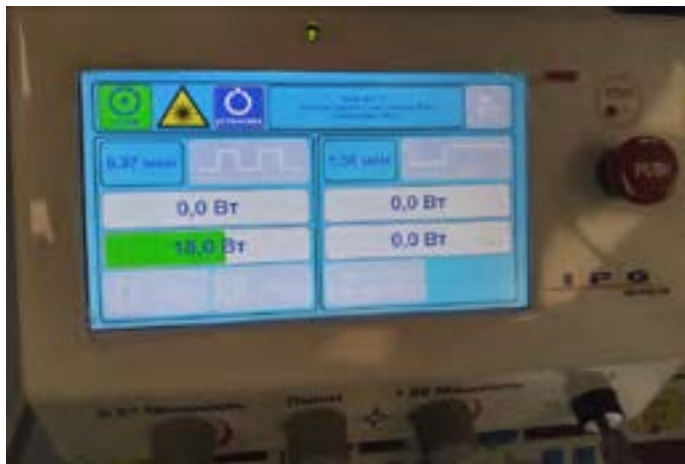


Рис. 2. Лазерный двухволновой хирургический аппарат ИРЭ-Полус с заданными параметрами для проведения лазерной остеоперфорации.

Спустя 1.5 месяца пациенту в плановом порядке был госпитализирован для второго этапа оперативного лечения. Клинически пациент предъявлял жалобы на периодическую болезненность в зоне операции (ВАШ 1 балл). Лабораторно отмечалась нормализация всех показателей.



Рис. 3. Второй этап. Удаление спейсера. Повторная лазерная остеоперфорация левой большеберцовой кости. Костная аллопластика биокомполитным остеокондуктивным препаратом.

Под ЭОП-контролем через старый п/о рубец размером 2 см удален спейсер без технических сложностей. Патологических тканей и отделяемого не выявлено. Проведена повторная лазерная остеоперфорация левой большеберцовой кости с прежними параметрами. Затем под ЭОП-контролем произведена костная аллопластика биокомполитным остеокондуктивным препаратом. По данным микробиологического исследования роста микрофлоры не выявлено.



Рис. 4. Наблюдение через 6 месяцев после операции. Полное ремоделирование аллотранслатната.

Дальнейшее наблюдение проводилось через 1, 3 и 6 месяцев после операции. Отмечено, что в течение первого месяца после операции, болевой синдром полностью купировался (ВАШ 0 баллов).

#### Обсуждение.

Концепция двухэтапного лечения остеомиелита (техника Masquelet) стала основополагающей в случае пациента С. Главный принцип этой методики заключается в пошаговом

лечении или принцип "Step-by-step". Первым этапом производится купирование инфекционного процесса и деконтаминация очага посредством санации очага и установки цементного антибактериального спейсера. Второй этап – реконструктивный, производится удаление спейсера и замещение костного дефекта [6]. Данная методика располагает к более облегченному и эффективному лечению остеомиелита за счет разделения этапов на септический и асептический [7].

Таблица 1

**Сравнительная таблица лабораторных и клинических данных до первого этапа, после первого этапа и через 1, 3, 6 месяцев после второго этапа.**

Параметры и время наблюдения	ВАШ	СОЭ	С-реактивный белок
До первого этапа	4 балла	50 мм\ч	45,2 мг\л
После первого этапа	1 балл	15 мм\ч	2.7 мг\л
1 месяц после второго этапа	0 баллов	12 мм\ч	2.7 мг\л
3 месяца после второго этапа	0 баллов	9 мм\ч	3.1 мг\л
6 месяцев после второго этапа	0 баллов	9 мм\ч	3 мг\л

Одна из основных проблем, с которой сталкивается хирург при лечении остеомиелита большеберцовой кости, является дефицит мягких тканей ввиду анатомической особенности данного сегмента [8]. После проведения серии оперативных вмешательств дефицит мягких тканей становится особенно значительным, поскольку в сегменте появляются рубцовые изменения. Нашей основной задачей стала оптимизация метода лечения, включение в комплекс лечения малоинвазивных методик, именно поэтому мы включили лазерную остеоперфорацию на каждом этапе оперативного лечения. Во-первых, лазерное излучение способствует дополнительной санации дефекта кости с бактерицидным эффектом [9]. Во-вторых, лазерная остеоперфорация является малоинвазивным вмешательством, не требующее дополнительных разрезов [10,11,12]. В случае пациента С. отмечались выраженные рубцовые изменения голени.

В зарубежной практике лазерная остеоперфорация не используется в качестве метода лечения остеомиелита. Методика лазерной остеоперфорации нашла себя в ортодонтии и хирургической стоматологии. В исследовании L. MacDonald et al. было изучено 90 клинических исследований, включающих в общей сложности 415 пациентов, в которых сравнивали возможности перемещения зубов после удаления первых премоляров при помощи кортикотомии. В основной группе в качестве дополнительного метода была добавлена лазерная остеоперфорация. При оценке результатов было отмечено, что в группе, в которой

была применена лазерная остеоперфорация, перемещение зубов достигалось за более короткий промежуток времени [13].

Также необходимо отметить несомненно актуальную проблему стойкой утраты трудоспособности. В Российской Федерации, по данным различных авторов инвалидизация достигает 50-90% [14,15]. За рубежом эти данные составляют 60-75% [16,17]. Данная проблема во многом связана не только с самим заболеванием, но и с объемом и количеством операций. Одним из возможных решений данной проблемы может стать применение лазерной остеоперфорации.

### Выводы.

Комбинированная тактика лечения остеомиелита с применением двухэтапной методики и лазерной остеоперфорации на всех этапах может быть эффективной за счет адекватной санации и малоинвазивности вмешательства.

Результат данной работы показал, что в случае выраженных рубцовых изменений голени при хроническом остеомиелите методом выбора являются более малоинвазивные методики, так как это способствует уменьшению риска рецидива в послеоперационном периоде.

### Список литературы / References:

1. Клинические рекомендации ХРОНИЧЕСКИЙ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЙ ОСТЕОМИЕЛИТ КОНЕЧНОСТЕЙ (ДЛИННЫХ КОСТЕЙ): ОСОБЕННОСТИ КЛИНИКИ, ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ Ассоциация травматологов-ортопедов России (АТОР), 2020 г. [Klinicheskie rekomendacii HRONICHESKIJ NESPECIFICHESKIJ OSTEOIELIT KONECHNOSTEJ (DLINNYH KOSTEJ): OSOBNENOSTI KLINIKI, DIAGNOSTIKI I LEChENIJa Associacija travmatologov-ortopedov Rossii (ATOR), 2020]
2. Гаюк В.Д., Ключин Н.М., Бурнашов С.И. Воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов и спицевой остеомиелит: литературный обзор // Гений ортопедии. 2019;25(3):407-412. [Gajuk V.D., Kljushin N.M., Burnashov S.I. Vospalenie mjagkih tkanej vokrug chreskostnyh jelementov i spicevoj osteomielit: literaturnyj obzor // Genij ortopedii. 2019;25(3):407-412.] DOI 10.18019/1028-4427-2019-25-3-407-412
3. Kazmers NH, Fragomen AT, Rozbruch SR. Prevention of pin site infection in external fixation: a review of the literature. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2016;11(2):75-85. doi:10.1007/s11751-016-0256-4
4. Yikemu X, Tuxun A, Nuermaimaiti M, Abudukeymu A, Shayiti A. Effects of Vacuum Sealing Drainage Combined with Ilizarov Bone Transport Technique in the Treatment of Tibial Traumatic Osteomyelitis. *Med Sci Monit.* 2019 Sep 12;25:6864-6871. doi: 10.12659/MSM.915450. PMID: 31513555; PMCID: PMC6754706.
5. Hamiti Y, Yushan M, Lu C, Yusufu A. Reconstruction of massive tibial defect caused by osteomyelitis using induced membrane followed by trifocal bone transport technique: a retrospective study and our experience. *BMC Surg.* 2021 Dec 15;21(1):419. doi: 10.1186/s12893-021-01421-x. PMID: 34911504; PMCID: PMC8672610.

6. Alford AI, Nicolaou D, Hake M, McBride-Gagyi S. Masquelet's induced membrane technique: Review of current concepts and future directions. *J Orthop Res.* 2021 Apr;39(4):707-718. doi: 10.1002/jor.24978. Epub 2021 Jan 13. PMID: 33382115; PMCID: PMC8005442.

7. Careri S, Vitiello R, Oliva MS, Ziranu A, Maccauro G, Perisano C. Masquelet technique and osteomyelitis: innovations and literature review. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2019 Apr;23(2 Suppl):210-216. doi: 10.26355/eurrev\_201904\_17495. PMID: 30977888.

8. Артемьев А.А., Иванов П.А., Кашуб А.М., Григорьев М.А., Гянджалиев Р.А., Соловьев Ю.С., Сысоев И.А. Укорачивающая резекция и коррекция длины голени при лечении посттравматических дефектов большеберцовой кости, осложненных остеомиелитом. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь».* 2021;10(2):309-317. [Artem'ev A.A., Ivanov P.A., Kashub A.M., Grigor'ev M.A., Gjandzhaliev R.A., Solov'ev Ju.S., Sysoev I.A. Ukorachivajushhaja rezekcija i korrekcija dliny goleni pri lechenii posttravmaticheskikh defektov bol'shebercovej kosti, oslozhenennyh osteomyelitom. *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo «Neotlozhnaja medicinskaja pomoshh'».* 2021;10(2):309-317.] <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-2-309-317>

9. Ece Polat and Kyungsu Kang - Natural Photosensitizers in Antimicrobial Photodynamic Therapy 2021

10. Крочек И.В., Привалов В.А., Лаппа А.В., Ткачев А.Н.. «Применение высокоэнергетического лазерного излучения при лечении хронических форм остеомиелита» Альманах клинической медицины, no. 17-2, 2008, pp. 211-214. [Krochek I.V., Privalov V.A., Lappa A.V., Tkachev A.N.. "Primenenie vysokojenergeticheskogo lazernogo izlucheniya pri lechenii hronicheskikh form osteomyelita" *Al'manah klinicheskoy mediciny,* no. 17-2, 2008, pp. 211-214]

11. Fabian Cieplik, Dongmei Deng, Wim Crielaard, Wolfgang Buchalla, Elmar Hellwig, Ali Al-Ahmad & Tim Maisch - Antimicrobial photodynamic therapy – What we know and what we don't, 2018

12. Krochek IV, Privalov VA, Lappa AV, Nikitin SV. Kliniko-morfologicheskaja otsenka rezul'tatov lazernoj osteoperforatsii pri lechenii khronicheskogo osteomyelita [The clinical-morphological estimation of the results of laser osteoperforation in treatment of chronic osteomyelitis]. *Vestn Khir Im I I Grek.* 2004;163(6):68-72. Russian. PMID: 15757310.

13. MacDonald L, Zanjir M, Laghapour Lighvan N, da Costa BR, Suri S, Azarpazhooh A. Efficacy and safety of different interventions to accelerate maxillary canine retraction following premolar extraction: A systematic review and network meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2021 Feb;24(1):17-38. doi: 10.1111/ocr.12409.

14. Миронов С.П., Цискарашвили А.В., Горбатюк Д.С. Хронический посттравматический остеомиелит как проблема современной травматологии и ортопедии (обзор литературы) // *Гений ортопедии.* 2019;25(4):610-621. [Mironov S.P., Ciskarashvili A.V., Gorbatjuk D.S. Hronicheskij posttravmaticheskij osteomyelit kak problema sovremennoj travmatologii i ortopedii (literature review) // *Genij ortopedii.* 2019;25(4):610-621] DOI 10.18019/1028-4427-2019-25-4-610-621

15. Баранов, С. В. Современный взгляд на реконструктивное хирургическое лечение больных остеомиелитом дистальных от-

делов нижних конечностей (обзор литературы) / С. В. Баранов, А. Б. Зайцев // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* – 2020;4(56):17–27. [Baranov, S. V. Sovremennij vzgljad na rekonstruktivnoe hirurgicheskoe lechenie bol'nyh osteomyelitom distal'nyh otdelov nizhnih konechnostej (obzor literatury) / S. V. Baranov, A. B. Zajcev // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki*] DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-2.

16. Norris BL, Vanderkarr M, Sparks C, Chitnis AS, Ray B, Holy CE. Treatments, cost and healthcare utilization of patients with segmental bone defects. *Injury.* 2021 Oct;52(10):2935-2940. doi: 10.1016/j.injury.2021.01.016. Epub 2021 Jan 14. PMID: 33514450.

17. Kavanagh N, Ryan EJ, Widaa A, Sexton G, Fennell J, O'Rourke S, Cahill KC, Kearney CJ, O'Brien FJ, Kerrigan SW. Staphylococcal Osteomyelitis: Disease Progression, Treatment Challenges, and Future Directions. *Clin Microbiol Rev.* 2018 Feb 14;31(2):e00084-17. doi: 10.1128/CMR.00084-17. PMID: 29444953; PMCID: PMC5967688.

#### Информация об авторах:

**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). Концепция исследования, научное руководство, редакция публикации.

**Иванников Сергей Викторович** – доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Концепция исследования, научное руководство, редакция публикации.

**Подкосов Олег Дмитриевич** – заведующий отделением гнойной хирургии с костной патологией №21 ГБУЗ ГКБ им. С.П.Боткина ДЗМ. Сбор и анализ материала

**Липина Марина Михайловна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Редакция публикации.

**Вязанкин Иван Антонович** - ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Сбор и анализ материала, литературный поиск.

**Набатчиков Николай Алексеевич** – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), врач-травматолог-ортопед отделения гнойной хирургии с костной патологией №21 ГБУЗ ГКБ им. С.П.Боткина ДЗМ. Сбор и анализ материала, литературный поиск.

**Гавловский Максим Ярославович** – ординатор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Литературный поиск.

## Information about authors:

**Lychagin Alexey Vladimirovich** – MD, PhD, e-mail: dr.lychagin@mail.ru, Research concept, supervision, publication editing.

**Ivannikov Sergey Viktorovich** - MD, PhD, e-mail: s.ivannikov@icloud.com. Research concept, supervision, publication editing.

**Podkosov Oleg Dmitriyevich** – MD, e-mail: oleg.podkosov@gmail.com, contact phone + 7-916-397-59-52. Collection and analysis of material.

**Lipina Marina Mikhaylovna** - MD, PhD, e-mail: marina.lipina@icloud.com, contact phone + 7-925-312-20-96. Research concept, supervision, publication editing.

**Vyazankin Ivan Antonovich** - MD, e-mail: vzvzvzvan@mail.ru, contact phone + 7-916-377-04-57. Collection and analysis of material, literary search.

**Nabatchikov Nikolay Alekseevich** - MD, e-mail: nicknabatchikov@yandex.ru. Collection and analysis of material, literary search. Corresponding author.

**Gavlovskiy Maksim Yaroslavovich** - MD. gavlovsky\_m\_ya@staff.sechenov Literary search

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ



<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-77-89>

УДК: 617.3 / 616.72-018.3 / 616-079.1 / 543.424.2

© Ю.Р. Гончарук, М.М. Липина, А.В. Лычагин, П.С. Тимашев, И.А. Вязанкин, К.М. Азаркин, 2022

Оригинальная статья / Original article

### ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В ДИАГНОСТИКЕ РАННЕГО ОСТЕОАРТРИТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Ю.Р. ГОНЧАРУК<sup>1</sup>, М.М. ЛИПИНА<sup>1,2</sup>, А.В. ЛЫЧАГИН<sup>1,2</sup>, П.С. ТИМАШЕВ<sup>3,4</sup>, И.А. ВЯЗАНКИН<sup>1,2</sup>, К.М. АЗАРКИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), 119991, Москва, Россия

<sup>2</sup> Лаборатория клинических смарт-нанотехнологий Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины, 119991, Москва, Россия

<sup>3</sup> Научно-технологический парк биомедицины ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), 119991, Москва, Россия

<sup>4</sup> Исследовательский центр «Цифрового биодизайна и персонализированного здравоохранения», Москва, 119991, Россия

#### Аннотация

На сегодняшний день в медицине активно ведется разработка новых методов клинической, в том числе интраоперационной, диагностики. Существующие на данный момент техники визуализации помогают выявить морфологические особенности, но не предоставляют информацию о клеточном составе и биохимическом состоянии ткани. Тем не менее для решения широкого пула клинических задач необходимо развитие новых методов и разработка приборов, позволяющих быстро и надежно проводить биохимическую диагностику интраартикулярных структур, в частности остеоартрита. Клиническая потребность в аналитических методах, позволяющих выполнять такого рода задачи, обусловлена субъективностью существующих методов диагностики интраартикулярных повреждений.

Целью данного обзора является предоставление информации о существующих методах диагностики и определения раннего остеоартрита.

**Выводы:** Оптические методы позволяют проводить анализ биохимического состояния интраартикулярных тканей и дают качественные и воспроизводимые результаты, а также имеют потенциал в использовании артроскопической диагностики. Спектроскопия диффузного отражения является новым экономически эффективным методом визуализации, который может помочь в ранней диагностике остеоартрита, мониторинге прогрессирования повреждения комплекса хрящ-субхондральная кость и, таким образом, в принятии своевременного и персонализированного решения относительно тактики лечения.

Изменения биохимического состава и морфологические нарушения в суставном хряще, субхондральной кости, а также менисках и связках коленного сустава при прогрессировании ОА нуждаются в дальнейшем систематическом изучении.

**Ключевые слова:** хрящ, остеоартрит, оптическая спектроскопия, спектроскопия диффузного отражения, интраартикулярные повреждения

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

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Гончарук Ю.Р., Липина М.М., Лычагин А.В., Тимашев П.С., Вязанкин И.А., Азаркин К.М., Оптическая спектроскопия в диагностике раннего остеоартрита (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022. №3(49). С.77–89 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-77-89>

### OPTICAL SPECTROSCOPY IN THE DIAGNOSTICS OF EARLY OSTEOARTHRITIS (LITERATURE REVIEW)

YULIYA R. GONCHARUK<sup>1</sup>, MARINA M. LIPINA<sup>1,2</sup>, ALEXEY V. LYCHAGIN<sup>1,2</sup>, PETER S. TIMASHEV<sup>3,4</sup>, IVAN A. VYAZANKIN<sup>1,2</sup>, KIRILL M. AZARKIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Trauma, Orthopedics and Disaster Surgery I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991 Moscow, Russia



<sup>2</sup> *Laboratory of Clinical Smart Nanotechnologies, Sechenov University, 119991 Moscow, Russia*

<sup>3</sup> *Institute for Regenerative Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 119991, Russia*

<sup>4</sup> *World-Class Research Center "Digital biodesign and personalized healthcare", Sechenov University, Moscow, 119991, Russia*

#### Abstract

Today medicine is actively developing new methods of clinical, including intraoperative, diagnostics. Current imaging techniques help to reveal morphological features, but do not provide information about the cellular composition and biochemical state of the tissue. Nevertheless, to solve a wide range of clinical problems, it is necessary to develop new methods and devices that allow fast and reliable biochemical diagnostics of intra-articular structures, in particular, osteoarthritis. The clinical analytical methods to perform such tasks is due to the subjectivity of existing methods for diagnosing intra-articular lesions. The purpose of this review is to provide information on existing methods for diagnostics and identifying early osteoarthritis.

**Conclusions:** Optical methods allow to analyze the biochemical state of intra-articular tissues and give high-quality and representative results, and also have the potential to use arthroscopic diagnostics. Diffuse reflectance spectroscopy is a new cost-effective imaging technique that can help in the early diagnosis of osteoarthritis, monitoring the progression of damage to the cartilage-subchondral bone complex, and thus making timely and personalized decisions regarding treatment tactics.

Changes in the biochemical composition and morphological disorders in the articular cartilage, subchondral bone, as well as menisci and ligaments of the knee joint during the progression of OA need further systematic study.

**Keywords:** cartilage, osteoarthritis, optical spectroscopy, diffuse reflectance spectroscopy, intra-articular lesions

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Goncharuk Yu.R., Lipina M.M., Lychagin A.V., Timashev P.S., Vyazankin I.A., Azarkin K.M., Optical spectroscopy in the diagnostics of early osteoarthritis (literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3. pp.77-89 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-77-89>

Остеоартрит (ОА) – это заболевание опорно-двигательно-го аппарата, приводящее к инвалидизации и значительному ухудшению качества жизни пациента.

В данном обзоре мы более подробно рассмотрим ранние стадии остеоартрита, которые характеризуются нарушением суставного гомеостаза с биомеханическими и биохимическими изменениями. Объективная диагностика раннего ОА проблематична из-за отсутствия постоянных клинических симптомов, характерных для поздних стадий заболевания, и классических рентгенологических признаков, таких как сужение суставной щели и остеофиты.

В настоящее время остается актуальным поиск новых, более объективных, методов интраоперационной диагностики. Ни один из применяемых в практике методов не позволяет производить объективную оценку биохимических свойств хряща в реальном времени и обнаруживать мелкие дефекты, незаметные глазу хирурга. Современные методы визуализации позволяют лишь делать выводы о морфологическом состоянии тканей. С такой необходимостью мы сталкиваемся при диагностике широкого спектра нозологий, в частности остеоартрита.

На сегодняшний день остается неясным, возможно ли достоверно диагностировать и идентифицировать ранний ОА и своевременно замедлить или предотвратить структурное заболевание у лиц с ранними симптомами.

Целью данного обзора является предоставление информации о существующих методах диагностики и определения раннего остеоартрита.

В работе проанализированы результаты исследований зарубежных авторов, внесенных в электронную библиографию

чекую базу Medline в период с 1977 по 2021 год, с применением поисковой системы PubMed.

#### ХРЯЩ

Суставной хрящ (СХ) представляет собой тонкий слой соединительной ткани с вязкоупругими характеристиками. Основными функциями хряща являются обеспечение скольжения суставных поверхностей и равномерное распределение нагрузок на подлежащую субхондральную кость [1,2]. Суставной хрящ состоит из внеклеточного матрикса (ВКМ), хондроцитов и интерстициальной жидкости. Около 20% внеклеточного матрикса приходится на сухое вещество, которое представлено коллагеном, протеогликанами (в значительной степени агреганом) и гликопротеинами. До 80% влажного веса суставного хряща составляет вода [3]. Протеогликаны обычно представляют собой скопления, образованные высокими концентрациями отрицательно заряженных сульфатированных гликозаминогликанов (сГАГ).

Как показывают исследования, при начальных дегенеративных изменениях СХ содержание сГАГ меняется раньше, чем структура коллагена, что может стать маркером при диагностике [4,5].

Молекулярный состав и структура ткани определяют функции всего хряща: жесткость и эластичность зависит от типа коллагена, упругость при сжатии ткани определяется ее гидратацией. Изменение молекулярного состава хряща, как правило, свидетельствует о его деструкции и развитии патологии [4]. И может встречаться как у людей старшей возрастной группы, так и у лиц молодого возраста.



Изменение функциональных характеристик ткани является предиктором возникновения заболевания. Ранние стадии остеоартрита характеризуются потерей протеогликанов, дезорганизацией коллагена и повышением количества воды, что приводит к размягчению хряща, повышенной пролиферации и гипертрофии хондроцитов, и последующей гибели клеток [6]. При дальнейшем прогрессировании ОА разрушается организация хондронов и в суставном хряще формируются вертикальные трещины. На терминальных стадиях ОА хрящевой матрикс разрушается и обнажается субхондральная кость, что приводит к деформации [3,7]. Своевременное детектирование изменений, происходящих при ОА на молекулярном уровне, позволит предупредить дальнейшую деструкцию хряща.

### СУБХОНДРАЛЬНАЯ КОСТЬ

Несмотря на то, что было опубликовано множество работ о различии в механических параметрах интактного и патологически измененного суставного хряща, о морфологии и механических свойствах субхондральной кости нам известно немного. Субхондральная пластинка — это зона, которая отделяет суставной хрящ от костного мозга и обычно состоит из двух слоев: кальцифицированной области суставного хряща и слоя пластинчатой кости. Определения «субхондральная костная пластинка» или «субхондральная зона» используются для обозначения костной пластинки, которая лежит глубоко в кальцифицированной зоне суставного хряща. Линия, отделяющая кальцинированную зону от субхондральной костной пластинки, называется «цементной линией». Субхондральная костная пластинка различается по толщине в зависимости от конфигурации сустава. Формирующиеся в субхондральной костной пластинке костные трабекулы, называются поддерживающими. Таким образом, субхондральную зону кости образуют субартикулярное губчатое вещество и субхондральная костная пластинка [8].

#### *Строение субхондральной кости*

В зависимости от функции конкретных зон субхондральной кости варьирует её морфология, а именно контур линии «tidemark» и цементной линии, количество перфораций в субхондральной костной пластинке, ее толщина, плотность и биохимический состав. Такие различия в структуре и механических свойствах были показаны на примере зон, несущих и не несущих нагрузку [9].

Субхондральная костная пластинка состоит из двух минерализованных слоев, отделяющих суставной хрящ от костного мозга. В зоне соприкосновения пластины с хрящом имеется зона более плотного минерализованного хряща, которая определяется как линия tidemark. Эта линия является рентгенологически более плотной и окрашивается многими гистологическими красителями [10, 11]. Микроскопически

линия tidemark является сложной трехмерной структурой и имеет отчетливый трехслойный рисунок. Благодаря этой полоске кальцифицированного хряща создается плавный переход между двумя морфологически разными зонами хряща. Суставной некальцинированный хрящ состоит преимущественно из коллагеновых волокон II типа, которые пересекают линию tidemark и переходят в волокна кальцинированного хряща. Эта линия изменяется при различных микротравмах и сдвигается в сторону некальцинированного хряща, что, вероятно, имеет значимые биомеханические функции. Кальцинированный хрящ находится на разном расстоянии от цементной линии к полости костного мозга, где происходит ремоделирование и заменяется пластинчатой костью, похожей на поддерживающие трабекулы. Эти трабекулы имеют преимущественно перпендикулярное направление к суставной поверхности и пересекаются под прямым углом при помощи более тонких трабекул [12].

На разрезе под прямым углом к суставной поверхности видно, что губчатая кость состоит из пластин, которые соединяются вместе, а между пластинами находятся многочисленные промежуточные пространства. В субхондральной области эти пространства напоминают соты, так как имеют примерно одинаковую длину и ширину. Такую картину можно увидеть лишь в местах на несколько миллиметров глубже суставной поверхности. По мере углубления в кость промежуточные пространства значительно увеличиваются, образуя субартикулярное губчатое вещество.

Гиалиновый суставной хрящ в основном состоит из коллагена II типа, который составляет более 50% сухой массы хряща, тогда как кальцинированный хрящ содержит в составе коллаген X типа, а замыкательная пластинка кортикального слоя - коллаген I типа. Благодаря микроскопии вертикальных срезов мы можем увидеть, что субхондральная пластинка под костно-хрящевым соединением состоит из параллельно идущих коллагеновых фибрилл, которые продолжают в пластинки костных трабекул [13]. Следует сказать, что коллагеновые волокна не всегда имеют непрерывный ход. Например, между кальцинированным хрящом и кортикальной замыкательной пластинкой нет коллагеновых волокон, из чего следует, что костно-хрящевое соединение является «слабым местом». Наоборот, линия “tidemark” перпендикулярно пересекается коллагеновыми фибриллами, что обеспечивает усиление контакта между кальцинированным и субхондральным хрящами [11].

Тот факт, что хрящевая ткань вплетается в нижележащую субхондральную кость, позволяет преобразовывать воздействующую силу во время сжатия и растяжения. Интактный хрящ выдерживает примерно 2,5–5-кратную пиковую деформацию при нагрузке. Субхондральная зона кости также способствует распределению нагрузок: нормальная субхондральная зона кости может ослабить около 30% нагрузок на суставы, и лишь 1–3% ослабляется хрящевой тканью [12].

### *Васкуляризация субхондральной костной пластинки*

В субхондральной костной пластинке находится большое количество кровеносных сосудов и нервов. Субхондральная пластинка на всей своей глубине пронизана полыми пространствами, которые обеспечивают прямую связь между некальцифицированным хрящом и полостью костномозгового канала. Данные пространства могут быть классифицированы исходя из их формы [14]. В тех местах, где субхондральная пластинка представлена тонкой полоской, эти пространства расширяются и образуют ампулы. В зонах с большей толщиной субхондральной пластинки мы можем увидеть, что пространства представляют собой каналы, образующие древовидную сеть. Иногда они включают более толстые субхондральные опорные трабекулы. В областях, где нагрузка является наибольшей, такие опорные трабекулы выражены в наибольшей степени [12].

Исходя из большего количества отверстий в зонах повышенной нагрузки, можно предположить, что хрящ и подлежащая кость имеют богатое кровоснабжение [15]. Через эти каналы кровеносные сосуды могут напрямую достигать вышележащего суставного хряща. Работы многих авторов показали, что плотность сосудов на 15–25% выше в нагружаемых областях [16]. Авторы также отметили, что васкуляризация и ремоделирование в субхондральной зоне кости изменяется не только в зависимости от нагрузки, но и от уровня механического стресса.

Там, где имеют место субхондральные каналы [17], питательные вещества могут достигать базальной зоны хряща (в частности, кальцифицированной зоны) так же легко, как происходит диффузия между поверхностью хряща и синовиальной жидкостью [10], но там, где они отсутствуют, хрящ полностью зависит от синовиальной жидкости, как от единственного источника питания [18].

### *Толщина и минеральная плотность субхондральной костной пластинки*

Обычно толщина субхондральной пластинки неоднородна даже в пределах одного сустава и зависит от морфологии конкретно взятого сустава. Хрящ, покрывающий суставную поверхность выпуклой формы, более тонкий и однородный, чем в вогнутой части сустава, где центральная часть обычно представлена более толстой и неоднородной субхондральной пластинкой [14,19].

Более высокая минеральная плотность субхондральной пластинки закономерно характерна для более нагружаемых участков сустава. Таким образом, значения минеральной плотности в субхондральной пластинке сустава концентрически уменьшаются к периферии [9].

### *Соотношение толщины хряща: конгруэнтность сустава*

Ни для кого не секрет, что толщина хряща в разных суставах неодинакова. В среднем толщина хряща в коленных, тазобе-

дренных и голеностопных суставах составляет 2,2 (1,7–2,6); 1,6 (1,4–2,0) и 1,2 мм (1,0–1,6) соответственно. Более толстый слой хряща способствует лучшей амортизации, тем самым уменьшая нагрузку на единицу площади, и именно поэтому суставной хрящ оказывается более толстым в областях с низкой конгруэнтностью по сравнению с более тонким хрящом в областях с высокой конгруэнтностью. [12].

Размягчение и увеличение толщины хряща чаще происходит из-за увеличения его гидратации [20]. После восстановления целостности субхондральной костной пластинки костномозговой отёк исчезает, однако в некоторых случаях остаются локальные дефекты. Лишняя вода, содержащаяся в хрящевой ткани, может быть постепенно вытеснена в субартрикулярную кость. Таким образом, можно объяснить образование субхондральных костных кист [21].

### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ «СУБХОНДРАЛЬНАЯ КОСТЬ-СУСТАВНОЙ ХРЯЩ»**

Субхондральная кость (СК) и суставной хрящ образуют единую, взаимодействующую между собой, функциональную единицу. Изменения биохимического состава или морфологической структуры в каждой из них могут влиять друг на друга [22].

Исследования показали, что целостность СХ при остеоартрите тесно связана с состоянием субхондральной кости [23]. По данным различных авторов, дегенерации СХ предшествует изменение степени минерализации субхондральной пластинки, однако на ранней стадии остеоартрита патологические изменения в субхондральной пластинке отсутствуют [24, 25]. Несмотря на это, имеющиеся результаты не сопоставимы между собой из-за различия образцов, условий и методов проведения исследования.

Минерализация субхондральной кости играет немаловажную роль в патогенезе ОА. По всей видимости, имеется зависимость между содержанием сГАГ в суставном хряще и микроструктурой субхондральной пластинки и трабекулярной кости при прогрессировании ОА. Основным индикатором, отражающим изменения содержания сГАГ в хряще, можно использовать минерально-матричное соотношение субхондральной кости. Рамановская спектроскопия – инвазивный метод, который позволяет измерять это соотношение; для неинвазивного измерения необходимо учитывать результаты таких методов инструментальной диагностики, как рентгенография и/или МРТ, и сравнивать их с результатами рамановской спектроскопии [10].

### **ОСТЕОАРТРИТ**

Ключевыми клиническими задачами в области ортопедии являются своевременная диагностика, профилактика и лечение патологий суставов. Остеоартрит (ОА) – это заболевание опорно-

двигательного аппарата, приводящее к дегенерации хряща в синовиальных суставах (чаще в коленных, тазобедренных, суставах пальцев рук). Остеоартрит является одной из самых частых причин инвалидности среди пожилого населения, от которой страдают 250 миллионов человек во всем мире [3]. Только в Соединенных Штатах Америки ОА ежегодно поражает 1 миллион пациентов, оказывая значительную экономическую нагрузку на здравоохранение [1]. Во всём мире 9,6% мужчин и 18% женщин старше 60 лет имеют симптомы ОА, причем около 80% из них предъявляют жалобы на ограничение подвижности повреждённых суставов и выраженный болевой синдром.

Научные исследования показывают, что ОА – это заболевание, которое поражает все ткани сустава, включая связки, синовиальную оболочку, хрящ и субхондральную кость [26]. Зачастую, конкретную причину развития ОА определить не удаётся. Исключением является посттравматический остеоартрит (ПТОА), который возникает в результате травмы. Полученное травматическое повреждение сустава, ассоциированное с нарушением его биомеханики, значительно увеличивает риск возникновения ПТОА. В этих случаях важна ранняя диагностика, поскольку успешное вмешательство на ранних стадиях заболевания может значительно отсрочить прогрессирование заболевания [27].

### РАННИЙ ОСТЕОАРТРИТ

На ранних стадиях заболевания изменение структуры и свойств хряща происходит на молекулярном уровне и характеризуется дезорганизацией и разрушением коллагеновых волокон в поверхностном и среднем слоях, потерей протеогликанов и гибелью хондроцитов. Такие изменения не вызывают видимых повреждений, которые способны выявить современные клинические методы визуализации, для их детектирования необходима разработка новых диагностических решений. Другой важной диагностической проблемой является необходимость анализа механических свойств хряща. Несмотря на то, что макроскопические повреждения хряща возможно определить с помощью современных клинических методов визуализации, охарактеризовать изменения хряща возможно лишь при помощи артроскопии. Простота и удобство такой оценки безусловно является преимуществом, но нужно иметь в виду, что артроскопия характеризуется высокой субъективностью, связанной с оценкой только поверхностных характеристик. При артроскопии зондирование поверхности хряща проводится артроскопическим крючком, который позволяет обнаружить размягчение хряща лишь вокруг его локальных дефектов. Таким образом, значительная часть поверхностных трещин и поражений может остаться незамеченной хирургом во время процедуры. В то же время анализ механических свойств хряща, определяющих его состояние, имеет критическое значение при диагностике, выборе лечения и принятии решения о хирургическом вмешательстве [28].

Выявление факторов риска раннего ОА имеет огромное значение для начала адекватного и своевременного консервативного лечения, и предотвращения прогрессирования заболевания до уровней, при которых реконструктивная хирургия становится единственным выходом [29].

Повреждения связок коленного сустава могут вызвать его нестабильность и, как следствие, привести к развитию ранних дегенеративных изменений. Однако даже после успешной реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) сохраняется повышенный риск развития ОА. Уже через 1 год после реконструкции ПКС ранние признаки пателлофemorального и тибioфemorального ОА могут наблюдаться на МРТ у некоторых пациентов; выявлена прямая корреляция с менискэктомиями и избыточной массой тела [30]. Повреждения менисков, если их лечить с помощью частичной менискэктомии, снижают амортизационную функцию сустава, обнажают прилегающий суставной хрящ плато большеберцовой кости и мышечка бедренной кости и увеличивают сжимающие и сдвигающие нагрузки на хрящ [31]. Осевое смещение нижней конечности приводит к увеличению нагрузки на медиальный (варусное смещение) или латеральный (вальгусное смещение) отделы сустава. Аналогично, любая дополнительная нагрузка на сустав (из-за избыточной массы тела или повышенной физической активности) представляет собой повышенный риск развития раннего ОА. Индекс массы тела (ИМТ) >30 определяет в три раза больший риск развития ОА по сравнению с нормальным весом, как при повышенной нагрузке на суставы, так и при метаболических изменениях с более высокими провоспалительными факторами. И наоборот, потеря веса снижает риск развития ОА коленного сустава и улучшает его функцию [29]. Кроме того, умеренные физические нагрузки являются фактором профилактики [32].

Существуют общепринятые критерии ранней диагностики ОА, такие как боль в коленном суставе, рентгенологические изменения степени 0, I или II по классификации Келлгрена-Лоуренса и по крайней мере, один из двух следующих структурных критериев – артроскопические признаки поражения хряща; результаты МРТ, демонстрирующие дегенерацию суставного хряща и/или мениска, и/или субхондральные повреждения костного мозга. Ранее предполагалось, что для диагностики раннего ОА боль должна присутствовать продолжительностью более 10 дней как минимум в двух эпизодах за последний год [33]. Пациенты с ранним ОА в основном описывают непостоянную диффузную боль в суставах, сопровождающуюся небольшим отеком после чрезмерной нагрузки (например, занятий спортом), легкой крепитацией и/или болью при нагрузке. Боль облегчается отдыхом или такими видами деятельности, как езда на велосипеде с низким сопротивлением [34]. Боль при подъеме по лестнице часто является одним из ранних симптомов. Положение на коленях или приседание связано с повышенным ощущением боли во время или после спортивных упражнений [35].

Также можно предположить дополнительную нагрузку на субхондральную кость, приводящую к соответствующей боли при нагрузке, но до сих пор не было опубликовано никаких исследований [31].

### ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАННЕГО ОСТЕОАРТРИТА

Ранние проявления ОА включают разрушение внеклеточного матрикса хондроцитов, связанное с патологической активацией поверхностных рецепторов клеток. Синтез белков поверхностной зоны (например, лубрицина) изменяется, что приводит к повышению силы трения суставных поверхностей [36] [29]. Снижение содержания сГАГ в хряще является предиктором возникновения раннего остеоартрита [25]. Для изучения патогенеза и ранней его диагностики следует уделять больше внимания оценке минерализации субхондральной кости в дополнение к ее микроструктуре [37].

Содержание протеогликанов на поверхности также снижается, а поверхностные части коллагеновой сети типа 2 разрушаются и вскоре обнажаются. Поверхностные хондроциты изменяют свою архитектуру и образуют кластеры. Несмотря на то, что потеря протеогликанов может быть обратимой, изменения в структуре коллагеновой сети являются необратимыми, поскольку поврежденная коллагеновая сеть не способна к восстановлению. Небольшие фрагменты коллагена высвобождаются, активируя провоспалительные цепочки внутри хряща и вызывая воспаление синовиальной оболочки. Такое хроническое воспаление часто присутствует в течение длительного времени, что еще больше способствует раннему повреждению хряща. Также повышается катаболическая активность [38], что приводит к биохимическим изменениям в составе внеклеточного матрикса (ВКМ), вызывая изменение его способности аккумулировать воду при снижении механической прочности, приводя к более выраженным деформациям хряща под воздействием нагрузки [39]. Поверхностная структура постепенно утрачивается, появляются трещины и хрящ истончается [29].

### ДИАГНОСТИКА ОСТЕОАРТРИТА

Для определения степени повреждения хряща или стадии заболевания, существует большое количество классификаций и шкал, применяемых в оценке патологии хряща. В 1957 году Келлгреном и Лоуренсом была предложена классификация рентгенологического определения ОА. В 1961 году была предложена оценка макроскопического состояния хряща, которая предусматривает 4 степени поражения суставного хряща [40].

Широкое применение в клинической практике получила классификация дефектов хряща, также основанная на артроскопической оценке его состояния, предложенная Международным обществом восстановления хряща (ICRS) в 2000 году [41]. Она предусматривает 5 степеней повреждения. В 1987 году Yulish

B.S. и соавторы разработали классификацию, основанную на данных магнитно-резонансной томографии, и выделили 4 степени поражения [42]. В 2004 г. была разработана классификация оценки восстановления хрящевой ткани, также основанная на результатах магнитно-резонансной томографии (МРТ) [43].

УЗИ является менее пригодным для оценки состояния хряща, так как чувствительность УЗИ в выявлении дегградации хряща составила около 10% [44], как и рентгенография, которая позволяет выявить свободные костно-хрящевые фрагменты и сужение суставной щели, что является лишь косвенным признаком ОА и требует ряда дополнительных исследований для уточнения причин [45].

В диагностике патологии суставного хряща повсеместно используется магнитно-резонансная томография (МРТ). Стандартное МР-исследование суставного хряща коленного сустава включает в себя T2 и PD быстрые спин-эхо (FSE) последовательности с использованием программ жироподавления. Методика T2-картирования показывает изменения архитектуры коллагена, его биомеханическую целостность и содержание воды в суставном хряще [46]. Нужно понимать, что оценка состояния хряща в значительной степени будет зависеть от интерпретации изображения, и использование такого протокола оказывается недостаточным для оценки начальных изменений хрящевого матрикса, особенно на ранних этапах, связанных с биохимической трансформацией хряща [46]. Кроме того, существует ряд ограничений метода МРТ, среди которых низкое пространственное разрешение, высокая стоимость, продолжительность обследования и ограниченная доступность [48].

Возможности клинической диагностики ОА на сегодняшний день не ограничены ультразвуковым исследованием (УЗИ), рентгенографией и магнитно-резонансной томографией (МРТ) [49].

Золотым стандартом диагностики интраартикулярной патологии коленного сустава остается диагностическая артроскопия [50]. Однако, артроскопия основана на субъективной визуальной и тактильной оценке, в то время как начальные проявления дегградации суставного хряща включают в себя изменение структуры и концентрации его ключевых компонентов – протеогликанов, межклеточной жидкости, коллагена. Раннее выявление изменений на молекулярном уровне является одним из основных критериев своевременной диагностики раннего остеоартрита.

Ни один из перечисленных методов не позволяет производить объективную оценку биохимических свойств хряща, а также не позволяет обнаружить мелкие дефекты, незаметные глазу хирурга. Ограничения клинических методов диагностики, используемых на данный момент для оценки состояния суставных хрящей, ускоряют разработку новых методов и подходов малоинвазивной оценки состояния суставного хряща.

Стоит отметить, что в настоящее время существуют трудности с своевременной терапией ОА вследствие того, что используемые в клинической практике методы диагностики не позволяют обнаружить ранние проявления ОА [51].

Надежными и объективными являются методы, способные оценивать параметры тканей на молекулярном уровне, особенно когда речь идёт о раннем ОА.

Актуальными и востребованными подходами для решения таких задач являются методы лазерной и оптической спектроскопии, позволяющие производить анализ биохимических параметров тканей в реальном времени. Среди таких методов обращают на себя внимание оптическая когерентная томография (ОКТ) [28], спектроскопия диффузного отражения и фотоакустическая спектроскопия [52,53].

Оптическая когерентная томография (ОКТ) — это метод визуализации, основанный на измерении отражения и обратного рассеяния ближнего инфракрасного света от тканей, на сегодняшний день широко используемый в сердечно-сосудистой хирургии и офтальмологии. Преимуществом этого метода является способность визуализировать поперечное сечение трехмерных объектов с разрешением, сравнимым с разрешением микроскопии с низким увеличением [54]. Экспериментально было показано, что ОКТ коррелирует с T2-картированием МРТ и с прогрессирующей дегенерацией хряща. Также было обнаружено, что ОКТ улучшает качество артроскопии за счет визуализации с высоким разрешением как подповерхностных, так и поверхностных аномалий, предоставляя хирургу данные в реальном времени. В клинико-диагностическом исследовании Chu et al. сравнили ОКТ и T2-картирование МРТ мощностью 3 Тесла с артроскопией в качестве клинического стандарта у 30 человек, перенесших артроскопию по поводу дегенеративных разрывов мениска. [28,55].

## СПЕКТРОСКОПИЯ

Инфракрасная (ИК) спектроскопия является одним из наиболее эффективных спектроскопических методов диагностики интраартикулярных повреждений. Среди основных методов оптической спектроскопии самыми точными методами регистрации спектров биологических тканей являются диффузное отражение (ДО) и фотоакустическая спектроскопия (ФАС). Как многие другие биологические ткани, суставной хрящ содержит связи С-Н, О-Н, N-H и S-H, которые отвечают за поглощение или рассеяние света в ткани в инфракрасном спектральном диапазоне [56]. Таким образом, данные оптические методы позволяют получить информацию о патологических изменениях поврежденных тканей при ОА на молекулярном уровне.

### *Ближняя инфракрасная спектроскопия*

Ближняя инфракрасная (БИК) спектроскопия — это метод колебательной спектроскопии в спектральном диапазоне 800–2500 нм [57], который дает сложные пики поглощения, являющиеся результатом обертонов основных пиков поглощения в инфракрасном спектральном диапазоне (2500–20000 нм) [58]. Поглощение в БИК спектральном диапазоне происходит

из-за обертонов и комбинаций валентных и деформационных колебаний связей О-Н, С-Н, N-H и S-H [59], которые являются основными молекулярными связями в живых тканях человека. Пики в БИК-спектроскопии имеют тенденцию быть широкими и перекрываться; таким образом, этот метод неспецифичен и основан на хемометрике и многомерном анализе для извлечения скрытой/латентной информации из спектров тканей.

Благодаря способности БИК-спектроскопии оценивать ключевые химические, физические и функциональные свойства биологических материалов, метод был принят для оценки изменений функциональных, биохимических и структурных свойств суставного хряща [60].

### *Фотоакустическая спектроскопия*

Фотоакустическая спектроскопия (ФАС) имеет большую глубину проникновения и может поддерживать высокое разрешение во всем поле зрения [61]. ФА-сигнал, генерируемый менее поврежденной хрящевой тканью, имеет более высокое отношение сигнал/шум и выглядит как гладкая и непрерывная поверхность. Представленный метод смог количественно идентифицировать различные стадии ОА в соответствии с гистологическими оценками. Ограничением является то, что ФА-спектральные данные здорового человеческого хряща не были получены из-за практической недоступности таких образцов, таким образом метод не был стандартизован и не может применяться в клинической практике.

На ФА-изображениях субхондральная кость видна в определенном спектральном диапазоне, что также позволяет отслеживать изменения ее состава. Следовательно, будущее исследование ФАС-визуализации субхондральной кости может быть полезным и улучшить понимание патогенеза ОА. Более того, поскольку ФА-визуализация очень чувствительна к эндогенному контрасту, такому как гемоглобин, липиды и коллаген [62], она может потенциально использоваться для визуализации кровоснабжения, фиброзного капсульного слоя, трансплантатов мениска и крестообразной связки сустава. Спектральные ФА изменения связаны с различной степенью повреждения хряща, что было подтверждено гистологически [63].

### *Обнаружение потенциального расслоения хряща*

Деламинация хряща определяется как лоскут или дефект хряща с резкими краями и имеет большое клиническое значение. Образцы хряща с расслоением представляют собой уникальную спектральную ФА картину, которую можно использовать для различия дегенерации от расслоения хряща – интенсивность ФА сигналов в очаге расслоения обычно намного ниже. Точная предоперационная идентификация расслоившегося хряща имеет важное значение и влияет на дальнейший план лечения [63].

*Характеристика целостности суставного хряща: количественная оценка травматических и дегенеративных повреждений*

В дополнение к определению микро- и макроскопических свойств суставного хряща с помощью БИК-спектроскопии, был также предложен и применен метод количественной оценки повреждения хряща, как потенциальное средство оценки в режиме реального времени в ходе интраартикулярных оперативных вмешательств. В настоящее время повреждения хряща оцениваются артроскопически в соответствии с системой оценки ICRS [64], которая основана на относительной глубине повреждения. Однако было показано, что этот метод плохо воспроизводим [50] из-за субъективности оперирующего врача. Таким образом, БИК-спектроскопия была предложена в качестве потенциального метода объективной оценки дефекта хряща [52].

#### *Водно-амидное соотношение*

Водно-амидное соотношение представляет собой отношение величины пиков поглощения полосы амид-вода (первые обертоны комбинации ОН и СН) к амидной полосе (второй обертон СН) и количественно определяет содержание воды в хрящах. Параметр основан на понимании того, что дегенерация приводит к увеличению содержания воды в хрящах. Самый низкий показатель соотношения определяется в нормальном хряще, самый высокий – в случае выраженного ОА. Этот параметр был использован Sprahn et al. для различения дефектов хряща 1 и 2 степени в суставах человека [50, 52, 57].

#### *Спектроскопия диффузного отражения*

Для применения в условиях операционной активно развивается метод спектроскопии диффузного отражения (СДО). Для реализации метода СДО обычно используют источник белого света, затем диффузно-отраженный свет регистрируется спектрометром, что позволяет производить анализ оптического поглощения и рассеивающих свойств образца, в том числе в ближней инфракрасной (ИК) области. В биологических тканях наиболее заметны линии поглощения гемоглобина, меланина и воды – в зависимости от интересующего спектрального диапазона, они могут быть характерны для определенных типов тканей [65]. Например, определяя коэффициент поглощения тканей, был определен объем крови и уровень оксигенации внутри кровеносных сосудов *ex vivo* [66]. С другой стороны, параметры рассеяния ткани могут быть связаны с микроструктурой образца [67]. Хорошо известно, что спектральный наклон коэффициента рассеяния коррелирует со средним размером основных рассеивателей [67], и было показано, что распределение размеров рассеивателей, а также толщина суставного хряща коленного сустава человека [68] может быть также определена с

помощью метода СДО. С использованием данного метода была проведена диагностика содержания жира и нервных клеток, а также обнаружена дисплазия *in vivo* [69].

Предварительные данные, полученные с использованием данного метода, также показали различие между хрящом и костью [65]. Более того, были реализованы первые разработки применения методов машинного обучения для анализа спектров СДО с целью автоматического определения типа ткани при операции [70]. Сигнал отраженного света галогенной лампы от образцов хряща, субхондральной кости, мениска и губчатого вещества кости детектировался с использованием оптоволоконного спектрометра с минимальным разрешением 2,0 нм и Si CCD камеры. В результате проделанной работы было показано, что данный метод позволяет добиться точности классификации более 99%. Чувствительность метода СДО к различным типам ткани составляет: хрящ 99,7%, субхондральная кость 99,2% и губчатое вещество 100%. Более широкий диапазон длин волн с разрешением по длине волны более 8 нм позволяет добиться максимальной точности классификации. Для достижения точности классификации более 50% требовалось соотношение сигнал/шум более 10:1. Диапазон длин волн 800-900 нм позволяет добиться наибольшей точности дифференцировки.

Современные хирургические технологии в ортопедии полагаются на субъективную оценку хирургов, которые визуально дифференцируют ткани. Технология СДО относительно проста, рентабельна и обеспечивает бесконтактный подход к дифференциации тканей. Были предприняты попытки диагностики измерения молекулярной структуры эксплантов суставного хряща и субхондральной кости человека с использованием установки, позволяющей одновременное детектирование с использованием метода СДО и рамановской спектроскопии [74]. Ее использование в качестве диагностического инструмента уже показано при исследовании ткани мочевого пузыря, где спектры упругого рассеяния были получены с использованием фиброоптического зонда, встроенного в урологический цистоскоп, а также типов ткани мозга, где определение оптических свойств в ближнем инфракрасном диапазоне производилось путем измерения пространственно разрешенного диффузного отражения [71], ткани груди, где использовалась спектроскопия упругого рассеяния, опосредованная фиброоптическими зондами, ткани шейки матки, ткани толстой кишки и пищевода, а также ткани яичников, поджелудочной железы и кожи [69, 72, 73].

Тем не менее, на данный момент существует нехватка работ, посвященных применению техники СДО для исследования состояния ткани хряща при ОА *in vivo*. С помощью данного метода можно не только осуществлять навигацию и дифференцирование тканей, что значительно дополнит разрабатываемую в данной работе уникальную научную установку, но также получить ряд важных параметров патологического состояния хряща, таких как измерение концентрации воды на разной глубине в образце, позволяющую определить глубину поражения, которую не исследовали до настоящего времени.

Содержание воды является важным диагностическим параметром, и данный метод уже был успешно применен для оценки увлажненности кожи [75] и был также успешно использован для определения раковой ткани в случае онкологии груди [76]. В то же время при воспалительных процессах в хрящевой ткани, обычно наблюдается увеличение содержания воды в среднем от 60–85% до более 90%. Вследствие чего особый интерес представляет сравнение содержания воды в хряще с его вязкоупругими свойствами и анализ выявления нарушения гомеостаза ткани по данным характеристикам. При анализе спектров субхондральной кости был сделан вывод об увеличении минерализованных компонентов в суставах, пораженных ОА.

Извлечение и анализ эффективной спектральной информации может помочь отличить суставы, пораженные ОА, от здоровых, тем самым повышая вероятность ранней диагностики ОА.

Так в работе с использованием метода спектроскопии диффузного рассеяния (ДРС) было реализовано количественное описание и характеристика, а также детектирование биомолекулярных изменений тканей. Была разработана уникальная научная установка, являющаяся мобильной и позволяющая по набору маркеров производить экспресс диагностику состояния ткани хряща *ex vivo* [77]. Конструкция специально разработанного приемо-передающего зонда, предполагающая совмещение с индентором, позволила реализовать одновременное картирование и разработку классификаторов взаимосвязи индикаторов молекулярных характеристик и механических свойств эксплантов. В дальнейшем планируется применение данной установки в условиях операционной.

## ВЫВОДЫ

Во время артроскопических операций важную роль играют методы оценки состояния хряща. Существующие в настоящее время технологии опираются на субъективные способы детектирования патологических изменений только хрящевой ткани, тогда как огромное значение имеет оценка молекулярной структуры и комплекса «суставной хрящ-субхондральная кость» в целом.

Разработка и оптимизация метода интраоперационной оптической спектроскопии значительно повысит точность диагностической артроскопии, благодаря совмещению оптического и оптоакустического подходов.

Проанализировав существующие научные работы по применению оптической спектроскопии, все еще остается ряд нерешенных вопросов, на которые следует ответить прежде, чем этот метод сможет стать рутинным как для клинической, так и для лабораторной диагностики поражений суставного хряща.

Дальнейшее изучение ОКТ и связанных с ней новейших технологий оценки суставного хряща поможет в ранней диагностике ОА, необходимой для применения стратегий лечения

на ранних стадиях заболевания, позволяющих отсрочить или предупредить начало остеоартрита.

Проведенные исследования демонстрируют потенциал визуализации СДО как многообещающего инструмента для объективного и точного обнаружения повреждения хряща. В скором времени, спектроскопия диффузного отражения может стать новым альтернативным, экономически эффективным методом визуализации, который может помочь в ранней диагностике остеоартрита, мониторинге прогрессирования повреждения хряща и в выборе персонализированной тактики лечения.

Изменения биохимического состава и морфологические нарушения в суставном хряще и субхондральной кости при прогрессировании ОА нуждаются в дальнейшем систематическом изучении.

**Благодарности:** Исследования в Сеченовском Университете профинансированы Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения №075-15-2021-596. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 21-79-10325).

## Список литературы / References:

1. Makovicka JL, Patel KA, Hassebrock JD, Hartigan DE, Wong M, Chhabra A. Arthroscopic Evaluation of Knee Cartilage Using Optical Reflection Spectroscopy. *Arthrosc Tech*. 2019;8(4):e399-e405. Published 2019 Mar 25. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.11.019>
2. Huber, Monika, Siegfried Trattng, and Felix Lintner. "Anatomy, biochemistry, and physiology of articular cartilage." *Investigative radiology* 35.10 (2000): 573-580. <https://doi.org/10.1097/00004424-200010000-00003>
3. Virtanen, Vesa & Nippolainen, Ervin & Shaikh, Rubina & Afara, Isaac & Töyräs, Juha & Solheim, Johanne & Tafintseva, Valeria & Zimmermann, Boris & Kohler, Achim & Saarakkala, Simo & Rieppo, Lassi. (2021). Infrared Fiber-Optic Spectroscopy Detects Bovine Articular Cartilage Degeneration. *CARTILAGE*. 194760352199322. <https://doi.org/10.1177/1947603521993221>
4. Pearle AD, Warren RF, Rodeo SA (2005) Basic science of articular cartilage and osteoarthritis. *Clin Sports Med* 24(1):1–12. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2004.08.007>
5. van Tiel J, Siebelt M, Reijman M, Bos P, Waarsing J, Zuurmond A-M, Nasserinejad K, van Osch G, Verhaar J, Krestin G (2016) Quantitative *in vivo* CT arthrography of the human osteoarthritic knee to estimate cartilage sulphated glycosaminoglycan content: correlation with *ex-vivo* reference standards. *Osteoarthr Cartil* 24(6):1012–1020. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2016.01.137>
6. Armstrong CG, Mow VC. Variations in the intrinsic mechanical properties of human articular cartilage with age, degeneration, and water content. *J Bone Joint Surg Am*. 1982;64(1):88-94.
7. Arakawa K, Takahata K, Enomoto S, et al. The difference in joint instability affects the onset of cartilage degeneration or subchondral bone changes [published online ahead of print, 2021 Dec 11]. *Osteoar-*



thritis Cartilage. 2021;S1063-4584(21)01001-3. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2021.12.002>

8. Duncan H, Jundt J, Riddle JM, Pitchford W, Christopherson T. The tibial subchondral plate. A scanning electron microscopic study. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(8):1212-1220.

9. Muller-Gerbl M, Dalstra M, Ding M, Linsenmeier U, Putz R, Hvid I (1998) Distribution of strength and mineralization in the subchondral bone plate of human tibial heads. *J Biomech* 31(Suppl 1):123 Proceedings of the 11th conference of the european society of biomechanics. ISSN:0021-9290

10. Stewart H.L., Kawcak C.E. The importance of subchondral bone in the pathophysiology of osteoarthritis. *Front Vet Sci*. 2018; 5: 1-9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00178>

11. Lyons TJ, Stoddart RW, McClure SF, McClure J (2005) The tide-mark of the chondro-osseous junction of the normal human knee joint. *J Mol Histol* 36:207–215. <https://doi.org/10.1007/s10735-005-3283-x>

12. Madry H, van Dijk CN, Mueller-Gerbl M. The basic science of the subchondral bone. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(4):419-433. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1054-z>

13. Inoue H (1981) Alterations in the collagen framework of osteoarthritic cartilage and subchondral bone. *Int Orthop* 5:47– 52. <https://doi.org/10.1007/BF00286099>

14. Milz S, Putz R (1994) Quantitative morphology of the subchondral plate of the tibial plateau. *J Anat* 185(Pt 1):103–110

15. Berry JL, Thaeler-Oberdoerster DA, Greenwald AS (1986) Subchondral pathways to the superior surface of the human talus. *Foot Ankle* 7:2–9. <https://doi.org/10.1177/107110078600700103>

16. Lane LB, Villacin A, Bullough PG (1977) The vascularity and remodelling of subchondral bone and calcified cartilage in adult human femoral and humeral heads. An age- and stress-related phenomenon. *J Bone Joint Surg Br* 59:272–278. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.59B3.893504>

17. Hwang J, Bae WC, Shieu W, Lewis CW, Bugbee WD, Sah RL (2008) Increased hydraulic conductance of human articular cartilage and subchondral bone plate with progression of osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 58:3831–3842. <https://doi.org/10.1002/art.24069>

18. Arkill KP, Winlove CP (2008) Solute transport in the deep and calcified zones of articular cartilage. *Osteoarthr Cartil* 16:708– 714. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2007.10.001>

19. Dewire P, Simkin PA (1996) Subchondral plate thickness reflects tensile stress in the primate acetabulum. *J Orthop Res* 14:838–841. <https://doi.org/10.1002/jor.1100140524>

20. Newberry WN, Mackenzie CD, Haut RC (1998) Blunt impact causes changes in bone and cartilage in a regularly exercised animal model. *J Orthop Res* 16:348–354. <https://doi.org/10.1002/jor.1100160311>

21. van Dijk CN, Reilingh ML, Zengerink M, van Bergen CJG (2010) The natural history of osteochondral lesions in the ankle. *JAAOS Instr Course Lect* 59

22. Radin EL, Rose RM (1986) Role of subchondral bone in the initiation and progression of cartilage damage. *Clin Orthop Relat R* 213:34–40

23. Lories RJ, Luyten FP (2011) The bone–cartilage unit in osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol* 7(1):43. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2010.197>

24. Yamada K, Healey R, Amiel D, Lotz M, Coutts R (2002) Subchondral bone of the human knee joint in aging and osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil* 10(5):360–369. <https://doi.org/10.1053/joca.2002.0525>

25. van der Harst MR, Brama PA, van de Lest CH, Kiers GH, DeGroot J, van Weeren PR (2004) An integral biochemical analysis of the main constituents of articular cartilage, subchondral and trabecular bone. *Osteoarthr Cartil* 12(9):752–761. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2004.05.004>

26. Roos EM, Arden NK. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol*. 2016;12(2):92101. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2015.135>

27. Sarin J.K. et al. Machine learning augmented near-infrared spectroscopy: In vivo follow-up of cartilage defects. *Osteoarthritis and Cartilage*. 29 (2021): 423e432. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.12.007>

28. Chu C.R., Williams A., Tolliver D., Kwoh C.K., Bruno S., Irrgang J.J. Clinical Optical Coherence Tomography of Early Articular Cartilage Degeneration in Patients With Degenerative Meniscal Tears. *Arthritis Rheum*. 2010;62:1412–1420. <https://doi.org/10.1002/art.27378>

29. Madry, H., Kon, E., Condello, V. et al. Early osteoarthritis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24, 1753–1762 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4068-3>

30. Culvenor AG, Collins NJ, Guermazi A, et al. Early knee osteoarthritis is evident one year following anterior cruciate ligament reconstruction: a magnetic resonance imaging evaluation. *Arthritis Rheumatol*. 2015;67(4):946-955. <https://doi.org/10.1002/art.39005>

31. Madry, H., Luyten, F.P. & Facchini, A. Biological aspects of early osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20, 407–422 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1705-8>

32. Batsis JA, Germain CM, Vásquez E, Zbehlik AJ, Bartels SJ. Physical Activity Predicts Higher Physical Function in Older Adults: The Osteoarthritis Initiative. *J Phys Act Health*. 2016;13(1):6-16. <https://doi.org/10.1123/jpah.2014-0531>

33. Luyten FP, Denti M, Filardo G, Kon E, Engebretsen L. Definition and classification of early osteoarthritis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(3):401-406. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1743-2>

34. Bijlsma JW, Berenbaum F, Lefeber FP. Osteoarthritis: an update with relevance for clinical practice. *Lancet*. 2011;377(9783):2115-2126. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60243-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60243-2)

35. Felson DT, Hodgson R (2014) Identifying and treating preclinical and early osteoarthritis. *Rheum Dis Clin N Am* 40(4):699–710 <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2014.07.012>

36. Ritter SY, Collins J, Krastins B, et al. Mass spectrometry assays of plasma biomarkers to predict radiographic progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Res Ther*. 2014;16(5):456. Published 2014 Oct 7. <https://doi.org/10.1186/s13075-014-0456-6>

37. Ren P, Niu H, Cen H, Jia S, Gong H, Fan Y. Biochemical and Morphological Abnormalities of Subchondral Bone and Their Association with Cartilage Degeneration in Spontaneous Osteoarthritis. *Calcif Tissue Int*. 2021;109(2):179-189. <https://doi.org/10.1007/s00223-021-00834>

38. Scanzello CR, Goldring SR. The role of synovitis in osteoarthritis pathogenesis. *Bone*. 2012;51(2):249-257. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2012.02.012>

39. Ryd L, Brittberg M, Eriksson K, et al. Pre-Osteoarthritis: Definition and Diagnosis of an Elusive Clinical Entity. *Cartilage*. 2015;6(3):156-165. <https://doi.org/10.1177/1947603515586048>
40. Outerbridge H.K. Osteochondral defects in the knee. A treatment using lateral patella autografts. / H.K.Outerbridge, R.E.Outerbridge, D.E.Smith // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2000. –Vol.377. – P.145-151.
41. ICRS Cartilage Injury Evaluation Package //Materials of ICRS. Standards Workshop at Schloss Munchenwieler, Switzerland. 2000.
42. Yulish BS, Montanez J, Goodfellow DB, Bryan PJ, Mulopulos GP, Modic MT. Chondromalacia patellae: assessment with MR imaging. *Radiology*. 1987;164(3):763-766. <https://doi.org/10.1148/radiology.164.3.3615877>
43. Marlovits S. Magnetic resonance observation of cartilage repair tissue (MOCART) for the evaluation of autologous chondrocyte transplantation: Determination of interobserver variability and correlation to clinical outcome after 2 years. / S.Marlovits, P.Singer, P.Zeller // *Eur. J. Radiol.* – 2006. – Vol.57(1). – P.16-23. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2005.08.007>
44. Saarakkala S., Toyras J., Hirvonen J., Laasanen M.S., Lappalainen R., Jurvelin J.S. Ultrasonic quantitation of superficial degradation of articular cartilage. *Ultrasound Med. Biol.* 2004;30:783–792. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2004.03.005>
45. Saleem M., Farid M.S., Saleem S., Khan M.H. X-ray image analysis for automated knee osteoarthritis detection. *Signal. Image Video Process.* 2020;14:1079–1087. <https://doi.org/10.1007/s11760-020-01645-z>
46. Nasnikova I.Yu., Morozov S.P., Filisteev P.A. MAGNETIC RESONANCE IMAGING: METHODS FOR QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF THE ARTICULAR Cartilage IN PATIENTS WITH OSTEOARTHRITIS RUSSIAN ELECTRONIC JOURNAL OF RADIOLOGY Volume 1 No. 3 2011. Page 75 . (In Russian)
47. David-Vaudey E, Ghosh S, Ries M, Majumdar S. T2 relaxation time measurements in osteoarthritis. *Magnetic Resonance Imaging*. 2004;22(5):673–682 <https://doi.org/10.1016/j.mri.2004.01.071>
48. Amin, Shreyasee, et al. The relationship between cartilage loss on magnetic resonance imaging and radiographic progression in men and women with knee osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology* 52.10 (2005): 3152-3159. <https://doi.org/10.1002/art.21296>
49. Zhang X.M., Tong H.Y., Zhang J., Xu J.Y., Xia S.Y. Diagnostic Value of 3.0T MRI in Cartilage Injury Grading of Knee Osteoarthritis. *J. Med. Imaging Health Inform.* 2020;10:2979–2984. <https://doi.org/10.1166/jmhi.2020.3247>
50. Spahn G, Klinger HM, Hofmann GO. How valid is the arthroscopic diagnosis of cartilage lesions? Results of an opinion survey among highly experienced arthroscopic surgeons. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:1117-1121. <https://doi.org/10.1007/s00402-009-0868-y>
51. Friemert B., Oberlander Y., Schwarz W. et al. Diagnosis of chondral lesions of the knee joint: can MRI replace arthroscopy? a prospective study // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2004. T. 12. № 1. C. 58-64. <https://doi.org/10.1007/s00167-003-0393-4>
52. Olumegbon, Ismail Adewale, Adekunle Oloyede, and Isaac Oluwaseun Afara. Near-infrared (NIR) spectroscopic evaluation of articular cartilage: A review of current and future trends. *Applied Spectroscopy Reviews* 52.6 (2017): 541-559. <https://doi.org/10.1080/05704928.2016.1250010>
53. Ma D.Y., Zhao Y., Shang L.W., Zhu Y.K., Fu J.J., Lu Y.F., Yin J.H. Research Progress of Raman Spectroscopy Application for Articular Cartilage and Osteoarthritis. *Spectrosc. Spect. Anal.* 2020;40:2029–2034. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2020\)07-2029-06](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2020)07-2029-06)
54. Niemelä, T., Virén, T., Liukkonen, J. et al. Application of optical coherence tomography enhances reproducibility of arthroscopic evaluation of equine joints. *Acta Vet Scand* 56, 3 (2014). <https://doi.org/10.1186/1751-0147-56-3>
55. O'Malley MJ, Chu CR. Arthroscopic optical coherence tomography in diagnosis of early arthritis. *Minim Invasive Surg.* 2011;2011:671308. <https://doi.org/10.1155/2011/671308> Epub 2011 Apr 3. PMID: 22091362; PMCID: PMC3197177.
56. Hofmann, Gunther O., et al. Detection and evaluation of initial cartilage pathology in man: A comparison between MRT, arthroscopy and near-infrared spectroscopy (NIR) in their relation to initial knee pain. *Pathophysiology* 17.1 (2010): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2009.04.001>
57. Spahn G, Plettenberg H, Nagel H, Kahl E, Klinger HM, Mückley T, et al. Evaluation of cartilage defects with near-infrared spectroscopy (NIR): an ex vivo study. *Med Eng Phys.* 2008;30(3):285–92. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2007.04.009>
58. Lu L, Cai J, Frost RL. Near infrared spectroscopy of stearic acid adsorbed on montmorillonite. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc.* 2010;75(3):960–3. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2009.12.001>
59. Afara I, Prasadani I, Crawford R, Xiao Y, Oloyede A. Non-destructive evaluation of articular cartilage defects using near-infrared (NIR) spectroscopy in osteoarthritic rat models and its direct relation to Mankin score. *Osteoarthritis Cartilage.* 2012;20(11):1367–73. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2012.07.007>
60. Samuel D, Park B, Sohn M, Wicker L. Visible-near-infrared spectroscopy to predict water-holding capacity in normal and pale broiler breast meat. *Poult Sci.* Oxford University Press; 2011;90(4):914–21. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01116>
61. Lihong V.W., Song H. Photoacoustic tomography: in vivo imaging from organs to organs. *Science.* 2012; 335: 1458-1462 <https://doi.org/10.1126/science.1216210>
62. Shrestha B., Deluna F., Anastasio M.A., Yong Ye J., Brey E.M. Photoacoustic imaging in tissue engineering and regenerative medicine. *Tissue Eng B Rev.* 2020; 26: 79-102. <https://doi.org/10.1089/ten.TEB.2019.0296>
63. Wu, M. et al. Spectroscopic photoacoustic imaging of cartilage damage. *Osteoarthritis and Cartilage*, 2021. Volume 29, Issue 7, 1071 – 1080 <https://doi.org/10.1016/j.joca.2021.04.001>
64. Brittberg M, Winalski CS, Curl W, Recht M, Potter H, Brittberg M, et al. Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am.* The American Orthopedic Association; 2003:58–69. <https://doi.org/10.2106/00004623-200300002-00008>
65. Gunaratne, Rajitha, et al. Human joint tissue identification by employing diffuse reflectance and auto-fluorescence spectroscopy, in combination with machine learning. *The European Conference on Lasers and Electro-Optics. Optical Society of America*, 2017. <https://doi.org/10.1109/CLEOE-EQEC.2017.8087742>

66. Ewerlöf, Maria, Marcus Larsson, and E. Göran Salerud. Spatial and temporal skin blood volume and saturation estimation using a multi-spectral snapshot imaging camera. *Imaging, Manipulation, and Analysis of Biomolecules, Cells, and Tissues XV*. Vol. 10068. International Society for Optics and Photonics, 2017. <https://doi.org/10.1117/12.2251928>

67. Zonios, George, Julie Bykowski, and Nikiforos Kollias. Skin melanin, hemoglobin, and light scattering properties can be quantitatively assessed in vivo using diffuse reflectance spectroscopy. *Journal of Investigative Dermatology* 117.6 (2001): 1452-1457. <https://doi.org/10.1046/j.0022-202x.2001.01577.x>

68. Johansson, Anders, et al. A spectroscopic approach to imaging and quantification of cartilage lesions in human knee joints. *Physics in Medicine & Biology* 56.6 (2011): 1865. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/56/6/021>

69. Wallace, Michael B., et al. Endoscopic detection of dysplasia in patients with Barrett's esophagus using light-scattering spectroscopy. *Gastroenterology* 119.3 (2000): 677-682. <https://doi.org/10.1053/gast.2000.16511>

70. Gunaratne, Rajitha, et al. Machine learning classification of human joint tissue from diffuse reflectance spectroscopy data. *Biomedical optics express* 10.8 (2019): 3889-3898. <https://doi.org/10.1364/BOE.10.003889>

71. Yaroslavsky, A. N., et al. Optical properties of selected native and coagulated human brain tissues in vitro in the visible and near infrared spectral range. *Physics in Medicine & Biology* 47.12 (2002): 2059-73. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/47/12/305>

72. Wilson, Robert H., et al. Optical spectroscopy detects histological hallmarks of pancreatic cancer. *Optics express* 17.20 (2009): 17502-17516. <https://doi.org/10.1364/OE.17.017502>

73. Salomatina, Elena Vladimirovna, et al. Optical properties of normal and cancerous human skin in the visible and near-infrared spectral range. *Journal of biomedical optics* 11.6 (2006): 064026. <https://doi.org/10.1117/1.2398928>

74. Kreiß, Lucas, et al. Diffuse reflectance spectroscopy and raman spectroscopy for label-free molecular characterization and automated detection of human cartilage and subchondral bone. *Sensors and Actuators B: Chemical* 301 (2019): 127121. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127121>

75. Egawa, Mariko, et al. Extended range near-infrared imaging of water and oil in facial skin. *Applied spectroscopy* 65.8 (2011): 924-930. <https://doi.org/10.1366/11-06251>

76. Tromberg, Bruce J., et al. Assessing the future of diffuse optical imaging technologies for breast cancer management. *Medical physics* 35.6Part1 (2008): 2443-2451 <https://doi.org/10.1118/1.2919078>

77. Nataliya R. Rovnyagina, Gleb S. Budylin, Pavel V. Dyakonov, Yuri M. Efremov, Marina M. Lipina, Yuliya R. Goncharuk et al. Grading cartilage damage with diffuse reflectance spectroscopy: optical markers and mechanical properties. *Journal of Biophotonics* Accepted Articles e202200149 <https://doi.org/10.1002/jbio.202200149>

#### Информация об авторах:

**Гончарук Юлия Романовна** – ассистент, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский

Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: goncharuk\_yu\_r@staff.sechenov.ru; ORCID: 0000-0002-0015-0266

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

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

**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), Москва, 119991, Россия. E-mail: timashev\_p\_s@staff.sechenov.ru; ORCID: 0000-0001-7773-2435

**Вязанкин Иван Антонович** – ассистент, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия. E-mail: vzvzvzvan@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8020-2950

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

#### Information about authors:

**Yuliya R. Goncharuk** – postgraduate student, assistant of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: goncharuk\_yu\_r@staff.sechenov.ru;

**ORCID: 0000-0002-0015-0266**

**Marina M. Lipina** – MD, PhD, Associate professor of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: lipina\_m\_m@staff.sechenov.ru;

**ORCID: 0000-0003-1240-4064**

**Alexey V. Lychagin** – professor, MD, PhD, Head of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: lychagin\_a\_v@staff.sechenov.ru; ORCID: 0000-0002-2202-8149

**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), Moscow, 119991, Russia. E-mail: timashev\_p\_s@staff.sechenov.ru; ORCID: 0000-0001-7773-2435

**Ivan A. Vyazankin** – postgraduate student, assistant of the Depart-

ment of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: [vzvzvvan@mail.ru](mailto:vzvzvvan@mail.ru); ORCID: 0000-0002-8020-2950

**Kirill M. Azarkin** – resident of the Department of traumatology, orthopedics and disaster surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: [wilopt@mail.ru](mailto:wilopt@mail.ru)

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-90-98>

УДК 617.3

© А.Б. Халяпина, М.В. Паршиков, Н.В. Ярыгин, Н.И. Кузнецова, Г.И. Чемянов, 2022

Оригинальная статья / Original article



## РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА КОСТНО-ХРЯЩЕВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ОСТЕОАРТРИТЕ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

А.Б.ХАЛЯПИНА<sup>1</sup>, М.В.ПАРШИКОВ<sup>1</sup>, Н.В.ЯРЫГИН<sup>1</sup>, Н.И.КУЗНЕЦОВА<sup>2</sup>, Г.И.ЧЕМЯНОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра травматологии, ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО МГМСУ им А.И.Евдокимова Минздрава России, 127473, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Кафедра прпедевтики детских болезней ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И.Пирогова Минздрава России, 117997, г. Москва, Россия

### Аннотация

До настоящего времени для выявления патологических изменений костно-хрящевой системы используют рутинные лабораторные методы исследования показателей крови и мочи, как наиболее экономически выгодные и социально доступные средства медицинского контроля. В то же время изменения показателей, связанные с фосфорно-кальциевым обменом, свидетельствуют об уже сформировавшемся повреждении, в то время как на ранних этапах возникновения патологического процесса они малоинформативны.

Следовательно, поиск, выявление и изучение новых биохимических маркеров для ранней диагностики патологии костно-хрящевой системы является актуальной задачей.

**Цель исследования** - выделить наиболее значимые биомаркеры в диагностике ранних изменений костно-хрящевых структур при остеоартрите. **Материалы и методы.** В ходе работы был проведен обзор современной отечественной и зарубежной литературы за последние 5 лет, в которой проводились исследования биохимических маркеров для ранней диагностики изменений в костно-хрящевой ткани, используя возможности интернет –ресурсов PubMed, Elibrary, Cyberleninka.

**Выводы.** Были определены базовые маркеры, свидетельствующие о формировании изменений в костно-хрящевой ткани, а также специфические маркеры, характерные для конкретной ее патологии. Благодаря динамичности биохимических показателей костной ткани, можно своевременно оценить баланс между образованием костной ткани и процессами ее резорбции. Изучена степень специфичности маркеров для постановки диагноза.

**Ключевые слова:** костно-хрящевая патология; остеоартриты; биомаркеры; диагностика

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

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

**Для цитирования:** Халяпина А.Б., Паршиков М.В., Ярыгин Н.В., Кузнецова Н.И., Чемянов Г.И., Ранняя диагностика костно-хрящевых изменений при остеоартрите(литературный обзор). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2022.№3(49). С.90-98 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-90-98>

## EARLY DIAGNOSIS OF BONE-CARTILAGINOUS CHANGES IN OSTEOARTHRITIS (LITERATURE REVIEW)

ANTONINA B. KHALYAPINA<sup>1</sup>, MIKHAIL V. PARSHIKOV<sup>1</sup>, NIKOLAY V. YARYGIN<sup>1</sup>, NELLIE I. KUZNETSOVA<sup>2</sup>, GEORGY I. CHEMYANOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine of the Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimov of the Ministry of Health of Russia. G Moscow, Russia, 20 delegatskaya street, 127473

<sup>2</sup> Department of Propaedeutics of Children's Diseases FSAOU IN RNIMU named after N.I.Pirogov of the Ministry of Health of Russia. Russia, Moscow. ostrovyanova street 1. 117997

### Abstract

**The aim of the study** is to identify the most significant biomarkers in the diagnosis of early changes in bone and cartilage structures.

**Materials and methods.** In the course of the work, a review of modern foreign literature over the past 5 years was conducted, in which studies of biochemical markers for early diagnosis of changes in bone and cartilage tissue were conducted, using the capabilities of the Internet resources PubMed, Elibrary, Cyberleninka.

**Results.** The basic markers indicating the formation of changes in bone and cartilage tissue were identified, as well as specific ones - characteristic of a particular pathology. The degree of their specificity for diagnosis has been studied.

Therefore: the search, identification and study of new biochemical markers for early diagnosis of pathology of the bone-cartilage system is an urgent task.

**Key words:** bone and cartilage pathology; biomarkers; diagnostics

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Khalyapina A.B., Parshikov M.V., Yarygin N.V., Kuznetsova N.I., Chemyanov G.I., Early diagnosis of bone-cartilaginous changes in osteoarthritis (literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022. №3. pp.90-98 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-3-90-98>

## Введение

Патология костно-хрящевой системы - гетерогенная группа заболеваний различной этиологии со сходными биологическими, морфологическими, клиническими проявлениями и исходом, в основе которых лежит поражение всех компонентов сустава: хряща, субхондральной кости, синовиальной оболочки, связок, капсулы, околоуставных мышц [1]. Повсеместно, около 18% женщин и 9,6% мужчин старше 60 лет имеют деструктивные изменения в суставах, причем, четверть из них — это люди, неспособные выполнять обычную, повседневную деятельность [1,2]. Прогнозируется, что к 2050 году 130 миллионов человек будут иметь остеоартрит, как самую частую патологию костно-хрящевой системы [3]. К тому же остеоартрит является и самой быстро растущей причиной инвалидности во всем мире [3,4].

Основные причины остеоартрита:

1. внутри- и околоуставные переломы;
2. дисплазии;
3. ревматоидный артрит - аутоиммунное заболевание, при котором защитные иммунные клетки организма утилизируют собственные клетки, принимая их за чужеродные. Этиология данного заболевания до конца пока не ясна. Заболевание чаще поражает женщин (в 3–5 раз). Также встречается ювенильный ревматоидный артрит (ювенильный идиопатический артрит) – детская форма, которая возникает у детей и подростков моложе 16 лет.
4. инфекционные заболевания, при которых наблюдаются симптомы артрита, например, туберкулез, бруцеллез, клещевой боррелиоз и др.
5. Системные заболевания соединительной ткани (псориаз, системная красная волчанка и др.);
6. метаболические заболевания (например, подагра);
7. гормональные нарушения (у женщин это часто связано с климаксом).

Нарушения обмена веществ в синовиальной жидкости приводит к недостаточному питанию хряща, замедлению процессов обновления погибших клеток и провоцирует его разрушение. Поэтому, независимо от того, что явилось конкретной причиной остеоартрита, главный механизм его запуска заключается в нарушении баланса между процессами разрушения и восстановления в тканях сустава. Баланс — это катаболические и анаболические процессы, находящиеся в динамическом

равновесии. Например, за ингибирование катаболических ферментов отвечают тканевой ингибитор матричных металлопротеаз и ингибитор активатора плазминогена, которые вызывают дегенерацию хряща. Некоторые полипептидные медиаторы стимулируют анаболические процессы в хряще, что способствует формированию его новых структур. Эта группа медиаторов включает в себя трансформирующий фактор роста и инсулиноподобный фактор роста-1, которые стимулируют синтез протеогликанов и костные морфогенетические белки. Избыточная активность матричных металлопротеаз начинает разрушать строительные блоки хряща в ответ на дисбаланс во внеклеточном матриксе. Активность этих компонентов контролируется цитокином интерлейкин-1 (ИЛ-1).

Любой дисбаланс между дегенерацией и регенерацией матрицы приводит к понижению содержания компонентов внеклеточного матрикса, таких как коллаген II типа, что приводит к потере массы хряща. На хрящевые клетки оказывают прямое влияние лизосомальные протеазы (катепсины) и матричные металлопротеазы (агрекеназы, коллагеназы, стромелизин), которые при нейтральном pH разрушают хрящевую ткань [5, 14].

При этом первым этапом непосредственно костной регенерации является пролиферация предшественников остеогенных клеток, их миграция в область дефекта (повреждения) и дифференцировка. Предшественники постоянно присутствуют в костной ткани и расположены бессистемно. В результате деятельности клеток дифферонов дефект заполняется волокнистыми элементами и гранулярным материалом, содержащим протеогликаны, необходимые для синтеза коллагена. Вростание сосудов в эту область стимулирует дальнейшую дифференцировку и формирование костных клеток. Вторым этапом идет ремоделирование костных балок и дальнейшая дифференцировка предшественников. После формирования органотипичной костной ткани ремоделирование может повторяться неоднократно в зависимости от условий механо-трансдукции [5].

Однако в случае выраженного повреждения костной ткани, нарушения ее питания полноценная регенерация невозможна. При значительном нарушении кровоснабжения костной ткани (в частности, субхондральной) дифференцировка предшественников остеогенных клеток значительно замедляется или прекращается, рост грануляционной ткани невозможен, либо также резко снижен. В результате чего образование регенерата

идет по патологическому пути. Развивается асептический некроз костной ткани, ее резорбция с формированием костных кист, компенсаторная выраженная краевая гипертрофия. Это типично для случаев повреждения хрящевой и костной ткани суставов.

Таким образом, основными условиями регенерации кости являются не только стимуляция регенерации хрящевой ткани с замещением первичных хрящевых дефектов, но и сохранение физиологических механобиохимических факторов. Принципиально важным является сохранение, восстановление и стимуляция полноценного питания субхондральной кости. При этом процессы регенерации обеих тканей являются в значительной мере взаимосвязанными.

До настоящего времени для выявления патологических изменений костно-хрящевой системы используют рутинные лабораторные методы исследования показателей крови и мочи, как наиболее экономически выгодные и социально доступные средства медицинского контроля. В то же время изменения показателей, связанные с фосфорно-кальциевым обменом, свидетельствуют об уже сформировавшемся повреждении, в то время как на ранних этапах возникновения патологического процесса они (P и Ca) малоинформативны, потому что их концентрация в крови изменяется при состоявшейся патологии, а не заблаговременно. Следовательно, поиск, выявление и изучение новых биохимических маркеров для ранней диагностики остеоартрита является актуальной задачей.

**Цель исследования:** определение специфических биомаркеров наиболее значимых в диагностике ранних изменений костно-хрящевой структуры при остеоартрите.

**Материалы и методы исследования.** Проведен обзор современной отечественной и зарубежной литературы за последние 5 лет, в которой проводились исследования биохимических маркеров для ранней диагностики изменений в костно-хрящевой ткани, используя возможности интернет – ресурсы PubMed, Elibrary, Cyberleninka.

Базовые маркеры изменений костно-хрящевой структуры, не являются специфичными для того или иного заболевания: щелочная фосфатаза, CRP, СОЭ, мочевая кислота, Ca++ общий и свободный, кальцитонин и антигиалуронидаза. Однако они отличаются от референтных значений при патологии.

Например, самой специфичной и достоверной в прогнозировании подагрического остеоартрита является мочевая кислота. Мы согласны с Трунилиной Н.И., что еще задолго до появления тофусов кристаллы мочевой кислоты откладываются в мягких тканях, особенно в суставах, а также ураты-соли мочевой кислоты – в других мелких суставах, сухожилиях, хрящах и коже [6]. Своевременная фиксация их появления способствует ранней диагностике подагрического остеоартрита.

Процессы разрушения и формирования костной массы в организме идут непрерывно. Их баланс определяется маркерами костной резорбции и синтеза. Дисбаланс маркеров специфичен для остеоартрита. Маркеров, характеризующих патологию

костно-хрящевой системы, много. Мы подвергли анализу самые специфичные, универсальные и технологически легкие для воспроизводства маркеры костной резорбции и синтеза.

### Маркеры костного формирования

Идеальный маркер костеобразования должен быть структурным белком, высвобождающимся в кровь со скоростью пропорциональной его включению в кость, при этом свободная фракция не должна изменяться при различных патологических состояниях, а высвободиться в неизменном виде в процессе костной резорбции. Необходимым условием является также знание метаболических превращений маркера и времени его полураспада. Несмотря на то, что ни один из определяемых в настоящее время маркеров не отвечает полностью необходимым требованиям для своевременного прогнозирования патологии, все же, например, щелочная фосфатаза показательно отражает остеобластическую функцию при остеоартритах различного генеза [7].

**Костный изофермент щелочной фосфатазы (КЩФ).** Исследования различных авторов [8,9,10] подчеркивают, что анализ показателей КЩФ существенно повышает точность дифференциальной диагностики заболеваний скелета и печени. Они являются наиболее информативными для ранней диагностики остеоартрита. Локализованный на мембране остеобластов и высвобождающийся в кровотоки в процессе их жизнедеятельности КЩФ является маркером специфичным, информативным и дешевым. Изоферменты печеночного и костного происхождения кодируются одним геном и отличаются только вследствие посттрансляционных модификаций. Разработаны высокоспецифичные иммунорадиометрические и иммуноферментные методики определения КЩФ. Уровень КЩФ является чувствительным маркером ускоренного метаболизма кости во время артрита-артрозных деструкций. Повышение активности КЩФ достоверно превосходит увеличение содержания общей щелочной фосфатазы (ЩФ). Значительное повышение активности КЩФ наблюдается также при первичном и вторичном остеопорозе, остеомалации, связанной с дефицитом витамина D. Нормальный уровень щелочной фосфатазы в крови от 44 до 147 МЕ/л. Пониженный уровень щелочной фосфатазы – основной показатель гипопаратиреоза (редкого заболевания костной ткани), которое характеризуется нарушением формирования скелета, задержкой физического развития, переломами и т.д. Такую диагностическую информацию можно получить при исследовании КЩФ уже на ранних стадиях развития остеоартрита [11,12].

**Остеокальцин (ОК).** Уникальность структуры ОК, содержащей три остатка у-карбоксиглутаминовой кислоты, заключается в высокой способности к связыванию с гидроксипапатитом. Часть синтезированного ОК проникает в системный кровоток, где может быть обнаружен различными методами, наиболее употребительными из которых в настоящее время



являются иммуноферментные. Циркулирующий ОК имеет короткий период жизни (15–70 мин.) и быстро выводится почками. Уровень ОК в сыворотке крови коррелирует с ростом скелета в период полового созревания и повышается при ряде заболеваний, которым свойственно увеличение скорости ремоделирования кости — гиперпаратиреозе, акромегалии. Напротив, он понижается при гипотиреозе, гипопаратиреозе, гиперкортицизме. Сравнение уровня сывороточного ОК с результатами гистоморфометрии костных биоптатов и данными кинетических исследований кальциевого обмена показало, что ОК служит адекватным маркером скорости ремоделирования при сопряжении процессов резорбции/синтеза костной ткани и является специфическим маркером костеобразования. Несомненно, его определение и анализ перспективны в ранней диагностике не только остеоартрита, но и другой патологии костно-хрящевой системы, что доказывается рядом проведенных исследований [12, 13].

**Пропептиды проколлагена I типа.** Они образуются в результате внеклеточного процессинга проколлагена I типа путем отщепления N- и C-концевых пептидов. Оба типа пропептидов циркулируют в сыворотке крови в виде отдельных цепей с молекулярной массой около 100 кД, что делает доступным их прямое определение методом иммуноферментного анализа. Возможность их использования в качестве маркеров формирования костной ткани в ранней диагностики костно-хрящевой патологии обсуждается из-за недостаточной чувствительности и специфичности [14,15,16]. Поэтому, лишь совместные, одновременные анализы крови на маркеры костной резорбции (B-CrossLaps и Pyrilinks-D) и формирования костной ткани (остеокальцин и щелочную фосфатазу), использование денситометрии позволяют оценить состояние костной ткани при остеопорозном остеоартрите, болезни Педжета или метастатических поражениях костей. Из-за большого числа необходимых исследований, обуславливающих общую дороговизну диагностических мероприятий, определение этого маркера пока остаётся не актуальным. Но при этом данный тест используется для контроля за результатом лечения патологий костной ткани. Он оценивается с учетом изменений в клинической картине заболевания, данных других анализов, показателей денситометрии [14,15,16].

### Маркеры костной резорбции

Требования к оптимальному маркеру остеокластической активности:

1. продукт деградации компонентов костного матрикса, отсутствующий в других тканях;
2. уровень в крови не должен зависеть от эндокринных факторов;
3. не подвергается реутилизации в процессе очередного цикла костного формирования.

**Пиридинолин (ПИД) и дезоксипиридинолин (ДПИД).** Они являются фрагментами поперечных сшивок коллагена I типа. Стабильность коллагенового матрикса обеспечивается межмолекулярными связями, образующимися между гидроксисилином и лизином, входящими в полипептидную цепь коллагена. Лизилоксидаза окисляет остатки гидроксисилина до альдегидов, которые конденсируются с остатками гидроксисилина или лизина соседних молекул коллагена и образуют перекрестные сшивки между двумя полипептидными цепями. Надо ли так подробно в биохимии для травматологов? При дальнейшей конденсации с новым альдегидом формируются два типа мостиков между тремя молекулами коллагена - ПИД и ДПИД. ПИД формируется из трех остатков гидроксисилина, ДПИД - из двух остатков гидроксисилина и одного остатка лизина. Общая концентрация ПИД и ДПИД в кости составляет всего 0,3 моль/моль коллагена, из них на долю последнего приходится 22%. Наличие в моче молекул с пиридиновыми сшивками свидетельствует об имеющемся процессе резорбции костной ткани. При этом более явных признаков остеоартрита (клинических, лучевых, лабораторных), как правило, ещё пока нет. Этим обстоятельством можно воспользоваться для ранней диагностики патологии [17,18]. Однако существенным тормозящим фактором широкого распространения этого исследования является его дороговизна.

В качестве показателя резорбции определение этих маркеров имеет ряд преимуществ перед традиционным тестом на гидроксипролин. В отличие от гидроксипролина, сшитые пиридином аминокислоты не подвергаются катаболизму и полностью экскретируются. Кроме того, они практически не всасываются в пищеварительном тракте, поэтому их уровень не зависит от характера питания.

В многочисленных работах последних лет показано, что экскреция с мочой ПИД/ДПИД значительно возрастает у пациентов с остеопорозными деструктивными межфасеточными артритами позвоночника. Уровень в моче ПИД и особенно ДПИД ярко коррелируется со скоростью костного обмена, измеренного гистоморфометрически с помощью кальцийкинетических методов. Для оценки резорбции кости используется определение отношения ПИД или ДПИД к концентрации креатинина в утренней порции мочи [19].

**Продукты деградации коллагена I типа** (карбокси- и аминотерминальные телопептиды — СТХ и NTX, соответственно). Во время обновления костной ткани коллаген I типа деградирует и небольшие поперечно сшитые пептидные фрагменты попадают в кровь и выделяются почками. Продукты распада коллагена можно определять как в моче, так и в сыворотке крови с использованием тест-систем различных производителей. Для первичного остеопорозного остеоартрита характерно увеличение карбокситерминального телопептида (СТХ, коммерческие наборы β CrossLaps). В некоторых исследованиях показано, что маркер резорбции β CrossLaps может увеличиваться в сыворотке крови и моче почти в 2 раза. В то же время фиксирован-

ное первичное увеличение этого показателя и своевременная фиксация начала этого феномена уже позволяет предположить формирования остеоартрита [20,21,22,23].

**Галактозилгидроксизин (ГГЛ).** Гликозилированная аминокислота характерна для костной ткани и считается весьма специфическим индикатором распада костного коллагена. В отличие от гидроксипролина, ГГЛ не только не используется повторно для синтеза коллагена, но и не подвергается распаду в организме. Кроме того, его содержание в моче практически не зависит от характера питания.

Уровень ГГЛ в моче рассчитывают по отношению к концентрации креатинина. Отношение ГГЛ/креатинин повышается, причем оно обратно пропорционально плотности кости, что предполагает формирование различных патологических процессов костно-хрящевой системы, в том числе и остеоартритов на фоне остеопорозных изменений. В клинической рутинной практике использование этого достаточно информативного показателя не востребовано из-за трудоемкости [20,21,22,23].

**Тартратрезистентная кислая фосфатаза.** Она является маркерным ферментом остеокластов, железосодержащим гликопротеином, массой 30–40 кДа. Увеличение ее уровня отмечено при различных метаболических заболеваниях костей, сопровождающихся ускорением обмена костной ткани. Активность фермента во всех случаях была обратно пропорциональна плотности кости, качество которой может подтвердить наличие или отсутствие патологии. Информативность данного маркера позволяет надеяться о его перспективности в ранней диагностики остеоартрита [20,21,22,23].

Анализируемые маркеры не являются базисными, классическими или бюджетными, и пока не используются в первичной диагностике патологий костно-хрящевой системы на поликлиническом, да и стационарном уровне, но, обладая специфичностью, они являются перспективными для дифференцировки, уточнения диагноза, контроля терапии и дальнейшего наблюдения за динамикой патологического процесса.

### Обсуждение

Причиной выбора нами двух групп маркеров синтеза и деструкции костно-хрящевой системы для ранней диагностики остеоартрита объясняется особенностями цикла жизнедеятельности человека, основой которого является непрерывность процессов разрушения и формирования костной массы. Ранняя фиксация дисбаланса маркеров костной резорбции и синтеза указывает на запуск патологических изменений при начальных признаках остеоартрита. Представителей этих групп маркеров необходимо рассматривать одновременно, в сравнении и динамике. Согласно имеющимся данным, биохимические показатели образования и резорбции костной ткани довольно точно отражают динамику изменений, происходящих как на начальных этапах формирования патологии, так и после 2–3 месяцев лечения остеоартроза [24]. Анализ их показателей по-

зволяет так же оценить эффективность терапии, не дожидаясь истечения 12–24 месяцев для констатирования изменения МПКТ по рентгенологическим показателям [25,26].

Биохимические маркеры костного метаболизма обладают высокой прогностической ценностью [27]. Так, высокие уровни маркеров резорбции кости (превышение более чем на 2 SD), свидетельствуют об увеличении риска возникновения переломов в 2 раза, а превышение более чем на 3 SD свидетельствует об иной природе костной патологии, включая злокачественную [28]. Результаты одновременного однократного анализа ОК, ДПИД и ГП могут прогнозировать скорость последующей потери костной ткани на протяжении 2 лет, а у женщин, отнесенных на основании определения биохимических маркеров к категории лиц с быстрой потерей костной ткани (более 3% в год), повышенная скорость утраты костной ткани сохраняется на протяжении последующих 12 лет. Это показали результаты исследования, в котором принимали участие 429 женщин в возрасте от 21 до 79 лет. Костные маркеры позволяли предсказать возникновение перелома бедренной кости с точностью до 55%, тел позвонков – до 65%. Эти данные подтверждают гипотезу о возможном применении маркеров костного метаболизма как дополнительного фактора для предсказания снижения плотности костной ткани и вероятности возникновения переломов, а также для определения плана лечения [29]. Несмотря на то, что по другим источникам [30,31] маркеры костного метаболизма обладают различной диагностической ценностью, в целом можно констатировать, что они достаточно информативны. Так, в исследовании группы врачей института эндокринологии [32] показано, что у женщин в период менопаузы уровни маркеров резорбции и образования кости увеличиваются в среднем, соответственно, на 79–97% и 37–52% [33]. На фоне проводившегося лечения все значения маркеров значительно уменьшались. Процент снижения значений маркеров коррелирует с увеличением плотности кости, о чем судят по показателям денситометрии. Авторы пришли к мнению о невозможности суждения о состоянии костно-хрящевых структур лишь по биомаркерам из-за недостаточной их специфичности [34]. При этом биохимические маркеры значительно раньше позволяют определить эффективность лечения (например, уровень КТТК уже через 2 недели после начала терапии снижается в среднем на 25%), чем измерение плотности костной ткани, при котором надежные данные можно получить не ранее чем через 6–12 мес. Для оценки эффективности терапии и предсказания возможности переломов более информативны маркеры резорбции, чем показатели формирования кости [35]. Высокая чувствительность маркеров резорбции кости в отношении реакции организма на специфическое лечение позволяет вовремя скорректировать объём и характер терапии.

Как показала практика, [36,37] наиболее успешное клиническое применение маркеров ремоделирования костной ткани состоит в контроле за эффективностью проведения антирезорбтивной терапии, например, бисфосфонаты (представляют

собой класс препаратов, предотвращающих потерю плотности костной ткани, используемых для лечения остеопороза и подобных заболеваний). Это наиболее часто назначаемые препараты, используемые для лечения остеопороза. (Их называют бисфосфонатами, потому что они содержат две фосфонатные группы).

Так, в ряде исследований показано снижение активности процессов резорбции на протяжении 4–6 недель с достижением пика активности остеогенеза через 2–3 месяца от начала лечения бисфосфонатами. Кроме того, было выявлено более существенное снижение уровня маркеров резорбции при назначении бисфосфонатов [37]. Перспективным считается исследование и других остеоспецифичных энзимов. Так, по данным А. А. Венедиктовой, с соавторами выявлена тенденция к повышению активности лизосомального фермента остеокластов катепсина-К на ранних этапах развития остеопороза у крыс [38, 39].

В исследованиях ученых из Гамбурга [40] сравнивается изменение концентрации маркеров остеогенеза на фоне антирезорбтивной терапии с риском возникновения трещин и переломов на фоне остеоартритов. Как оказалось, невозможно точно оценить состояние костной ткани лишь по одной группе биомаркеров. Это подтверждает мета-анализ 18 клинических исследований [41], который показал, что снижение в ходе лечения на 70% уровня маркеров резорбции уменьшает риск переломов позвоночника на 40%, а снижение концентрации маркеров остеогенеза на 50% уменьшает риск переломов на 44%. Эти результаты можно объяснить динамическим изменением характеристик прочности скелета в процессе лечения, и тем, что недостаточно изучен индивидуальный вклад каждого маркера в процессы восстановления структуры костной ткани [42]. Тем не менее, результаты большинства клинических исследований показывают, что риск возникновения патологии (остеоартрита, переломов и др.) во многом зависит от исходного соотношения показателей маркеров костного ремоделирования [31,32]. Хотя для постановки диагноза «остеоартрит» необходима так же визуализация результатов клинической картины, УЗИ, рентгенографии, МРТ и КТ [43, 44].

В последние годы с целью оптимизации диагностического процесса активно внедряются полностью автоматические системы определения анализируемых маркеров при помощи электрохемилюминесцентных анализаторов, что обеспечивает высокую воспроизводимость, точность и надежность исследования. Однако эти более информативные, современные маркеры костного метаболизма из-за высокой стоимости исследований пока не получили широкого распространения для ранней диагностики остеоартрита и не доступны пациентам в рамках ОМС.

### Заключение

Остеоартрит, несмотря на свою гетерогенность, характеризуется клеточным стрессом и деградацией экстрацеллюлярного

матрикса всех тканей сустава, возникающих на фоне макро- и микрповреждений. При этом активируются патологические адаптивные восстановительные ответы, включая провоспалительные пути иммунной системы. Первоначально изменения происходят на молекулярном уровне с последующими анатомическими и физиологическими нарушениями (деградация хряща, воспаление, костное ремоделирование, образование остеофитов и т.д.), приводящими в результате взаимодействия возрастных, гормональных, генетических и средовых факторов, к развитию заболевания, в котором ключевую роль играют провоспалительные медиаторы и цитокины, вырабатываемые не только хондроцитами и синовиоцитами, но и клетками жировой (адипоциты) и костной (остеобласты) ткани.

Проведя обзор и изучив наиболее актуальные биомаркеры для ранней диагностики патологии костно-хрящевых структур при остеоартрите, мы пришли к заключению:

1. Костно-хрящевые биомаркеры являются современным и достаточно точным методом фиксации начала развития патологических изменений костно-хрящевых структур при остеоартрите и контроля за их динамикой.

2. Из биомаркеров формирования кости наиболее информативными и перспективными являются остеокальцин и костный изофермент щелочной фосфатазы (КЩФ). При этом необходима оценка концентрации остеокальцина, С-терминального пропептида проколлагена I типа и N-терминального пропептида проколлагена I типа.

3. Наиболее информативный и перспективный биомаркер резорбции кости - дезоксипиридинолин. Для его оценки требуется определение концентрации С- терминального телопептида коллагена I типа и активности тартратрезистентной кислой фосфатазы плазмы крови, концентрации дезоксипиридинолина в моче.

4. Биохимические показатели костной ткани достаточно динамичны, благодаря чему позволяют своевременно оценить баланс между образованием костной ткани и процессами ее резорбции.

5. Автоматические системы определения маркеров при помощи электрохемилюминесцентных анализаторов, обеспечивающие высокую воспроизводимость, точность и надежность исследования - перспективное направление диагностического процесса. Их использование позволяет экономить реактивы и время, допускает выполнение не только серийных, но и единичных исследований, что важно для динамического наблюдения за течением патологического процесса.

Таким образом, в настоящее время клиническая медицина располагает широким арсеналом современных диагностических возможностей, использование которых имеет существенное значение как для прогнозирования риска развития остеоартрита различного генеза, ранней его диагностики, так и для оценки эффективности терапии.

В целом изучение биохимических показателей костного метаболизма в динамике способствует лучшему пониманию

механизмов патогенеза метаболических нарушений обмена костной ткани и открывает широкие перспективы их использования в клинической практике.

#### Список литературы / References:

1. О. А. Каплунов, К. О. Каплунов, Е. Ю. Некрасов. К вопросу о консервативной терапии остеоартроза коленного сустава в амбулаторной практике // *Лечащий врач*. 2021, №11, С. 20–23. DOI: 10.26295/OS.2020.32.53.010/ ISSN 2687–1181. [O. A. Kaplunov, K. O. Kaplunov, E. Y. Nekrasov. On the issue of conservative therapy of knee osteoarthritis in outpatient practice // *Attending physician*. 2021, No.11, pp. 20-23. DOI:10.26295/OS.2020.32.53.010/ ISSN 2687-1181]
2. Cauley JA. Osteoporosis: fracture epidemiology update 2016. *Curr Opin Rheumatol*. 2017; 29: pp. 150–156. doi: 10.1097/BOR.0000000000000365.
3. А. Л. Кебина, А. С. Сычева, С. В. Шустова, А. Л. Верткин. Эффективность применения комбинированного препарата НПВП с витаминами группы В, при заболеваниях костно-мышечной системы // *Лечащий врач*, 2020, №4, С.13-17. DOI: <https://doi.org/10.26295/OS.2020.83.89.011/> ISSN 1560-5175. [A. L. Kebina, A. S. Sycheva, S. V. Shustova, A. L. Vertkin. The effectiveness of the combined NSAID drug with B vitamins in diseases of the musculoskeletal system // *Attending Physician*, 2020, No.4, pp.13-17. DOI: <https://doi.org/10.26295/OS.2020.83.89.011/> ISSN 1560-5175]
4. Ballane G, Cauley JA, Luckey MM, El-Hajj Fuleihan G. Worldwide prevalence and incidence of osteoporotic vertebral fractures. *Osteoporos Int*. 2017; 28: pp. 1531–1542. DOI 10.1007/s00198-017-3909-3.
5. О. Н. Тутова. Регенерация хрящевой ткани: учеб. пособие / О. Н. Тутова. Казань: Казанский ГМУ. 2018. - 33 с. / УДК 611.018.3(075.8). [O. N. Tutova. Regeneration of cartilage tissue: studies. manual / O. N. Tutova. Kazan: Kazan State Medical University. 2018. - 33 p. / UDC 611.018.3(075.8)]
6. Трунилина Н.И. Биохимия крови / МГМСУ кафедра биохимии. Москва. 2020. [Trunilina N.I. Biochemistry of blood / MGMSU Department of Biochemistry. Moscow. 2020]
7. José Luis Millán. Alkaline Phosphatases: Structure, substrate specificity and functional relatedness to other members of a large superfamily of enzymes (англ.). *Purinergic Signalling*. 2006-06; Vol. 2, iss. 2. pp. 335–341. — ISSN 1573-9546 1573-9538, 1573-9546. —DOI:10.1007/s11302-005-5435-6
8. Tamás L., Huttová J., Mistrk I., Kogan G. Effect of carboxymethyl chitin-glucan on the activity of some hydrolytic enzymes in maize plants (англ.). *Chem. Pap. journal*. 2002; Vol. 56, no. 5. pp. 326–329.
9. Ujjawal Sharma, Deeksha Pal, Rajendra Prasad. Alkaline Phosphatase: An Overview. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 2014- 07; Vol. 29 (iss. 3): S. 269–278. - ISSN 0974–0422 0970-1915, 0974-0422. - DOI: 10.1007/s12291-013-0408-y.
10. Dhruv Lowe, Terrence Sanvictores, Savio John “Alkaline Phosphatase”. *Stat Pearls Publishing*; 2022 Jan–. PMID: 29083622.
11. Фуко П, Фуко М. Х, Кучаревич Б, Бюро Ф, Аликс М, Дроздовский М. А. Значение исследования общих щелочных фосфатаз и костного изофермента в популяции больных остеопорозом. *Annales de Biologie Clinique*. 1991; 49 (9): 477–81. PMID 1789501. [Foucault P, Foucault M. X, Kucherevich B, Bureau F, Alex M., Drozdovsky M. A. The significance of the study of total alkaline phosphatases and bone isoenzyme in the population of patients with osteoporosis. *Annales de Biologie Clinique*. 1991; 49 (9): 477-81. Identification number 1789501].
12. Robinson D., Sandblom G., Johansson R., Garmo H., Stattin P, Mommsen S, Varenhorst E. Прогнозирование выживаемости метастатического рака предстательной железы на основе ранних серийных измерений простатспецифического антигена и щелочной фосфатазы // *Журнал урологии*. 2008. 179 (1): С. 117-22, DOI: 10.1016/j.juro.2007.08.132. PMID 17997442. [Robinson D., Sandblom G., Johansson R., Garmo H., Stattin P, Mommsen S, Varenhorst E. Prediction of metastatic prostate cancer survival based on early serial measurements of prostate-specific antigen and alkaline phosphatase // *Journal of Urology*. 2008. 179 (1): pp. 117-22, DOI: 10.1016/j.juro.2007.08.132. Identification number 17997442]
13. Garen A., Levinthal C. A fine-structure genetic and chemical study of the enzyme alkaline phosphatase of *E. coli*. I. Purification and characterization of alkaline phosphatase. *Biochim. Biophys. Acta*. 1960 March; vol. 38: pp. 470–483. — DOI:10.1016/0006-3002(60)91282-8. — PMID 13826559.
14. Alkaline Phosphatase Level Test (ALP) (англ.). Healthline (10 августа 2018). Дата обращения: 23 декабря 2020.
15. Alkaline Phosphatase Level Test (ALP) (англ.). Healthline (10 августа 2018). Дата обращения: 14 августа 2021.
16. Markus J Seibel. Biochemical Markers of Bone Turnover Part I: Biochemistry and Variability. *Clin Biochem Rev*. 2005 November; 26(4): pp. 97–122. PMID: PMC1320175.
17. McCormick R. Osteoporosis: integrating biomarkers and other diagnostic correlates into the management of bone fragility. *Alternative Medicine Review*. 2007; Vol. 12. N 2. P. 127. PMID 17604458.
18. И. П. Ермакова, И. А. Пронченко. Современные биохимические маркеры в диагностике остеопороза / *Медицинский научно-практический журнал Остеопороз и остеопатии*. 1998. № 1. [I. P. Ermakova, I. A. Pronchenko. Modern biochemical markers in the diagnosis of osteoporosis / *Medical scientific and practical journal of Osteoporosis and Osteopathy*. 1998. № 1]
19. Harada M, Udagawa N, Fukasawa K, Hiraoka BY, Mogi M. Inorganic pyrophosphatase activity of purified bovine pulp alkaline phosphatase at physiological pH. *J Dent Res*. 1986 Feb;65(2):125-7. DOI: 10.1177/00220345860650020601. PMID: 3003174.
20. О. С. Костарева, А. Г. Габдулхаков, И. А. Коляденко, М. Б. Гарбер, С. В. Тищенко. Интерлейкин-17: функциональные и структурные особенности; использование в качестве терапевтической мишени // *Успехи биологической химии*, 2019, Т. 59. С. 393–418. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-28> [O. S. Kostareva, A. G. Gabdulkhakov, I. A. Kolyadenko, M. B. Garber, S. V. Tishchenko. Interleukin-17: functional and structural features; use as a therapeutic target // *Successes of Biological Chemistry*, 2019, vol. 59. pp. 393-418]
21. Julian-Almarcegui C, Gomez-Cabello A, Huybrechts I, et al. Combined effects of interaction between physical activity and nutrition on bone

health in children and adolescents: a systematic review. *Nutr Rev.* 2015; 73: pp.127–139. DOI: 10.1093/nutrit/nuu065. PMID: 26024536.

22. Ларина В. Н., Михайлузова М. П., Распопова Т. Н. Применение биохимических маркеров костного обмена в повседневной деятельности врача // *Лечебное дело.* 2015. №2. DOI: 10.17238/issn2223-2427.2019.1.45-47. [Larina V. N., Mikhailusova M. P., Raspopova T. N. The use of biochemical markers of bone metabolism in the daily activities of a doctor. 2015. №2. DOI: 10.17238/issn 2223–2427.2019.1.45-47]

23. Гребенникова Т. А., Трошина В. В., Белая Ж. Е. “Маркеры и генетические предикторы остеопороза в рутинной клинической практике” *Consilium Medicum*, vol. 21, no. 4, 2019, pp. 97-102. DOI: 10.26442/20751753.2019.4.190323. [Grebennikova T. A., Troshina V. V., Belaya Zh. E. “Markers and genetic predictors of osteoporosis in routine clinical practice” *Consilium Medicum*, vol. 21, No. 4, 2019, pp. 97-102. DOI: 10.26442/20751753.2019.4.190323].

24. Melton L. J, Chrischilles E. A, Cooper C., Lane A.W, Riggs B. L. Perspective. How many women have osteoporosis? *J Bone Miner Res.* 1992 Sep;7(9):1005-10. DOI: 10.1002/jbmr.5650070902. PMID: 1414493.

25. Тихонова Г. А., Маркин А. А. Биомаркеры как инструменты развития биологии и медицины // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН)

26. Маркеры метаболизма костной ткани. Точка доступа: BCM\_CAT\_07\_qqq.indb (biochemmack.ru)

27. Камиллов Ф. Х., Фаршатова В. Р., Еникеев Д. А. Клеточно-молекулярные механизмы ремоделирования костной ткани и её регуляция // *Фундаментальные исследования.* 2014. № 7–4. С. 836–842. УДК: 616.71 – 007.234: 611.018.4 [Kamilov F. X., Farshatova V. R., Enikeev D. A. Cellular-molecular mechanisms of bone tissue remodeling and its regulation // *Fundamental research.* 2014. No. 7-4. pp. 836-842]

28. Don E.S, Tarasov A.V, Epshtein O.I, Tarasov S.A. The biomarkers in medicine: search, choice, study and validation. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika.* 2017.2062(1): 52-9. DOI: 10.18821/0869-2084-2017-62-1-52-59, PMID: 30615376

29. Уровни организации минерального матрикса костной ткани и механизмы, определяющие параметры их формирования / А. С. Аврунин [и др.] // *Морфология.* 2005. Т. 127. № 2. С. 78–82. [Avrunin A. S. / Levels of organization of the mineral matrix of bone tissue and mechanisms determining the parameters of their formation // *Morphology.* 2005. Vol. 127. No. 2. pp. 78-82]

30. Аврунин А. С. Остеоцитное ремоделирование костной ткани: история вопроса, морфологические маркеры / А. С. Аврунин, Р. М. Тихилов // *Морфология,* 2011. Т. 139. № 1. С. 86-95. PMID: 21539093 [Avrunin A. S., Tikhilov R. M. / Osteocytic remodeling of bone tissue: background, morphological markers // *Morphology,* 2011. Vol. 139. No. 1. pp. 86-95]

31. Возможности костной рентгеновской денситометрии в клинической практике (методические рекомендации) / И. А. Скрипникова (и др.) // *Остеопороз и остеопатии.* 2010. № 2. С. 26–38. [Skripnikova

I. A./ Possibilities of bone X-ray densitometry in clinical practice (methodological recommendations) // *Osteoporosis and osteopathy.* 2010. No. 2. pp. 26-38]

32. K. Engelke, C. C. Gluer. Quality and performance measures in bone densitometry // *Osteoporosis Int.* 2006; Vol. 17. ISS. 9: pp. 1283-1292. DOI: 10.1007/s00198-005-0039-0.

33. C. M. Romero Barco. S. Manrique Arijia, M. Rodriguez Piirez. Biochemical Markers in Osteoporosis: usefulness in Clinical Practice // *Reumatol. Clin.* 2012; Vol. 8.N.3: pp. 149-152. DOI: 10.1016/j.reuma.2011.05.010.

34. Eastell R, O'Neill TW, Hofbauer LC, et al. Postmenopausal osteoporosis. *Nat Rev Dis Primers.* 2016; 2: pp. 160-69. DOI: 10.1038/nrdp.2016.69.

35. Liu N., Zeng F, Zhang K., Tang Z. A community-based cross-sectional study for relationship of frequency of vegetables intake and osteoporosis in a Chinese postmenopausal women sample. *BMC Womens Health.* 2016; 1: S. 28. DOI: 10.1186/s12905-016-0307-5.

36. Поворознюк, В. В. Остеопороз и биохимические маркеры метаболизма костной ткани // *Лабораторная диагностика.* 2002. № 1. С. 53–61. УДК 577.1:616:71.004.68. [Povoroznyuk, V. V. Osteoporosis and biochemical markers of bone metabolism// *Laboratory diagnostics.* 2002. No. 1. pp. 53-61]

37. Эриксен Э. Ф., Диес-Перес А., Боонен С. «Обновленная информация о долгосрочном лечении бисфосфонатами постменопаузального остеопороза: систематический обзор». *Кость.* 58. С. 126–135. DOI: 10.1016/j.bone.2013.09.023. [Eriksen E.F., Diaz-Perez A., Boonen S. “Updated information on long-term bisphosphonate treatment of postmenopausal osteoporosis: a systematic review.” *Bone.* 58. pp. 126–135]

38. Венедиктова А. А. Роль протеаз различных классов в развитии остеопороза у крыс: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2009. 24 с.

39. Роль протеаз различных классов в развитии остеопороза у крыс. / Венедиктова А.А. НИИ Физиологии Сибирского отделения РАН. Новосибирск. 2015.

40. Crowe F.L, Steur M., Allen N. E, et al. Plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: results from the EPIC-Oxford study. *Public Health Nutr.* 2011; 14: pp. 340–346. DOI: 10.1017/S1368980010002454.

41. S. Harade, G. A. Rodan. Control of osteoblast function and regulation of bone mass // *Nature.* 2003; Vol. 423. № 6937: pp. 349-355. DOI: 10.1038/nature01660.

42. Зайцева Н. В., Землянова М. А., Чашин В. П., Гудков А. Б. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях (обзор литературы) // *Экология человека.* 2019. № 9. С. 4–14. DOI: 10.33396/1728–0869-2019-9-4-14. [Zaitseva N. V., Zemlyanova M. A., Chashchin V. P., Gudkov A. B. Scientific principles of the use of biomarkers in medical and environmental research (literature review) // *Human ecology.* 2019. No. 9. pp. 4-14. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-9-4-14].

43. Dhonukshe-Rutten RA, van Dusseldorp M, Schneede J, et al. Low bone mineral density and bone mineral content are associated with low

cobalamin status in adolescents. *Eur J Nutr.* 2005; 44: pp. 341–347. DOI: 10.1007/s00394-004-0531-x.

44. Маркова О. Л., Шилов В. В., Кузнецов А. В., Метелица Н. Д. Сравнительная оценка подходов к проблеме биомониторинга здоровья человека отечественных и зарубежных исследователей // Гигиена и санитария. 2020. 99(6). С.545-550. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-545-550. [Markova O. L., Shilov V. V., Kuznetsov A. V., Metelitsa N. D. Comparative assessment of approaches to the problem of human health monitoring by domestic and foreign researchers // Hygiene and sanitation. 2020. 99(6). pp.545-550. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-545-550]

45. Herrmann W, Obeid R, Schorr H, et al. Enhanced bone metabolism in vegetarians - the role of vitamin B12 deficiency. *Clin Chem Lab Med.* 2009; 47: pp. 1381–1387. DOI: 10.1515/CCLM.2009.302.

46. Parsons T. J, van Dusseldorp M, van der Vliet M, et al. Reduced bone mass in Dutch adolescents fed a macrobiotic diet in early life. *J Bone Miner Res.* 1997; 12: pp. 1486–1494. DOI: 10.1359/jbmr.1997.12.9.1486.

47. Curtis J. A, Kooh S. W, Fraser D., Greenberg M. L. Nutritional rickets in vegetarian children. *Can Med Assoc J.* 1983; 128: pp. 150–152.

48. Шилова Л. Н., Паньшина Н. Н., Чернов А. С., Трубенко Ю.А., Хортиева С. С., Морозова Т. А., Паншин Н. Г. Иммунопатологическое значение интерлейкина 17 при псориазическом артрите //Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. УДК 616.72-002.77-06: 616.517-07 [Shilova L. N., Panshina N. N., Chernov A. S., Trubenko Yu. A., Khortieva S. S., Morozova T. A., Panshin N. G. Immunopathological significance of interleukin 17 in psoriathric arthritis //Modern problems of science and education. 2015. № 6].

49. Biologic markers in reproductive toxicology. Washington, DC, National Academy Press. 1989. DOI: 10.17226/774

50. Пикалюк В. С. /Современные представления о биологии и функции костной ткани / В. С. Пикалюк, С. О. Мосговой // Таврический медико-биологический вестник. 2006. Т. 9. № 3. С. 186-194.

51. Нетюхайло. Л. Г. Метаболізм кісткової ткани и в нормі та при патології / Л. Г. Нетюхайло, Л. К. Іщейкіна // Молодий вчений. 2014. № 6 (09). С. 152-158.

#### Информация об авторах:

**Халяпина А.Б., к.м.н.**, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО МГМСУ им А.И. Евдокимова Минздрава России, г. Москва, Россия <https://orcid.org/0000-0003-4747-7300>, SPIN 1814-2756, e-mail : khalyapina.ant@yandex.ru +7 919 778 83 43 Москва , Девятая рота 15-34

**Паршиков М.В., д.м.н.**, профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО МГМСУ им А.И. Евдокимова Минздрава России, г. Москва, Россия <https://orcid.org/0000-0003-4201-4577>; SPIN 5838-4366, e-mail : parshikovmikhail@gmail.com

**Ярыгин Н.В., д.м.н.**, профессор, член-корр. РАН, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО МГМСУ им А.И. Евдокимова Минздрава России, г. Москва, Россия <https://orcid.org/0000-0003-4322-6985>, SPIN 3258-4436 e-mail : yarmk@mail.ru

**Кузнецова Н.И., к.м.н.**, ассистент кафедры пропедевтики детских болезней ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И.Пирогова Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: nelly-kuznecova@yandex.ru

**Чемянов Г.И., к.м.н.**, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, г. Москва, Россия e-mail : georgiic@mail.ru

#### Information about authors:

**Antonina B. Khalyapina** - Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine of the Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimov of the Ministry of Health of Russia. G Moscow, Russia 20 delegatskaya street, 127473

**Mikhail V. Parshikov** - Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine of the Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimov of the Ministry of Health of Russia. Moscow 20 delegatskaya street, 127473,

**Nikolay V. Yarygin** - Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences. Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine of the Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimov of the Ministry of Health of Russia. G Moscow, Russia 20 delegatskaya street, 127473,

**Nellie I. Kuznetsova** - Assistant of the Department of Propaedeutics of Children's Diseases FSAOU IN RNIMU named after N.I.Pirogov of the Ministry of Health of Russia. Russia, Moscow. ostrovityanova street 1. 117997,

**Georgy I. Chemyanov** - Assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine of the Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimov of the Ministry of Health of Russia, Moscow 20 delegatskaya street, 127473





