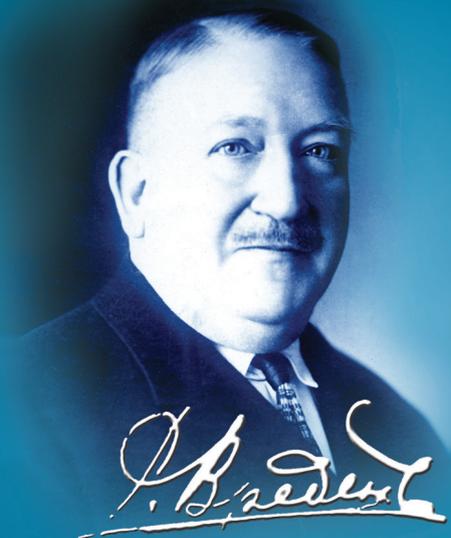


ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)



ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

2022 • Т. 28 • № 4

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Травматология и ортопедия России

Том 28, Выпуск 4, 2022

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1993 г.

УЧРЕДИТЕЛИ

- ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России
- ООО «Эко-Вектор»

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»
Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург,
Аптекарский пер., д. 3, литера А, помещение 1Н
E-mail: info@eco-vector.com
<https://eco-vector.com>
тел.: +7(812)648-83-67

РЕДАКЦИЯ

Адрес: 195427, Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, дом 8;
тел.: +7 (812) 670-86-84
e-mail: journal@rniito.org
<https://journal.rniito.org>

ИНДЕКСАЦИЯ

Emerging Sources Citation Index (Web of Science)
RSCI на платформе Web of Science
РИНЦ
Google Scholar
BASE
Dimensions
DOAJ (Directory of Open Access Journals)
Ulrich's Periodicals Directory
WorldCat
OpenAIRE

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал зарегистрирован Госкомитетом печати, телерадиовещания и массовых коммуникаций 12 апреля 1993 г. (Свидетельство № 0110540). Перерегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия СМИ 10 декабря 2021 г. (Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-82474)



Контент журнала доступен под лицензией Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY.

Распространяется по подписке:
Индекс **ПН030** в каталоге «Почта России»;
Индекс **33020** в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакторы Колесникова И.В., Шен А.С.
Технический редактор Гаврилова С.В.

ООО «Типография Лесник», 197183, Санкт-Петербург,
ул. Сабировская, д. 37.
Цена свободная.

Главный редактор

Тихилов Рашид Муртузалиевич – чл.-корр. РАН, д-р мед наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Заместитель главного редактора

Шубняков Игорь Иванович – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Ответственный секретарь

Колесникова Ирина Владимировна (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ахтямов И.Ф. – д-р мед. наук, профессор (Казанский ГМУ, Казань, Россия)
Баиндурашвили А.Г. – академик РАН, д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия)
Беленький И.Г. – д-р мед. наук (СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия)
Белов М.В. – канд. мед. наук (Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьевы, Ярославль, Россия)
Божкова С.А. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Борзунов Д.Ю. – д-р мед. наук (Уральский ГМУ, Екатеринбург, Россия)
Губин А.В. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия)
Дубров В.Э. – д-р мед. наук, профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия)
Дулаев А.К. – д-р мед. наук, профессор (ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия)
Загра Л. – д-р медицины, профессор (Ортопедический институт Галеацци, Милан, Италия)
Корнилов Н.Н. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Королев А.В. – д-р мед. наук, профессор (ЕССТО, Москва, Россия)
Корыткин А.А. – канд. мед. наук (Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)
Кочиш А.Ю. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Кренн В. – д-р медицины, профессор (Центр гистологии, цитологии и молекулярной диагностики, Трир, Германия)
Кульджанов Д. – д-р медицины, профессор (Университетская клиника, Сент-Луис, США)
Маланин Д.А. – д-р мед. наук, профессор (Волгоградский ГМУ, Волгоград, Россия)
Мироманов А.М. – д-р мед. наук, профессор (Читинская ГМА, Чита, Россия)
Митрофанов В.Н. – канд. мед. наук (Приволжский исследовательский медицинский университет, Н. Новгород, Россия)
Мурылев В.Ю. – д-р мед. наук, профессор (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия)
Парвизи Дж. – д-р медицины, профессор (Институт Ротмана, Филадельфия, США)
Перка К. – д-р медицины, профессор (Центр скелетно-мышечной хирургии Университетской клиники Шарите, Берлин, Германия)
Пташиников Д.А. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Рябых С.О. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия)
Серета А.П. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Соломин Л.Н. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Томсен М. – д-р медицины, профессор (Клиника Миттельбаден, Баден-Баден, Германия)
Хоминец В.В. – д-р мед. наук, профессор (ВмедА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия)
Хубэ Р. – д-р медицины, профессор (Центр эндопротезирования, Мюнхен, Германия)

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://journal.rniito.org>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения издателя и редакции, ссылка на журнал обязательна.

ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)

Travmatologiya i Ortopediya Rossii

Vol. 28, N 4, 2022

QUARTERLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL PEER-REVIEWED JOURNAL

Journal founded in 1993

FOUNDERS

- Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics
- Eco-Vector

PUBLISHER

Eco-Vector
Address: 3A, Aptekarskiy lane, office 1N,
St. Petersburg, 191186, Russia
e-mail: info@eco-vector.com
<https://eco-vector.com>
Phone: +7(812)648-83-67

EDITORIAL OFFICE

Address: 8, Akademika Baikova st.,
St. Petersburg, Russia, 195427
e-mail: journal@rniito.org
<https://journal.rniito.org>
Phone: +7(812)670-86-84

INDEXING

Emerging Sources Citation Index
(Web of Science)
Russian Science Citation Index
Google Scholar
Directory of Open Access Journals (DOAJ)
WorldCat
BASE
Dimensions
Ulrich's Periodicals Directory
OpenAIRE

The journal is listed among the peer-reviewed scientific periodicals recommended by Higher Attestation Commission at the Ministry of Education and Science.

The journal is registered by Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications.
Registration certificate PI No. FC77-82474 was issued on December 10, 2021.



The content is available under the Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY license.

Editors: I.V. Kolesnikova, A.S. Shen
Layout: S.V. Gavrilova

Printed in "Typography Lesnik",
197183, St. Petersburg, Sabirovskaya st., 37.
Free price.

© Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia), 2022
© Eco-Vector, 2022

Editor-in-Chief

Rashid M. Tikhilov – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Deputy Editor-in-Chief

Igor I. Shubnyakov – Dr. Sci. (Med.)
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Executive secretary

Irina V. Kolesnikova
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

EDITORIAL BOARD

Ildar F. Akhtyamov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Kazan State Medical University, Kazan, Russia)
Aleksey G. Baidurashvili – Dr. Sci. (Med.), Professor (Turner National Medical Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia)
Igor G. Belenkiy – Dr. Sci. (Med.) (St. Petersburg Dzhanelidze Emergency Research Institute, St. Petersburg, Russia)
Mikhail V. Belov – Cand. Sci. (Med.) (Solovyov Clinical Emergency Hospital, Yaroslavl, Russia)
Svetlana A. Bozhkova – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Dmitry Yu. Borzunov – Dr. Sci. (Med.) (Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia)
Aleksander V. Gubin – Dr. Sci. (Med.), Professor (Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)
Vadim E. Dubrov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)
Aleksander K. Dulaev – Dr. Sci. (Med.), Professor (Pavlov University, St. Petersburg, Russia)
Luigi Zagra – MD, Professor (Galeazzi Orthopedic Institute, Milan, Italy)
Nikolai N. Kornilov – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Andrey V. Korolev – Dr. Sci. (Med.), Professor (European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)
Andrey A. Korytkin – Cand. Sci. (Med.) (Tsvyanyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)
Aleksander Yu. Kochish – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Veit Krenn – MD, Professor (Center for Histology, Cytology and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)
Djoldas Kuldjanov – MD, Professor (University Hospital, St. Louis, USA)
Dmitry A. Malanin – Dr. Sci. (Med.), Professor (Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia)
Alexander M. Miromanov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Chita State Medical Academy, Chita, Russia)
Vyacheslav N. Mitrofanov – Cand. Sci. (Med.) (Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia)
Valery Yu. Murylev – Dr. Sci. (Med.), Professor (Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia)
Javad Parvizi – MD, Professor (Rothman Institute, Philadelphia, USA)
Carsten Perka – MD, Professor (Charité – University Medicine, Berlin, Germany)
Dmitry A. Ptashnikov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Sergey O. Ryabykh – Dr. Sci. (Med.) (Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)
Andrey P. Sereda – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Leonid N. Solomin – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Marc Thomsen – MD, Professor (Mittelbaden Clinics Baden-Baden Balg, Baden-Baden, Germany)
Vladimir V. Khominets – Dr. Sci. (Med.), Professor (Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia)
Robert Hube – MD, Professor (Center of Arthroplasty, Munich, Germany)

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://journal.rniito.org>. Permissions to reproduce material must be obtained in writing to the publisher and retained in order to confirm the legality of using reproduced materials.



СОДЕРЖАНИЕ

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сараев А.В., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Шубняков М.И., Демин А.С., Столяров А.А., Середа А.П. Артроскопическая менискэктомия у больных гонартрозом: разрыв между доказательной медициной и мнением практикующего специалиста.....	5
Зыкин А.А., Герасимов С.А., Горбатов Р.О., Илларионова Т.В. Результаты ревизионного эндопротезирования коленного сустава с применением индивидуальных имплантатов	21
Митрофанов В.Н., Королёв С.Б., Преснов Д.В., Комаров Р.Н., Акулов М.М. Результаты применения артикулирующего спейсера при лечении перипротезной инфекции коленного сустава....	31
Новаков В.Б., Новакова О.Н., Чурносов М.И. Связь полиморфизма генов <i>LYPLAL1</i> и <i>TGFA</i> с прогрессированием остеоартроза коленного сустава у жителей Центрального Черноземья России	42
Богопольский О.Е., Трачук П.А., Специальный Д.В., Середа А.П., Тихилов Р.М. Результаты артроскопического лечения фемороацетабулярного импинджмента.....	54
Пронских А.А., Романова С.В., Лукинов В.Л., Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Корыткин А.А., Павлов В.В. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины.....	66
Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю. Оценка травматичности хирургических доступов при выполнении тройной остеотомии таза у детей с диспластической нестабильностью тазобедренного сустава	79
Барсуков Д.Б., Бортулёв П.И., Басков В.Е., Поздникин И.Ю., Мурашко Т.В., Баскаева Т.В. Тактика хирургического лечения пациентов с юношеским эпифизолизом головки бедренной кости при хроническом смещении эпифиза легкой степени.....	90
Кольцов А.А., Аксёнов А.Ю., Джомардлы Э.И. Сравнительная характеристика кинематических параметров ходьбы детей с ДЦП в зависимости от типа фиксации стопы и голеностопного сустава.....	102

Медведчиков А.Е., Анастасиева Е.А., Корыткин А.А., Лукинов В.Л., Кирилова И.А. Результаты консервативного и хирургического лечения пациентов с разрывом дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча	114
Лычагин А.В., Богатов В.Б., Целищева Е.Ю., Музыченко А.В. Результаты лечения адгезивного капсулита плечевого сустава с применением обогащенной тромбоцитами плазмы и нуклеотидных препаратов: сравнительное исследование	126
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
Хоминец В.В., Михайлов С.В., Жумагазиев С.Е., Щукин А.В., Иванов Д.В. Сравнительный биомеханический анализ способов артрорезирования голеностопного сустава: экспериментальное исследование	136
Салихов М.Р., Мидаев А.И., Фомин Н.Ф. Безопасные артроскопические доступы к локтевому суставу при эпикондилитах: топографо-анатомическое обоснование.....	148
Косимов А.А., Ходжанов И.Ю., Кононович Н.А. Гемодинамика и температура тканей в области сращения первичного и повторного переломов длинных костей: эксперимент <i>in vivo</i>	159
КОММЕНТАРИИ	
Мироманов А.М. К вопросу о репаративной регенерации у детей <i>Редакционный комментарий к статье А.А. Косимова с соавторами «Гемодинамика и температура тканей в области сращения первичного и повторного перелома длинных костей: эксперимент in vivo».....</i>	170
ОБЗОРЫ	
Середа А.П., Шубняков И.И., Джавадов А.А., Маметов М.В., Тихилов Р.М. Экономика эндопротезирования тазобедренного сустава: обзор литературы	175
Волкова Ю.С., Родоманова Л.А. Современное состояние проблемы лечения повреждений типа "mallet finger": обзор литературы.....	183
ЮБИЛЕИ	
Хоминец Владимир Васильевич К 60-летию со дня рождения.....	193
Родоманова Любовь Анатольевна К 65-летию со дня рождения.....	195

CONTENTS

CLINICAL STUDIES

Saraev A.V., Kornilov N.N., Kuliaba T.A., Shubnyakov M.I., Demin A.S., Stolyarov A.A., Sereda A.P. Arthroscopic Meniscectomy for Knee Osteoarthritis: the Gap Between Evidence Based Medicine and Expert Opinion	5
Zykin A.A., Gerasimov S.A., Gorbatov R.O., Illarionova T.V. Results of Revision Knee Arthroplasty With Individual Implants	21
Mitrofanov V.N., Korolev S.B., Presnov D.V., Komarov R.N., Akulov M.M. Results of the Articular Spacer Application in Treatment of Knee Periprosthetic Infection.....	31
Novakov V.B., Novakova O.N., Churnosov M.I. Polymorphism of <i>LYPLAL1</i> and <i>TGFA</i> Genes Associated With Progression of Knee Osteoarthritis in Residents Central Chernozem Region of Russia	42
Bogopolskiy O.E., Trachuk P.A., Spetsialnyi D.V., Sereda A.P., Tikhilov R.M. Results of Arthroscopic Treatment for Femoroacetabular Impingement	54
Pronskikh A.A., Romanova S.V., Lukinov V.L., Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Korytkin A.A., Pavlov V.V. Total Hip Arthroplasty in Patients With Post-Traumatic Bone Defects and Acetabular Deformities	66
Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Barsukov D.B., Pozdnykin I.Yu. Surgical Approaches for Triple Pelvic Osteotomy in Children With Hip Dysplastic Instability: Assessment of Muscle Damage.....	79
Barsukov D.B., Bortulev P.I., Baskov V.E., Pozdnykin I.Yu., Murashko T.V., Baskaeva T.V. Tactics of Surgical Treatment of Slipped Capital Femoral Epiphysis Associated With Mild Chronic Epiphyseal Displacement.....	90
Koltsov A.A., Aksenov A.Yu., Dzhomardly E.I. Kinematic Comparison of Orthopedic Shoes and Ankle-Foot Orthoses in Children With Cerebral Palsy	102

Medvedchikov A.E., Anastasieva E.A., Korytkin A.A., Lukinov V.L., Kirilova I.A. Biceps Brachii Distal Tendon Ruptures: Conservative and Surgical Treatment Outcomes.....	114
Lychagin A.V., Bogatov V.B., Tselishcheva E.Yu., Muzychenkov A.V. Results of Shoulder Adhesive Capsulitis Treatment With the Use of Platelet Rich Plasma and Nucleotide Drugs: A Comparative Study	126

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES

Khominets V.V., Mikhailov S.V., Zhumagaziev S.E., Shchukin A.V., Ivanov D.V. Comparative Biomechanical Analysis of Ankle Arthrodesis Techniques: Experimental Study	136
Salikhov M.R., Midaev A.I., Fomin N.F. Safe Arthroscopic Approaches for Epicondylitis: Topographic-Anatomical Study.....	148
Kosimov A.A., Khodzhanov I.Yu., Kononovich N.A. Hemodynamics and Tissue Temperature in Bone Union Area of Long Bones Primary Fractures and Refractures: <i>in vivo</i> Experiment	159

COMMENTS

Miromanov A.M. To the Question of Reparative Regeneration in Children <i>Editorial Comment on the Article by A.A. Kosimov et al. "Hemodynamics and Tissue Temperature in Bone Union Area of Long Bones Primary Fractures and Refractures: in vivo Experiment"</i>	170
--	-----

REVIEWS

Sereda A.P., Shubnyakov I.I., Dzhavadov A.A., Mametov M.V., Tikhilov R.M. Economics of Total Hip Arthroplasty: Review	175
Volkova Yu.S., Rodomanova L.A. Management of Mallet Finger: Current Status (Review).....	183

JUBILEES

Vladimir V. Khominets 60 th Anniversary of the Birth	193
Liubov A. Rodomanova 65 th Anniversary of the Birth	195



Артроскопическая менискэктомия у больных гонартрозом: разрыв между доказательной медициной и мнением практикующего специалиста

А.В. Сараев¹, Н.Н. Корнилов^{1,2}, Т.А. Куляба¹, М.И. Шубняков¹, А.С. Демин¹,
А.А. Столяров⁴, А.П. Середа^{1,3}

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им Р.Р. Вредена»,
г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»,
г. Санкт-Петербург, Россия

³ Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов
медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», г. Москва, Россия

⁴ ФГБОУ «Ставропольский государственный университет», г. Ставрополь, Россия

Актуальность. Артроскопия многие десятилетия считалась наименее инвазивным из всех существующих хирургических методов лечения больных гонартрозом, однако проведенные в начале XXI в. рандомизированные клинические исследования (РКИ) продемонстрировали бесполезность изолированного лаважа и дебридмента у данной категории пациентов. В отношении частичной менискэктомии при гонартрозе существующая доказательная база остается весьма разнородной, что отражается в противоречивости или неопределенности клинических рекомендаций большинства профессиональных сообществ, посвященных данной проблеме.

Целью исследования стало проведение критического анализа публикаций высокого уровня доказательности и актуальных клинических рекомендаций, посвященных частичной менискэктомии у пациентов с гонартрозом для сравнения с мнением практикующих специалистов по данной проблеме.

Материал и методы. Нами были проанализированы РКИ и метаанализы РКИ в базах данных eLIBRARY и PubMed, а также действующие клинические рекомендации ведущих профессиональных сообществ, посвященные частичной менискэктомии у больных гонартрозом. Для детализации понимания процесса принятия решений в реальной клинической практике и оценки роли мнения эксперта в иерархии доказательной медицины был произведен анонимный опрос 60 практикующих травматологов-ортопедов, специализирующихся на лечении пациентов с данной патологией.

Результаты. Актуальные научные исследования высокого уровня доказательности демонстрируют, что более 2/3 больных гонартрозом с повреждением мениска достигают купирования симптомов в результате комплексного консервативного лечения, поэтому показания к артроскопии при дегенеративных заболеваниях коленного сустава носят весьма ограниченный характер. Большинство действующих клинических рекомендаций склоняются к артроскопической менискэктомии в качестве метода выбора лечения второго уровня после неэффективности неоперативного подхода и только у пациентов с минимальными клинико-рентгенологическими проявлениями гонартроза. В то же время проведенный нами опрос свидетельствует об отсутствии единого мнения о данной проблеме среди практикующих отечественных специалистов.

Заключение. Основываясь на полученных данных, следует констатировать необходимость проведения качественных многоцентровых исследований, которые позволят выявить конкретную группу пациентов с определенным фенотипом гонартроза, у которых артроскопическая менискэктомия может быть эффективной в долгосрочной перспективе, не ускоряя прогрессирование заболевания с последующей необходимостью эндопротезирования.

Ключевые слова: гонартроз, остеоартрит, коленный сустав, артроскопия, дегенеративный разрыв мениска, резекция мениска.

Сараев А.В., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Шубняков М.И., Демин А.С., Столяров А.А., Середа А.П. Артроскопическая менискэктомия у больных гонартрозом: разрыв между доказательной медициной и мнением практикующего специалиста. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):5-20. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2019>.

✉ Сараев Александр Викторович; e-mail: saraev@drkoleno.ru

Рукопись получена: 30.10.2022. Рукопись одобрена: 05.12.2022. Статья опубликована: 16.12.2022.

© Сараев А.В., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Шубняков М.И., Демин А.С., Столяров А.А., Середа А.П., 2022



Arthroscopic Meniscectomy for Knee Osteoarthritis: the Gap Between Evidence Based Medicine and Expert Opinion

Aleksandr V. Saraev¹, Nikolai N. Kornilov^{1,2}, Taras A. Kuliaba¹, Maxim I. Shubnyakov¹, Aleksandr S. Demin¹, Aleksey A. Stolyarov⁴, Andrei P. Sereda^{1,3}

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia

³ Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

⁴ Stavropol State University, Stavropol, Russia

Background. For many decades arthroscopy considered to be the least invasive procedure among all surgical interventions for treatment of knee osteoarthritis (OA). In the beginning of XXI century several randomized clinical studies (RCS) demonstrated inefficiency of lavage and debridement for knee OA. The evidence regarding partial meniscectomy for this category of patients remained uncertain. Therefore the published clinical guidelines are either controversial or inconclusive.

The aim of this study was to critically review the current RCS and meta-analyses of RCS as well as actual clinical guidelines of international orthopedic societies and compare them to expert opinions.

Methods. We searched PubMed and eLIBRARY databases for high evidence research and analyzed the current clinical guidelines dedicated to partial meniscectomy for knee OA. Sixty orthopedic surgeons specialized in this field interviewed anonymously to clarify the decision making process in real clinical practice.

Results. More than patients with knee 2/3 OA of with degenerative meniscal tear benefit from non-surgical treatment therefore indication for arthroscopic partial meniscectomy is limited. The majority of current clinical guidelines consider surgery as an second option if conservative treatment failed and only for non-advanced knee OA. On the contrary experts interview demonstrated the lack of standardized approach as well as a lot of controversies in clinical decision making.

Conclusion. The future research dedicated to partial meniscectomy in knee OA should be appropriately designed to clearly differentiate the sub-population of patient who may benefit from arthroscopy in the long-term without carrying the risk of rapid disease progression with premature conversion to arthroplasty.

Keywords: knee osteoarthritis, arthroscopy, degenerative meniscal tear, meniscectomy.

Cite as: Saraev A.V., Kornilov N.N., Kuliaba T.A., Shubnyakov M.I., Demin A.S., Stolyarov A.A., Sereda A.P. [Arthroscopic Meniscectomy for Knee Osteoarthritis: the Gap Between Evidence Based Medicine and Expert Opinion]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):5-20. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2019>.

✉ Aleksandr V. Saraev; e-mail: saraev@drkoleno.ru

Submitted: 30.10.2022. Accepted: 05.12.2022. Published: 16.12.2022.

© Saraev A.V., Kornilov N.N., Kuliaba T.A., Shubnyakov M.I., Demin A.S., Stolyarov A.A., Sereda A.P., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрит коленного сустава (гонартроз) — весьма распространенное и актуальное как с медицинской, так и социально-экономической точки зрения заболевание: около 25% людей старше 50 лет испытывают боль ввиду дегенеративного поражения коленного сустава [1, 2, 3].

В многочисленных монографиях, рекомендациях и руководствах представлены, как правило, четыре стратегии лечения, которые часто комбинируются:

- консервативное немедикаментозное,
- консервативное медикаментозное,
- инъекционная терапия,
- хирургическое: органосохраняющие и органозамещающие (эндопротезирование) операции.

Мы специально не приводим здесь ссылки на конкретные клинические рекомендации, поскольку они варьируют в точном названии стратегии лечения и составе ее компонентов.

В реальности существует еще и пятая стратегия — стратегия взвешенного наблюдения и разумного решения об операции. Даже не разумного, а хотя бы сколь-нибудь научно обоснованного решения о переходе от нехирургического к оперативному лечению. В профессиональном сообществе все чаще обсуждается именно эта проблема — критериев перехода. Однако мы полностью лишены возможности сослаться хоть на какие-нибудь публикации в этом вопросе, потому что проблема выбора между консервативным и оперативным лечением существует, но исследований на этот счет обнаружить не удается.

Наиболее сложен выбор врача в части безвозвратного эндопротезирования и попытки выполнения суставосохраняющей операции (корректирующая остеотомия, артроскопия). Абсолютно понятно желание хирурга сохранить сустав и выполнить, например, артроскопию. Но помогает ли артроскопия при остеоартрите коленного сустава?

Артроскопическая попытка помочь пациенту с остеоартритом коленного сустава включает в себя лаваж, дебридмент (с лаважем) и/или частичную менискэктомию. В этой статье мы попытаемся провести критический анализ существующей доказательной базы и актуальных рекомендаций именно по частичной менискэктомии как более проблемной, так как неэффективность изолированного лаважа и дебридмента в профессиональной среде травматологов-ортопедов практически не вызывает сомнений [3].

Нами были проанализированы РКИ и метаанализы РКИ в базах данных eLIBRARY и PubMed, а также действующие клинические рекомендации ведущих профессиональных сообществ, посвященные частичной менискэктомии у больных гонартрозом.

Дегенеративное заболевание коленного сустава

Традиционно к остеоартриту подходят как к рентгенологическому диагнозу, отождествляя остеоартроз или остеоартрит с дегенеративным заболеванием. Впервые этот термин именно в таком понимании (синонимичность дегенеративного заболевания и рентгенологического артроза) предложили J. Puranen и H. Rönty в 1978 г. [4].

Однако развитие магнитно-резонансной томографии (МРТ) и артроскопии меняет эту парадигму: существует именно дегенеративное заболевание коленного сустава, которое может и не иметь рентгенологическую форму. Нельзя сказать, что «дорентгенологическая» форма артроза обязательно переходит в «рентгенологическую» — в клинической практике весьма часто встречаются пациенты преклонного возраста с дегенеративными повреждениями мягкотканых структур без каких-либо рентгенологических изменений в коленном суставе. В этом аспекте мы абсолютно согласны с мнением R.A.C. Siemieniuk с соавторами [2] о том, что корректнее выделять две формы (но не стадии) дегенеративного заболевания коленного сустава:

- без признаков остеоартрита,
- с признаками остеоартрита.

Дегенеративное заболевание коленного сустава — инклюзивный термин, понимание которого важно для принятия решения о попытке артроскопической помощи. Этот «диагноз» применим для пациентов старше 35–40 лет с болью в коленном суставе с или без (по R.A.C. Siemieniuk с соавторами [2] с изменениями и дополнениями):

- острым и подострым началом болей;
- признаками остеоартрита при визуализационных обследованиях, в первую очередь рентгенологических;
- повреждениями менисков нетравматического или малотравматического генеза;
- механическими симптомами (подзаклинивания, болезненные щелчки) за исключением объективного блока коленного сустава при «больших» повреждениях (разрывы мениска по типу «ручки лейки», блок сустава культей при значительном разрыве мениска или культей передней крестообразной связки и т.д.).

Большинство пациентов с дегенеративным заболеванием коленного сустава имеют как минимум один из перечисленных выше критериев [5]. Термин дегенеративного заболевания коленного сустава, на наш взгляд, малоприменим к пациентам с острым началом симптомов после адекватной травмы вне зависимости от их возраста.

Рекомендации профессиональных сообществ по частичной менискэктомии при дегенеративном заболевании коленного сустава

На вершине доказательной пирамиды находятся метаанализы [6], на основе которых и формулируются гайдлайны или клинические рекомендации. В нашей стране в соответствии с законодательством клинические рекомендации уже практически обязательны к исполнению, в то время как во многих других странах врач гораздо более свободен в выборе лечения. Например, К.Р. Меуарран с соавторами изучили вопрос о том, как строго ортопеды США в своей практике соблюдают рекомендации AAOS [7]. При анализе 1096 визитов пациентов с первичным остеоартритом к ортопедам оказалось, что:

- при первом обращении (впервые установленный диагноз) назначенное лечение соответствовало рекомендациям AAOS в 65% случаев;
 - у обратившихся пациентов к этому врачу в первый раз, но ранее уже получавших терапию, — в 60%;
 - у повторных пациентов — всего лишь в 40%.
- Артроскопические попытки помочь пациентам с остеоартритом были весьма распространены в XX в., но спорность результатов и появление тех или иных гайдлайнов, не рекомендующих артро-

скопию при остеоартрите, в последние два десятилетия стали уменьшать хирургическую активность. Например, в первом шведском национальном руководстве 2012 г. появилась рекомендация о неэффективности артроскопии при остеоартрите коленного сустава [8]. Оказалось, что число артроскопий в Швеции в течение двух лет после выхода данных рекомендаций уменьшилось на 28,6% при остеоартрите и на 34,7% при дегенеративных повреждениях мениска [9].

Однако в разных гайдлайнах формулировки по поводу артроскопии несколько варьируют, и в ряде случаев, чаще при рентгенологически недоказанном остеоартрите, артроскопия, особенно частичная менискэктомия, при дегенеративном заболевании коленного сустава допускается.

В 2021 г. вышла очередная, третья редакция клинических рекомендаций AAOS по лечению остеоартрита [10] которая вызвала некоторое удивление и вместе с интересной критикой S.S. Leopold [11] побудила нас написать эту статью.

Таблица 1 содержит эволюцию рекомендаций AAOS по артроскопии при остеоартрите. Остальные рекомендации мы не включили в эту таблицу специально, поскольку пристальный анализ рекомендаций AAOS и ряда других гайдлайнов (см. ниже) выявил некоторую бессмысленность сведения рекомендаций в единую таблицу.

Таблица 1

Эволюция рекомендаций AAOS по артроскопии при остеоартрите (с ориентацией в сторону частичной менискэктомии, а не лаважа/дебридмента — такая детализация была во второй и третьей редакциях гайдлайна)

1-я редакция, 2008 [12]	Артроскопическая частичная менискэктомия или удаление суставной мыши — опция у пациентов с симптоматическим остеоартритом, у которых также имеются признаки разорванного мениска и/или свободного внутрисуставного тела Уровень доказательности — V. Степень рекомендации — C
2-я редакция, 2013 [13]	Мы не можем рекомендовать или не рекомендовать артроскопическую частичную менискэктомию у пациентов с остеоартритом с разрывом мениска Сила рекомендации — неубедительная
3-я редакция, 2021 [10]	Артроскопическая частичная менискэктомия может использоваться для лечения разрывов менисков у пациентов с конкомитантным остеоартритом, которые не получили эффекта от физиотерапии или другого нехирургического лечения Сила рекомендации — умеренная

Итак, другими словами, эволюция рекомендаций AAOS выглядит следующим образом: сначала «иногда да», затем — «нельзя сказать», потом «иногда да, если не помогла консервативная тактика». При этом в третьем случае «иногда» не такое, как в первом, и добавилось утверждение о «после неэффективной консервативной стратегии».

Проведенный нами анализ показал целый ряд важных особенностей, понимание которых, как нам кажется, очень важно для практического врача, интерпретирующего рекомендации и принимаю-

щего вместе со своим пациентом непосредственное решение об операции.

В первой редакции гайдлайна AAOS (2008) рекомендация была не обоснована никакими исследованиями и являлась исключительно экспертным мнением. Как отмечают сами авторы: «Нет исследований, изучавших пользу артроскопической парциальной менискэктомии и/или удаления свободного внутрисуставного тела у пациентов с первичным диагнозом разрыва мениска и/или свободного внутрисуставного тела и вторичным диагнозом остеоартрита...» [12].

Во второй редакции гайдлайна AAOS (2013) рекомендация базировалась только на одном исследовании S. Herrlin с соавторами [14]. Это исследование было опубликовано еще в 2007 г., так что совершенно непонятно, почему оно было проигнорировано авторами первой редакции 2008 г. Ведь никакой трудоемкий метаанализ на основании одной работы не нужен, и включить в таком случае единственную публикацию в обоснование заняло бы буквально несколько минут. В своей работе S. Herrlin с соавторами при анализе 90 пациентов обнаружили, что артроскопическая парциальная менискэктомия при дегенеративном разрыве с послеоперационными упражнениями по эффективности ничем не отличается от консервативного лечения (упражнения) [14]. Стоит отметить, что в исследовании очень много пациентов было потеряно для наблюдения. Формулировка гайдлайна AAOS 2013 г. не давала практическому врачу информации о том, какая стратегия (консервативная или артроскопическая менискэктомия) предпочтительнее [13]. Фактически врачи воспринимали эти стратегии как равные, хотя имевшаяся к тому моменту доказательная база должна была бы склонять к отказу от артроскопии.

Чуть позже вышли другие качественные работы, показавшие равную эффективность артроскопии и консервативной тактики [14, 15, 16, 17, 18]. Были и другие исследования, правда, чуть худшего качества, не позволявшие включить их в рассмотрение экспертами последующих гайдлайнов, но тем не менее аналогично не показавших преимуществ артроскопии [19, 20, 21].

В связи с накапливающейся доказательной базой в 2017 г. в профессиональном сообществе появились обоснованные призывы обновить рекомендации AAOS, изменив формулировку на более конкретную и дающую врачам более четкое понимание бесполезности артроскопии [22]. И вот в 2021 г. вышла третья редакция гайдлайна AAOS [10]. Рекомендация в части частичной менискэктомии уже базировалась на трех исследованиях. Помимо уже упомянутой работы 2007 г. S. Herrlin с соавторами [14], это были публикации J.N. Katz с соавторами 2013 г. [15] и V.A. van de Graaf с соавторами 2018 г. [16].

J.N. Katz с соавторами провели многоцентровое РКИ симптоматических пациентов 45 лет и старше с разрывами менисков и признаками умеренно- и средневыраженного гонартроза. Сравнивались частичная менискэктомия и стандартная консервативная физиотерапия/упражнения. Оказалось, что при intention-to-treat (ITT) анализе (пациент анализируется в той группе, в которую он попал изначально при рандомизации, даже если пациенту из консервативной группы потом была выполнена операция) через 6 и 12 мес. не было достоверных

различий по функциональным исходам. Однако 30% пациентов из группы консервативного лечения были прооперированы в связи с неэффективностью консервативной тактики [15].

V.A. van de Graaf с соавторами выполнили аналогичное многоцентровое РКИ. Критериями исключения являлись: блокада сустава, операции в анамнезе, нестабильность из-за повреждения крестообразных связок, тяжелый гонартроз (4-я стадия по Kellgren–Lawrence) и ИМТ >35 кг/м². Различий между группами также не было обнаружено. В группе консервативного лечения в связи с неэффективностью 29% пациентов была выполнена частичная менискэктомия в периоде наблюдения до 24 мес. [16].

Таким образом, все три исследования не показали разницы между консервативной тактикой и парциальной менискэктомией. Однако эксперты AAOS сформулировали свою рекомендацию, как вполне допускающую частичную менискэктомию [10] (см. табл. 1). Это несколько удивительно.

Кроме того, не совсем понятен тот факт, что эксперты AAOS сформулировали возможность артроскопической менискэктомии после неэффективной консервативной тактики: в настоящее время не существует исследований, в которых бы изучалась эффективность артроскопии после неудачной консервативной тактики. При всей внешней логичности такой постановки вопроса о последовательной смене стратегии на самом деле нужно думать о том, что есть пациенты, у которых артроскопическая менискэктомия была показана изначально, т.е. это не пациенты с остеоартритом, а пациенты с изолированным дегенеративным разрывом мениска без костного остеоартрита. Критерии включения в описанных выше исследованиях не проводят эту границу четко либо не проводят вообще [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Пожалуй, единственная работа, которая показала эффективность артроскопии при остеоартрите, — это публикация H. Gauffin с соавторами [23]. Авторы сравнивали группы «частичная резекция + физиотерапия» и «физиотерапия». Однако критерием включения пациентов являлось наличие механических симптомов и 0 стадия остеоартрита по Ahlbäck (в гайдлайне ESSKA 2017 [24] ошибочно указано, что критерием включения была стадия по Kellgren–Lawrence ≤ 2). Это весьма важная ремарка, поскольку, опять же, это пациенты, подходящие для артроскопии при остеоартрите, который на самом деле не костный остеоартрит, а дегенеративное заболевание коленного сустава с дегенеративным разрывом.

S.S. Leopold считает, что новая редакция гайдлайна AAOS, разрешающая артроскопию при остеоартрите — это шаг в неправильном направлении, а формулировка о применении артроско-

пии после безуспешного консервативного лечения имеет этические проблемы [11]. При этом ни гайдлайн AAOS 2021 г. [10], ни S.S. Leopold [11] не упоминают работу Н. Gauffin с соавторами [23]. Мы склонны думать, что артроскопия не показана при остеоартрите, но необходимо выделять пациентов с дегенеративным заболеванием коленного сустава и механическими симптомами, у которых артроскопия может быть показана, а не группу больных гонартрозом и механическими симптомами, у которых подобная органосохраняющая операция несет только риски.

Помимо этого существуют и другие рекомендации: ESSKA (2017) [24], NICE [25], BASK [26], шведские национальные рекомендации [8], позиции ряда профессиональных сообществ Канады [27], Австралии [28] и метаанализы. Мы обнаружили 13 метаанализов [29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41] и еще 6 метаанализов от наших китайских коллег, которые весьма активно публикуют их в последние два-три года [42, 43, 44, 45, 46, 47]. Во всех этих документах существуют разнообразные вариации формулировок.

Тупик доказательной медицины

Активной эре доказательной медицины уже более четверти века. Предполагалось, что на вершине пирамиды будут метаанализы, обобщающие результаты РКИ. В метаанализе есть раздел рекомендаций о последующих научных исследованиях. На практике получается, что в метаанализах всегда присутствует призыв к необходимости дальнейших РКИ, так как имеющихся — мало, а корректных — еще меньше.

Применительно к частичной менискэктомии при остеоартрите все метаанализы основываются на пяти-шести РКИ [14, 15, 16, 17, 18, 23]. Реже авторы включают менее качественные работы, но их тоже немного [19, 20, 21]. Совсем недавно были опубликованы еще два качественных РКИ [48, 49]. Достаточно много публикаций с сообщением о неэффективности артроскопии при остеоартрите в целом, но мы не будем их приводить, так как в них смешаны лаваж/дебридмент и/или частич-

ная менискэктомия. В целом можно отметить, что качественных РКИ по теме меньше десятка, а метаанализов, рекомендующих выполнять больше качественных работ, как минимум 20, если добавить к уже упомянутым метаанализам работу S.R. Bollen с соавторами [50].

Не может быть устойчивой пирамида доказательной медицины, если ее вершина больше, чем основание. Если метаанализов в два с лишним раза больше, чем самих РКИ, то это тупик. Качественные работы суммарно включают всего 400–700 пациентов в зависимости от строгости отбора РКИ и критериев включения пациентов.

S.R. Bollen с соавторами говорят о настоящем кошмаре для исследователя, пытающегося сделать метаанализ [50]. Мы согласны с ними, так как небольшое количество РКИ просто не позволяет выделить разных пациентов. В клинике все пациенты разные. Идеального пациента из метаанализа не существует. Если бы РКИ было больше, то мы бы получали более детализированную картину, но этого не происходит: на стройке архитекторов в два раза больше, чем рабочих. А если добавить официальные позиции профессиональных сообществ, гайдлайны, национальные рекомендации, то архитекторов будет больше, чем рабочих как минимум в три-четыре раза. Такая пирамида не может быть устойчивой — она перевернется сама, либо мы будем жить (точнее, уже живем) в королевстве кривых зеркал. А значит, в 2022 г. по-прежнему на вершине доказательной медицины находится личное мнение.

Часто при составлении гайдлайнов одни и те же исследования сначала включаются в рассмотрение экспертами, а в последующей редакции они исключаются [51], либо меняется их сила, как произошло с работой S. Herrlin с соавторами [14] при составлении рекомендаций AAOS.

Часто на конференциях можно увидеть следующий прием: авторы, обосновывая актуальность изучаемой темы, приводят как доказательство увеличивающееся число публикаций по теме. По любой теме. При этом на слайде демонстрируется красивый график числа публикаций по годам в PubMed, устремленный ввысь. К сожалению, этот рост числа публикаций обусловлен не актуальностью, а просто ростом числа публикаций в целом. Чтобы убедиться в этом, достаточно задать любой ключ поиска: будь то дегенеративный мениск, надколенник, остеоартрит коленного сустава, пиявки или гомеопатия (рис. 1).



Рис. 1. Неуклонный рост числа публикаций в PubMed практически по любой тематике

Fig. 1. Exponential increase of publication in PubMed irrespective of research

За последние 10 лет число публикаций по любой теме удвоилось-утроилось. И экспоненциальная тенденция жива. Если, например, в 2000-х гг. для понимания проблемы факторов риска перипротезной инфекции исследователь находил всего 250 работ за десятилетие, то только за два года (2020–2021) таких публикаций было уже 1397, т.е. по две публикации каждый день, включая выходные и праздники. Во многом такой взрывной рост числа публикаций происходит не за счет качественных исследований, РКИ, а за счет сборников, «хищных» журналов и обилия метаанализов. В общем, эта вселенная уже давно живет своей жизнью, и мы не можем на нее влиять. В выдаче результатов поиска нет никакой фильтрации: «показывать только в любимых журналах» или «показывать только в журналах с импакт-фактором выше». Таким образом, вся стратегия развития доказательной медицины и стимуляции публикационной деятельности привела к тому, что в практическом смысле ничего не изменилось по сравнению с концом XX в., его серединой, началом, да даже XIX в.: точно так же успех можно обрести, читая избранный журнал, а во главе — личное мнение.

Впрочем, в последние пять лет действительно появилось что-то совершенно новое, о чем стоит сказать отдельно. Да, личное мнение — сильно, как всегда. Обычно под этим понимают личное мнение эксперта. А эксперт — это врач. Но лечим мы пациента. И пациент — такой же эксперт, чье мнение ничуть не менее важно. R.A.C. Siemieniuk с соавторами выпустили гайдлайн по артроскопии при остеоартрите [2]. Решение принималось панелью экспертов путем голосования. В состав панели экспертов с равной силой голоса вошло три пациента, которым была выполнена артроскопия при остеоартрите. Рекомендация гайдлайна: артроскопия не рекомендована (рис. 2).

Личное мнение специалистов

Роль личного мнения в иерархии доказательной медицины ничуть не умаляется, а фактически находится на самой вершине пирамиды доказательности, и, чтобы оценить его, нами был разработан оригинальный опросник, состоящий из 7 вопросов, на которые было предложено от 4 до 6 вариантов ответов (табл. 2).

В анонимном опросе приняло участие 46 специалистов, занимающихся артроскопией коленного сустава нашей клиники и 14 слушателей вебинара, посвященного данной тематике, из других медицинских учреждений РФ. Выполняя оценку результатов опроса, нами был выявлен тот факт, что некоторые врачи предпочли отвечать не на все вопросы.

Результаты опроса

Обсуждая показания к артроскопии коленного сустава при гонартрозе (вопрос № 1), большая часть специалистов как нашей клиники, так и из других клиник РФ, склоняется к тому, что показанием является начальная стадия, когда комплексное консервативное лечение неэффективно (рис. 3). На сегодняшний день это соответствует выводам зарубежных руководящих принципов и клиническим рекомендациям РФ [52]. Но при этом надо отметить, что единого мнения на этот счет нет даже среди профессиональных сообществ (табл. 3, 4), хотя исследования последних лет свидетельствуют о том, что исходы консервативного лечения не уступают результатам после артроскопии при гонартрозе [14, 15, 16, 53].

Мнение большинства врачей нашей клиники и других врачей РФ о противопоказаниях к артроскопии при гонартрозе (вопрос № 2) едино и сводится к тому, что у пациентов с полнослойными дефектами хряща на сочленяющихся поверхностях (стадия «кость на кость») с патологическими изменениями в субхондральной кости различной степени выраженности вплоть до остеонекроза, с умеренной деформацией нижней конечности в коленном суставе, подтвержденными рентгенологически или на МРТ, артроскопия не способна продемонстрировать положительный исход (рис. 4, табл. 4).

В XX в. исследователи считали, что эффект от артроскопии при гонартрозе достигается за счет лаважа, удаления нестабильных участков хряща и применения микрофрактуринга и, как видно из результатов опроса на вопрос теста № 3, практически половина опрошенных до сих пор считают точно так же, хотя исследования последних лет убедительно доказывают обратное (рис. 5).

РКИ демонстрируют, что частота артроскопической резекции мениска среди пациентов из групп неоперативного лечения вследствие ее неэффективности составляет лишь 30% и менее, то есть 2/3 больных, которым была рекомендована артроскопическая резекция мениска при гонартрозе, достигают купирования симптомов после комплексного консервативного лечения [15, 16]. Объяснить это можно строением и функцией мениска. Иннервация мениска локализуется только в периферической зоне (паракапсулярная часть). В аваскулярной зоне мениска нервных окончаний нет, следовательно, ее повреждение не приводит к возникновению боли в коленном суставе [54]. Основными функциями мениска являются улучшение конгруэнтности бедренно-большеберцового сочленения и перераспределение/поглощение механических нагрузок, а также стабилизация сустава [55].

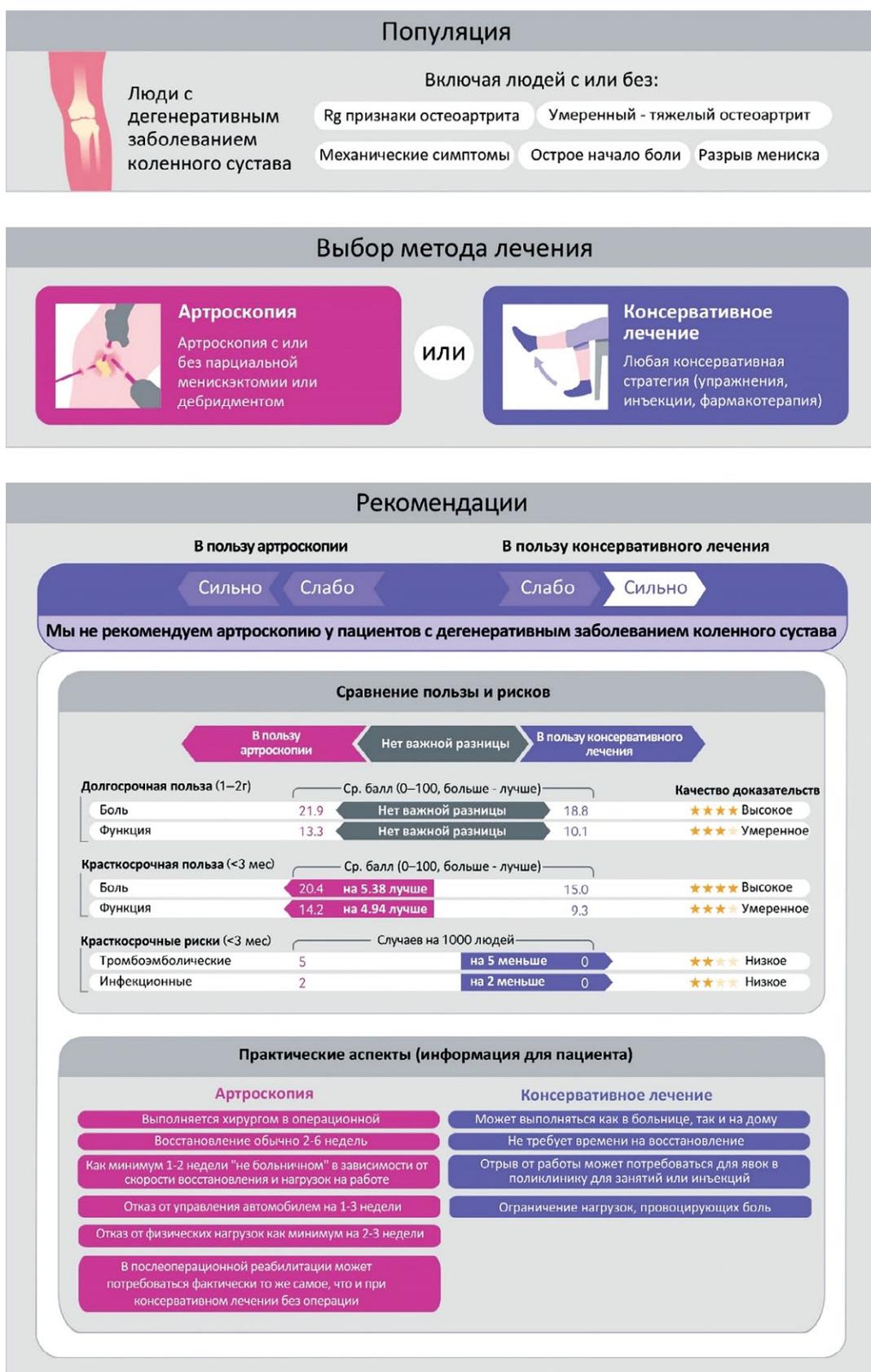


Рис. 2. Рекомендации R.A.C. Siemieniuk с соавторами [2] с русскоязычной адаптацией, изменениями и дополнениями авторов текущей статьи

Fig. 2. Russian adaptation of recommendations from original paper of Siemieniuk et al. [2] with changes and additions of current authors

Таблица 2

Оригинальный опросник

Вопрос	Вариант ответа
1. Показана ли артроскопия больным гонартрозом?	Нет Да, при начальной стадии артроза, когда консервативное лечение неэффективно Да, при начальной стадии артроза, когда консервативное лечение неэффективно и сформировалась умеренная контрактура Да, при любой стадии, если есть механические симптомы/контрактура, а от эндопротезирования пациент отказывается Другое
2. Когда артроскопия при гонартрозе противопоказана?	Стадия «кость-на-кости» Экструзия мениска к периферии Фронтальная деформация конечности более 5° Остеонекроз Перечисленные критерии не имеют значения Никогда, только соматические противопоказания
3. При артроскопии у больных гонартрозом лечебный эффект достигается за счет:	Лаважа (промывания) Удаления нестабильных фрагментов хряща и мениска, остеофитов Обработки обнаженной субхондральной кости Не достигается
4. Если у больного с начальным гонартрозом на МРТ выявляется дегенеративное повреждение мениска Stoller III, то:	Показано консервативное лечение Показана резекция поврежденного участка мениска Показана реконструкция (шов) мениска Решение о тактике с мениском определяется интраоперационно
5. Продолжительность клинического эффекта после артроскопии у больных гонартрозом составляет:	Нисколько 0–3 мес. 3–6 мес. 6–12 мес. Год и более Нет правильного ответа
6. Артроскопия у больных гонартрозом может провоцировать:	Ускорение прогрессирования заболевания Развитие остеонекроза Хронический постхирургический болевой синдром Не провоцирует
7. Что для Вас является определяющим (наиболее важным) в назначении артроскопии пациенту с гонартрозом?	Личный опыт выполнения подобных операций Мнение более опытных коллег Рандомизированные клинические исследования и метаанализы Клинические рекомендации профессиональных сообществ Желание пациента сохранить сустав Ваше желание спасти сустав



Рис. 3. Распределение ответов на вопрос № 1: показана ли артроскопия больным гонартрозом?

Fig. 3. Distribution of the answers to the question 1: Is arthroscopy indicated in knee OA?

Таблица 3

Мнение ведущих профессиональных сообществ относительно лаважа и дебрідмента при остеоартрите коленного сустава

Сообщество	Лаваж или дебрідмент		
	Рентгенологически подтвержденный OA	Рентгенологически не подтвержденный OA	Механические симптомы
ESSKA	Против	За	За
AAOS	Против	Возможно	Возможно
AOA	Против	no comments	no comments
NICE	Против	Против	За
РФ	Против	Возможно	Возможно

ESSKA — European Society for Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy [24]; AAOS — American Academy of Orthopaedic Surgeons [10]; AOA — Australian Orthopaedic Association [28]; NICE — National Institute of Health and Care Excellence [25]; РФ — Российская Федерация [52]; За — явное утверждение, что артроскопия показана этим пациентам; Против — явное утверждение, что артроскопия не показана этим пациентам; Возможно — артроскопия рекомендована по отдельным показаниям.

Таблица 4

Рекомендации ведущих ортопедических сообществ по выполнению менискэктомии при остеоартрите коленного сустава

Сообщество	Менискэктомия	
	Доказанный OA	Недоказанный OA
ESSKA	Против	За
AAOS	Возможно	Возможно
AOA	Против	За
NICE	no comments	no comments
РФ	Против	Возможно

ESSKA — European Society for Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy [24]; AAOS — American Academy of Orthopaedic Surgeons [10]; AOA — Australian Orthopaedic Association [28]; NICE — National Institute of Health and Care Excellence [25]; РФ — Российская Федерация [52]; За — явное утверждение, что артроскопия показана этим пациентам; Против — явное утверждение, что артроскопия не показана этим пациентам; Возможно — возможная поддержка артроскопии в определенных условиях.



Рис. 4. Распределение ответов на вопрос № 2: когда артроскопия при гонартрозе противопоказана?

Fig. 4. Distribution of the answers to the question 2: When arthroscopy is contraindicated in knee OA?

Рис. 5. Распределение ответов на вопрос № 3: при артроскопии у больных гонартрозом лечебный эффект достигается за счет...

Fig. 5. Distribution of the answers to the question 3: The clinical effect after arthroscopy in knee OA develops due to ...

Механизм возникновения боли в коленном суставе при повреждении мениска понятен, если оно распространяется до капсулы (рис. 6).

Происходит нарушение целостности циркулярных волокон мениска, которые удерживают его между бедренно-большеберцовым сочленением. Это приводит к его экструзии кнаружи (выдавливание мениска) и вследствие этого к увеличению механической нагрузки на хрящ и субхондральную кость, что в свою очередь приводит к возникновению боли [56, 57].

Поэтому консервативное лечение дегенеративных разрывов мениска оказывает клинический эффект за счет уменьшения перегрузки

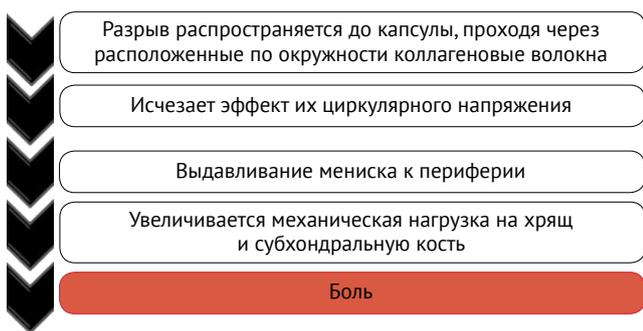


Рис. 6. Механизм появления боли в коленном суставе при повреждении мениска

Fig. 6. Pain pathway after meniscus degenerative tear

субхондральной кости путем улучшения функционального состояния мышц нижней конечности и снижения воспаления после приема НПВП. Как видно из ответов на вопрос № 4, 50% участников из медицинских учреждений РФ считают так же, в отличие от сотрудников нашей клиники, которые все-таки склоняются к резекции поврежденной аваскулярной части мениска, вероятно, руководствуясь рекомендациями профессиональных сообществ, которые обсуждались нами ранее (рис. 7).

Широкая разнородность мнений была продемонстрирована при ответе на вопрос №5 о потенциальной продолжительности клинического эффекта после артроскопии у больных гонартрозом (рис. 8). Большинство исследователей склоняется к тому, что если больной гонартрозом и испытывает улучшение после артроскопии, то продолжается оно не более 3 мес. Видно, что по личному опыту каждого из респондентов стабильного эффекта от артроскопического лечения гонартроза также не наблюдалось, т.е. были как пациенты, у которых эффект отсутствовал полностью, так и те, у которых он сохранялся в течение нескольких месяцев или даже более года. Открытым в этом случае остается вопрос, насколько детализированно отслеживали опрошенные врачи результаты артроскопии у больных гонартрозом и пользовались ли они какими-либо инструментами оценки функции коленного сустава (субъективные и объективные шкалы, рентгенография, МРТ и т.п.), что является обязательным при проведении научных исследований.

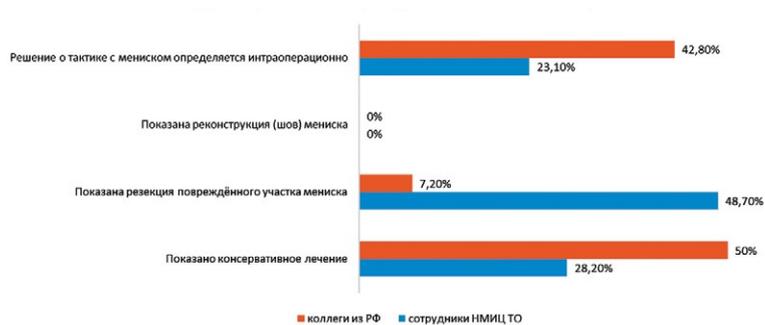


Рис. 7. Распределение ответов на вопрос № 4: если у больного с начальным гонартрозом на МРТ выявляется дегенеративное повреждение мениска Stoller III, то...

Fig. 7. Distribution of the answers to the question 4: If the patient with early OA demonstrates degenerative meniscus tear Stoller type III on MRI, then ...

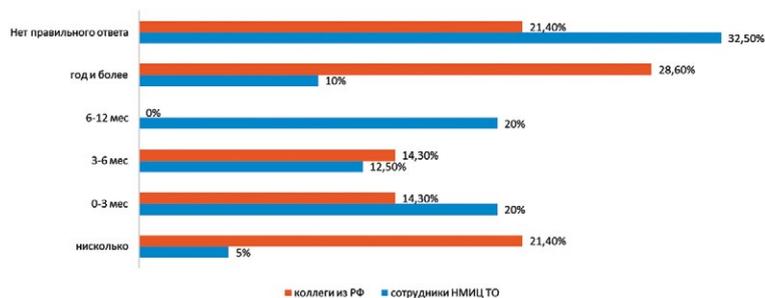


Рис. 8. Распределение ответов на вопрос № 5: продолжительность клинического эффекта после артроскопии у больных гонартрозом составляет...

Fig. 8. Distribution of the answers to the question 5: After knee arthroscopy in OA patient the clinical effect continues...

Практически все опрошенные были единогласны в том, что артроскопия при гонартрозе приводит к ускорению прогрессирования заболевания (вопрос № 6) и может провоцировать остеонекроз мыщелков бедренной и большеберцовой костей, что также доказано научными исследованиями высокого уровня доказательности (рис. 9). В частности, J.N. Katz с соавторами показали, что частота ТЭП в 4,9 раза выше после артроскопии с частичной резекцией мениска [58].

Отвечая на последний, 7-й вопрос, большинство респондентов сошлись в том, что в основе выбора артроскопии должны лежать РКИ и основанные на них рекомендации профессиональных клинических сообществ (рис. 10). Таким образом,

важно использовать МРТ для определения картины повреждения мениска в совокупности с симптомами гонартроза; различать те симптомы, которые не будут улучшены в результате артроскопии, и первоначально лечить консервативно. Выполнение менискэктомия должно рассматриваться, если сохраняются симптомы в течение 3 мес. на фоне продолжающегося консервативного лечения при условии подтвержденного на МРТ повреждения мениска. Также хирургическое лечение показано при разрыве мениска по типу «ручки лейки» и неустраняющейся блокаде коленного сустава. Пациент должен быть информирован о возможных, хоть и редких осложнениях, которые могут возникнуть после артроскопии.

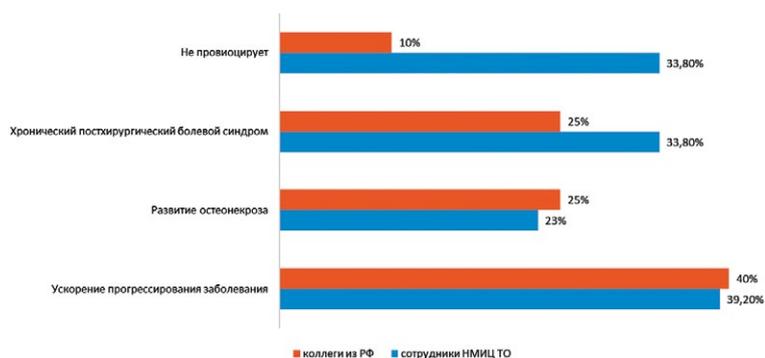


Рис. 9. Распределение ответов на вопрос № 6: артроскопия у больных гонартрозом может провоцировать...

Fig. 9. Results of the vote to the question 6: Arthroscopy in knee OA may leads to development of...

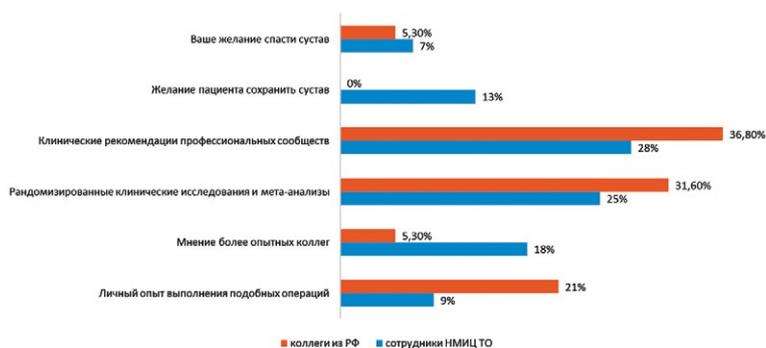


Рис. 10. Распределение ответов на вопрос № 7: что для Вас является определяющим (наиболее важным) в назначении артроскопии пациенту с гонартрозом?

Fig. 10. Distribution of the answers to the question 7: What is the most important when you consider offering arthroscopy to patient with knee OA?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Артроскопия как метод выбора лечения терминального гонартоза исчерпал себя: большинство исследований доказывают неэффективность лаваж, дебридмента, микрофрактуринга субхондральной кости и частичной менискэктомии. Выводы работ, в которых выполнено сравнение результатов консервативного лечения и артроскопии при легко или умеренно выраженном гонартрозе, даже с признаками повреждения или выдавливания мениска по МРТ, указывают на неоднозначную эффективность хирургического подхода. У 2/3 пациентов, которым была рекомендована артроскопическая резекция мениска при начальном гонартрозе, боль купируется после комплексного консервативного лечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Сараев А.В. — поиск публикаций, написание статьи, редактирование статьи, мнение эксперта.

Корнилов Н.Н. — поиск публикаций, редактирование статьи, мнение эксперта.

Куляба Т.А. — редактирование статьи, мнение эксперта.

Шубняков М.И. — статистическая обработка данных.

Демин А.С. — поиск публикаций.

Столяров А.А. — редактирование статьи, мнение эксперта.

Середа А.П. — поиск публикаций, написание статьи, редактирование статьи, мнение эксперта.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

Таким образом, хотя с точки зрения доказательной медицины в настоящее время показания для артроскопии коленного сустава при дегенеративных заболеваниях коленного сустава носят весьма ограниченный характер, проведенный нами опрос свидетельствует об отсутствии единого клинического подхода среди травматологов-ортопедов даже в рамках одной клиники. Поэтому требуется проведение качественных многоцентровых исследований, которые позволят выявить конкретную группу пациентов с определенным фенотипом гонартроза, у которых артроскопия коленного сустава может быть эффективной.

DISCLAIMERS

Author contribution

Saraev A.V. — search for publications, writing an article, editing an article, expert opinion.

Kornilov N.N. — search for publications, editing an article, expert opinion.

Kuliaba T.A. — editing of the article, expert opinion.

Shubnyakov M.I. — statistical data processing.

Demin A.S. — search for publications.

Stolyarov A.A. — editing of the article, expert opinion.

Sereda A.P. — search for publications, writing an article, editing an article, expert opinion.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Turkiewicz A., Gerhardtsson de Verdier M., Engström G., Nilsson P.M., Mellström C., Lohmander L.S. et al. Prevalence of knee pain and knee OA in southern Sweden and the proportion that seeks medical care. *Rheumatology (Oxford)*. 2015;54(5):827-835. doi: 10.1093/rheumatology/keu409.
- Siemieniuk R.A.C., Harris I.A., Agoritsas T., Poolman R.W., Brignardello-Petersen R., Van de Velde S. et al. Arthroscopic surgery for degenerative knee arthritis and meniscal tears: a clinical practice guideline. *BMJ*. 2017;357:j1982. doi: 10.1136/bmj.j1982.
- Сараев А.В., Куляба Т.А., Расулов М.Ш., Корнилов Н.Н. Артроскопия при гонартрозе в XXI веке: систематический обзор актуальных исследований высокого уровня доказательности и рекомендаций профессиональных сообществ. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(4):150-162. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-150-162. Saraev A.V., Kulyaba T.A., Rasulov M.Sh., Kornilov N.N. [Arthroscopy for Knee Osteoarthritis in the XXI Century: a Systematic Review of Current High Quality Researches and Guidelines of Professional Societies]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(4):150-162. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-150-162.
- Puranen J., Rönty H. A new anti-inflammatory drug, proquazone, and ibuprofen in the treatment of degenerative joint disease of the knee (gonarthrosis). A double-blind comparative study. *Scand J Rheumatol Suppl*. 1978;(21):21-24.
- Englund M., Guermazi A., Gale D., Hunter D.J., Aliabadi P., Clancy M. et al. Incidental meniscal findings on knee MRI in middle-aged and elderly persons. *N Engl J Med*. 2008;359(11):1108-1115. doi: 10.1056/NEJMoa0800777.
- Murad M.H., Asi N., Alsawas M., Alahdab F. New evidence pyramid. *Evid Based Med*. 2016;21(4):125-127. doi: 10.1136/ebmed-2016-110401.
- Meiyappan K.P., Cote M.P., Bozic K.J., Halawi M.J. Adherence to the American Academy of Orthopaedic Surgeons Clinical Practice Guidelines for Nonoperative Management of Knee Osteoarthritis. *J Arthroplasty*. 2020;35(2):347-352. doi: 10.1016/j.arth.2019.08.051.
- The National Board of Health and Welfare Nationella riktlinjer för rörelseorganens sjukdomar 2012 (national guideline for musculoskeletal disorders 2012). Sweden, 2012. Available from: <https://www.socialstyrelsen.se/globalassets/sharepoint-dokument/artikelkatalog/nationella-riktlinjer/2012-5-1.pdf>. (Updated 10.01.2022).
- Kiadaliri A., Bergkvist D., Dahlberg L.E., Englund M. Impact of a national guideline on use of knee arthroscopy: An interrupted time-series analysis. *Int J Qual Health Care*. 2019;31(9):G113-G118. doi: 10.1093/intqhc/mzz089.
- American Academy of Orthopaedic Surgeons Management of Osteoarthritis of the Knee (NonArthroplasty) Evidence-Based Clinical Practice Guideline. Available from: <https://www.aaos.org/oak3cpg> Published 08/31/2021. (Updated 10.01.2022).
- Leopold S.S. Editorial: The New AAOS Guidelines on Knee Arthroscopy for Degenerative Meniscus Tears are a Step in the Wrong Direction. *Clin Orthop Relat Res*. 2022;480(1):1-3. doi: 10.1097/CORR.0000000000002068.
- Richmond J., Hunter D., Irrgang J., Jones M.H., Levy B., Marx R. et al. Treatment of osteoarthritis of the knee (nonarthroplasty). *J Am Acad Orthop Surg*. 2009;17(9):591-600. doi: 10.5435/00124635-200909000-00006.
- Jevsevar D.S. Treatment of osteoarthritis of the knee: evidence-based guideline, 2nd edition. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(9):571-576. doi: 10.5435/JAAOS-21-09-571.
- Herrlin S., Hallander M., Wange P., Weidenhielm L., Werner S. Arthroscopic or conservative treatment of degenerative medial meniscal tears: a prospective randomised trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007;15(4):393-401.
- Katz J.N., Brophy R.H., Chaisson C.E., de Chaves L., Cole B.J., Dahm D.L. et al. Surgery versus physical therapy for a meniscal tear and osteoarthritis. *N Engl J Med*. 2013;368(18):1675-1684. doi: 10.1056/NEJMoa1301408.
- van de Graaf V.A., Noorduyn J.C.A., Willigenburg N.W., Butter I.K., de Gast A., Mol B.W. et al. Effect of Early Surgery vs Physical Therapy on Knee Function Among Patients With Nonobstructive Meniscal Tears: The ESCAPE Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2018;320(13):1328-1337. doi: 10.1001/jama.2018.13308.
- Yim J.H., Seon J.K., Song E.K., Choi J.I., Kim M.C., Lee K.B. et al. A comparative study of meniscectomy and nonoperative treatment for degenerative horizontal tears of the medial meniscus. *Am J Sports Med*. 2013;41(7):1565-1570. doi: 10.1177/0363546513488518.
- Sihvonen R., Paavola M., Malmivaara A., Itälä A., Joukainen A., Nurmi H. et al. Arthroscopic partial meniscectomy versus sham surgery for a degenerative meniscal tear. *N Engl J Med*. 2013;369(26):2515-2524. doi: 10.1056/NEJMoa1305189.
- Kise N.J., Risberg M.A., Stensrud S., Ranstam J., Engebretsen L., Roos E.M. Exercise therapy versus arthroscopic partial meniscectomy for degenerative meniscal tear in middle aged patients: randomised controlled trial with two year follow-up. *BMJ*. 2016;354:i3740. doi: 10.1136/bmj.i3740.
- Moseley J.B., O'Malley K., Petersen N.J., Menke T.J., Brody B.A., Kuykendall D.H. et al. A controlled trial of arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med*. 2002;347(2):81-88. doi: 10.1056/NEJMoa013259.
- Vermesan D., Prejbeanu R., Laitin S., Damian G., Deleanu B., Abbinante A. et al. Arthroscopic debridement compared to intra-articular steroids in treating degenerative medial meniscal tears. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2013;17(23):3192-3196.
- Leopold S.S. Guidelines on Arthroscopic Surgery for Degenerative Meniscus Tears Need Updating. *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475(5):1283-1286. doi: 10.1007/s11999-017-5296-7.
- Gauffin H., Tagesson S., Meunier A., Magnusson H., Kvist J. Knee arthroscopic surgery is beneficial to middle-aged patients with meniscal symptoms: A prospective, randomised, single-blinded study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2014;22:1808-1816. doi: 10.1016/j.joca.2014.07.017.
- Beaufils P., Becker R., Kopf S., Englund M., Verdonk R., Ollivier M. et al. Surgical management of degenerative meniscus lesions: the 2016 ESSKA meniscus consensus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(2):335-346. doi: 10.1007/s00167-016-4407-4.
- National Institute for Health and Clinical Excellence. Osteoarthritis: care and management (clinical guideline CG177). 2014. Available from: www.nice.org.uk/guidance/cg177.

26. Price A.J., Haddad F.S., Beard D.J. New guidelines for the use of arthroscopic meniscal knee surgery. *Bone Joint J.* 2019;101-B(6):625-626. doi: 10.1302/0301-620X.101B6.BJJ-2019-0550.
27. Wong I., Hiemstra L., Ayeni O.R., Getgood A., Beavis C., Volesky M. et al. Position Statement of the Arthroscopy Association of Canada (AAC) Concerning Arthroscopy of the Knee Joint-September 2017. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(2):2325967118756597. doi: 10.1177/2325967118756597.
28. Australian Knee Society on Arthroscopic Surgery of the Knee. Position statement from the Australian Knee Society on Arthroscopic Surgery of the Knee, including reference to the presence of osteoarthritis or degenerative joint disease. 2016. Available from: www.kneesociety.org.au/resources/aks-arthroscopy-position-statement.pdf. (Updated 10.01.2022).
29. Thorlund J.B., Juhl C.B., Roos E.M., Lohmander L.S. Arthroscopic surgery for degenerative knee: systematic review and meta-analysis of benefits and harms. *BMJ.* 2015;350:h2747. doi: 10.1136/bmj.h2747.
30. Lien-Iversen T., Morgan D.B., Jensen C., Risberg M.A., Engebretsen L., Viberg B. Does surgery reduce knee osteoarthritis, meniscal injury and subsequent complications compared with non-surgery after ACL rupture with at least 10 years follow-up? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2020;54(10):592-598. doi: 10.1136/bjsports-2019-100765.
31. Palmer J.S., Monk A.P., Hopewell S., Bayliss L.E., Jackson W., Beard D.J. et al. Surgical interventions for symptomatic mild to moderate knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;7(7):CD012128. doi: 10.1002/14651858.CD012128.pub2.
32. Charlesworth J., Fitzpatrick J., Perera N.K.P., Orchard J. Osteoarthritis – a systematic review of long-term safety implications for osteoarthritis of the knee. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):151. doi: 10.1186/s12891-019-2525-0.
33. Karpinski K., Müller-Rath R., Niemeyer P., Angele P., Petersen W. Subgroups of patients with osteoarthritis and medial meniscus tear or crystal arthropathy benefit from arthroscopic treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(3):782-796. doi: 10.1007/s00167-018-5086-0.
34. Liebs T.R., Ziebarth K., Berger S. Randomized Controlled Trials for Arthroscopy in Degenerative Knee Disease: Was Conservative Therapy Appropriately Tried Prior to Arthroscopy? *Arthroscopy.* 2018;34(5):1680-1687.e6. doi: 10.1016/j.arthro.2017.12.016.
35. Brignardello-Petersen R., Guyatt G.H., Buchbinder R., Poolman R.W., Schandelmaier S., Chang Y. et al. Knee arthroscopy versus conservative management in patients with degenerative knee disease: a systematic review. *BMJ Open.* 2017;7(5):e016114. doi: 10.1136/bmjopen-2017-016114.
36. van de Graaf V.A., Wolterbeek N., Mutsaerts E.L., Scholtes V.A., Saris D.B., de Gast A. et al. Arthroscopic Partial Meniscectomy or Conservative Treatment for Nonobstructive Meniscal Tears: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Arthroscopy.* 2016;32(9):1855-1865.e4. doi: 10.1016/j.arthro.2016.05.036.
37. Lamplot J.D., Brophy R.H. The role for arthroscopic partial meniscectomy in knees with degenerative changes: a systematic review. *Bone Joint J.* 2016; 98-B(7):934-938. doi: 10.1302/0301-620X.98B7.37410.
38. Barlow T., Downham C., Griffin D. Arthroscopy in knee osteoarthritis: a systematic review of the literature. *Acta Orthop Belg.* 2015;81(1):1-8.
39. Khan M., Evaniew N., Bedi A., Ayeni O.R., Bhandari M. Arthroscopic surgery for degenerative tears of the meniscus: a systematic review and meta-analysis. *CMAJ.* 2014;186(14):1057-1064. doi: 10.1503/cmaj.140433.
40. Evidence Development and Standards Branch, Health Quality Ontario. Arthroscopic Debridement of the Knee: An Evidence Update. *Ont Health Technol Assess Ser.* 2014;14(13):1-43.
41. Spahn G., Hofmann G.O., Klinger H.M. The effects of arthroscopic joint debridement in the knee osteoarthritis: results of a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(7):1553-1561. doi: 10.1007/s00167-012-2169-1.
42. Lee S.H., Lee O.S., Kim S.T., Lee Y.S. Revisiting Arthroscopic Partial Meniscectomy for Degenerative Tears in Knees With Mild or No Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Clin J Sport Med.* 2020;30(3):195-202. doi: 10.1097/JSM.0000000000000585.
43. Yang X., Liang W., Li J., Liu P. A meta-analysis and systematic review of the therapeutic effects of arthroscopy combined with intra-articular injection of sodium hyaluronate in the treatment of knee osteoarthritis. *Ann Palliat Med.* 2021;10(9):9859-9869. doi: 10.21037/apm-21-2145.
44. Tian J., Wang Z., An J., Dong L. Arthroscopic debridement combined with proximal fibular osteotomy in medial tibial articular genu osteoarthritis treatment: systematic review and meta-analysis. *Ann Palliat Med.* 2021;10(7):7894-7904. doi: 10.21037/apm-21-1381.
45. Ma J., Chen H., Liu A., Cui Y., Ma X. Medical exercise therapy alone versus arthroscopic partial meniscectomy followed by medical exercise therapy for degenerative meniscal tear: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):219. doi: 10.1186/s13018-020-01741-3.
46. Pan H., Zhang P., Zhang Z., Yang Q. Arthroscopic partial meniscectomy combined with medical exercise therapy versus isolated medical exercise therapy for degenerative meniscal tear: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Surg.* 2020;79:222-232. doi: 10.1016/j.ijssu.2020.05.035.
47. Li J., Zhu W., Gao X., Li X. Comparison of Arthroscopic Partial Meniscectomy to Physical Therapy following Degenerative Meniscus Tears: A Systematic Review and Meta-analysis. *Biomed Res Int.* 2020;2020:1709415. doi: 10.1155/2020/1709415.
48. Başar B., Başar G., Büyükkuşçu M.Ö., Başar H. Comparison of physical therapy and arthroscopic partial meniscectomy treatments in degenerative meniscus tears and the effect of combined hyaluronic acid injection with these treatments: A randomized clinical trial. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2021;34(5):767-774. doi: 10.3233/BMR-200284.
49. Sihvonen R., Paavola M., Malmivaara A., Itälä A., Joukainen A., Kalske J. et al. Arthroscopic partial meniscectomy for a degenerative meniscus tear: a 5 year follow-up of the placebo-surgery controlled FIDELITY (Finnish Degenerative Meniscus Lesion Study) trial. *Br J Sports Med.* 2020;54(22):1332-1339. doi: 10.1136/bjsports-2020-102815.
50. Bollen S.R. Is arthroscopy of the knee completely useless? Meta-analysis – a reviewer's nightmare. *Bone Joint J.* 2015;97-B:1591-1592. doi: 10.1302/0301-620X.97B12.37456.

51. Середа А.П. Ацетилсалициловая кислота для профилактики тромбоэмболических осложнений. Реально работает или гримаса доказательной медицины? *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(1):144-154. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-144-154. Sereda A.P. [Acetylsalicylic Acid for Thromboembolism Prophylaxis. Does It Really Work or it's a Grimace of the Evidence-Based Medicine?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(1):144-154. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-144-154.
52. Гонартроз: клинические рекомендации. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667_1 Gonarthrosis: clinical recommendations. Available from: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667_1. (In Russian).
53. Migliorini F., Oliva F., Eschweiler J., Cuozzo F., Hildebrand F., Maffulli N. No evidence in support of arthroscopic partial meniscectomy in adults with degenerative and nonobstructive meniscal symptoms: a level I evidence-based systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022. doi: 10.1007/s00167-022-07040-0. Epub ahead of print.
54. Brian D., Mackenzie W.G., Shim S.S., Leung G. The vascular and nerve supply of the human meniscus. *Arthroscopy*. 1985;1(1):58-62.
55. Bae J.Y., Park K.S., Seon J.K., Kwak D.S., Jeon I., Song E.K. Biomechanical analysis of the effects of medial meniscectomy on degenerative osteoarthritis. *Med Biol Eng Comput.* 2012;50(1):53-60. doi: 10.1007/s11517-011-0840-1.
56. Beaufils P., Becker R., Kopf S., Englund M., Verdonk R., Ollivier M. et al. Surgical Management of Degenerative Meniscus Lesions: The 2016 ESSKA Meniscus Consensus. *Joints*. 2017;5(2):59-69. doi: 10.1055/s-0037-1603813.
57. Krych A.J., Johnson N.R., Mohan R., Dahm D.L., Levy B.A., Stuart M.J. Partial meniscectomy provides no benefit for symptomatic degenerative medial meniscus posterior root tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(4):1117-1122. doi: 10.1007/s00167-017-4454-5.
58. Katz J.N., Shrestha S., Losina E., Jones M.H., Marx R.G., Mandl L.A. et al. Five-Year Outcome of Operative and Nonoperative Management of Meniscal Tear in Persons Older Than Forty-Five Years. *Arthritis Rheumatol.* 2020;72(2):273-281. doi: 10.1002/art.41082.

Сведения об авторах

✉ Сараев Александр Викторович — канд. мед. наук
Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8
<http://orcid.org/0000-0002-9223-6330>
e-mail: saraev@drkoleno.ru

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук
<http://orcid.org/0000-0001-6905-7900>
e-mail: drkornilov@hotmail.com

Куляба Тарас Андреевич — д-р мед. наук
<http://orcid.org/0000-0003-3175-4756>
e-mail: taraskuliaba@mail.ru

Шубняков Максим Игоревич — канд. мед. наук
<http://orcid.org/0000-0002-4774-4272>
e-mail: Drshubnyakov@gmail.com

Демин Александр Сергеевич
<http://orcid.org/0000-0001-9415-0023>
e-mail: demin-medic@mail.ru

Столяров Алексей Александрович — канд. мед. наук
<http://orcid.org/0000-0002-0301-8439>
e-mail: drstolyarov1@gmail.com

Середа Андрей Петрович — д-р мед. наук
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>
e-mail: drsereda@gmail.com

Authors' information

✉ Aleksandr V. Saraev — Cand. Sci. (Med.)
Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia
<http://orcid.org/0000-0002-9223-6330>
e-mail: saraev@drkoleno.ru

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0001-6905-7900>
e-mail: drkornilov@hotmail.com

Taras A. Kuliaba — Dr. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0003-3175-4756>
e-mail: taraskuliaba@mail.ru

Maxim I. Shubnyakov — Cand. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0002-4774-4272>
e-mail: Drshubnyakov@gmail.com

Aleksandr S. Demin
<http://orcid.org/0000-0001-9415-0023>
e-mail: demin-medic@mail.ru

Aleksey A. Stolyarov — Cand. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0002-0301-8439>
e-mail: drstolyarov1@gmail.com

Andrei P. Sereda — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>
e-mail: drsereda@gmail.com



Результаты ревизионного эндопротезирования коленного сустава с применением индивидуальных имплантатов

А.А. Зыкин, С.А. Герасимов, Р.О. Горбатов, Т.В. Илларионова

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России,
г. Нижний Новгород, Россия

Актуальность. Наличие обширных костных дефектов существенно осложняет возможность стабильной фиксации и корректного пространственного позиционирования ревизионных компонентов эндопротеза. Первостепенной задачей ревизионного вмешательства является восполнение объема утраченной костной ткани. Использование современных имплантатов позволяет замещать большие по объему метафизарные дефекты большеберцовой и бедренной костей, включая дефекты костной ткани AORI-типа 2B и 3.

Цель исследования — представить клиничко-рентгенологические результаты оперативного лечения пациентов с обширными костными дефектами (2B и 3 по AORI) проксимального отдела большеберцовой и/или дистального отдела бедренной костей с использованием индивидуально изготовленных имплантатов для ревизионного эндопротезирования коленного сустава.

Материал и методы. Проведено ретроспективное исследование 24 пациентов, которым в период с 2017 по 2021 г. было выполнено ревизионное эндопротезирование с использованием индивидуальных имплантатов (9 бедренных и 18 большеберцовых), изготовленных на 3D-принтере. Дефект типа T3 по классификации AORI диагностирован у 12 больных (50%), T2B — у 6 (25%), дефект F3 — у 1 (4,17%), F2B — у 8 (33,3%). Всем пациентам до операции и через 3, 6, 12 мес. после операции выполнялось анкетирование по международным шкалам VAS, KSS, WOMAC и SF-36.

Результаты. На контрольном осмотре через 12 мес. после операции без дополнительных средств опоры передвигались 9 из 24 пациентов (37,5%), с помощью трости — 10 из 24 (41,7%), костылей — 4 из 24 (16,7%), ходунков — 1 из 24 (4,2%). Перипротезных переломов во время операции и в послеоперационном периоде не зарегистрировано. При оценке функционального состояния коленного сустава отличный результат был зарегистрирован у 45,8% и 33,3%; хороший — у 37,5% и 54,2%; удовлетворительный — у 16,67% и 12,5% по шкалам KSS и WOMAC соответственно. При оценке по шкале VAS отмечалась положительная динамика в виде статистически значимого уменьшения болевого синдрома у всех больных ($p < 0,01$).

Заключение. У всех пациентов в послеоперационном периоде произошло улучшение показателей по SF-36, KSS, WOMAC и VAS. При рентгенологическом исследовании у 23 из 24 больных отсутствовало расшатывание компонентов эндопротеза. У всех пациентов было достигнуто прецизионное соответствие имплантата костному дефекту. Использование индивидуальных имплантатов, изготовленных с помощью аддитивных технологий 3D-печати, в ревизионном эндопротезировании коленного сустава при наличии обширных дефектов костной ткани (2B и 3 по AORI) позволяет выполнить органосохранную операцию без потери статодинамической функции нижней конечности.

Ключевые слова: коленный сустав, ревизионное эндопротезирование, костный дефект, индивидуальный имплантат, аддитивные технологии, 3D-печать.

Зыкин А.А., Герасимов С.А., Горбатов Р.О., Илларионова Т.В. Результаты ревизионного эндопротезирования коленного сустава с применением индивидуальных имплантатов. *Травматология и ортопедия России*. 2022; 28(4):21-30. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1995>.

Илларионова Татьяна Владимировна; e-mail: tatianailarionov4@yandex.ru

Рукопись получена: 08.09.2022. Рукопись одобрена: 05.12.2022. Статья опубликована онлайн: 13.12.2022.

© Зыкин А.А., Герасимов С.А., Горбатов Р.О., Илларионова Т.В., 2022



Results of Revision Knee Arthroplasty With Individual Implants

Andrey A. Zykin, Sergei A. Gerasimov, Roman O. Gorbatov, Tat'yana V. Illarionova

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Background. The presence of extensive bone defects significantly complicates the possibility of stable fixation and correct spatial positioning of the revision endoprosthesis components. The primary task of revision surgery is to restore the lost bone. The use of modern implants makes it possible to replace large metaphyseal defects of the tibia and femur, including AORI type 2B и 3 bone defects.

The aim of the study was to evaluate the long-term results of surgical treatment of patients with extensive bone defects (2B and 3 according to AORI) of the proximal tibia and/or distal femur using custom-made implants for revision knee arthroplasty.

Methods. A retrospective clinical study was performed in 24 patients who underwent revision arthroplasty using individual implants (9 femoral and 18 tibial) made on a 3D printer in the period from 2017 to 2021. T3 defect according to AORI classification was diagnosed in 12 patients (50%), F3 defect — in 1 (4.17%), F2B — in 8 (33.3%), T2B — in 6 (25%). All patients before surgery and 3, 6, 12 months after surgery were surveyed according to the international scales VAS, KSS, WOMAC and SF-36.

Results. At the follow-up examination 12 months after the surgery, 9 out of 24 patients (37.5±10%) walked without additional means of support, 10 out of 24 (41.7±10%) with a cane, 4 out of 24 (16,7±8%), walkers — 1 out of 24 (4.2±10%). There were no periprosthetic fractures during surgery and in the postoperative period. When evaluating the functional state of the knee joint, an excellent result was registered in 45.8±10% and 33.3±10%; good — in 37.5±10% and 54.2±10%; satisfactory — in 16.67±8% and 12.5±7% according to the KSS and WOMAC scales, respectively. When assessed on the VAS scale, there was a positive trend in the form of statistically significant decrease in pain in all patients ($p < 0.01$).

Conclusion. The use of individual implants made using additive 3D printing technologies in revision knee arthroplasty in the presence of extensive bone defects (2B and 3 according to AORI) allows to perform an organ-preserving surgery without loss of the statodynamic function of the lower limb. This study has limitations due to the small sample size. We believe that it is promising to study the long-term results of surgical treatment of patients with extensive bone defects (2B and 3 AORI) of the proximal tibia and /or distal femur using individually manufactured implants for revision knee replacement and a comparative analysis of these results with those using conventional implants.

Keywords: knee, revision arthroplasty, bone defect, individual implant, additive technologies, 3D printing.

Cite as: Zykin A.A., Gerasimov S.A., Gorbatov R.O., Illarionova T.V. [Results of Revision Knee Arthroplasty With Individual Implants]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):21-30. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1995>.

✉ Tat'yana V. Illarionova; e-mail: tatiannaillarionov4@yandex.ru

Submitted: 08.09.2022. Accepted: 05.12.2022. Published Online: 13.12.2022.

© Zykin A.A., Gerasimov S.A., Gorbatov R.O., Illarionova T.V., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является эффективным методом лечения остеоартроза III стадии (по классификации Kellgren–Lawrence) [1]. В США ежегодно выполняется более 400 000 ТЭКС [2]. В связи с ростом количества первичных эндопротезирований коленного сустава (КС) возрастает и число ревизионных вмешательств. Основными их причинами являются перипротезная инфекция (ППИ), асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, его нестабильность, перипротезные переломы, контрактура сустава [3]. ППИ возникает в 0,5–2,0% случаев после первичного ТЭКС и в 15–20% после ревизионного эндопротезирования КС [4].

Двухэтапное ревизионное эндопротезирование является золотым стандартом лечения хронической ППИ [5]. Первый этап включает удаление инфицированных компонентов эндопротеза с последующей обширной санацией нежизнеспособных тканей, радикальную некрэктомию. В результате этих манипуляций формируются дефекты в области дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей [6]. На втором этапе, после купирования инфекционного процесса, выполняется ревизионное эндопротезирование КС с установкой компонентов эндопротеза, позволяющих заместить имеющиеся дефекты костной ткани.

Наличие обширных костных дефектов существенно осложняет возможность стабильной фиксации и корректного пространственного позиционирования ревизионных компонентов эндопротеза. Первостепенной задачей ревизионного вмешательства является восполнение объема утраченной костной ткани [7]. Считается, что для стабильной фиксации и увеличения срока службы эндопротеза необходимо его зафиксировать как минимум в двух анатомических зонах бедренной и большеберцовой костей, что отражено в концепции R. Morgan-Jones [8, 9].

Поиск вариантов замещения утраченной костной ткани продолжается и в настоящее время. На сегодняшний день для замещения костных дефектов используют танталовые конусы, костный цемент, модульные металлические аугменты, ауто- и аллотрансплантаты [10]. Использование современных имплантатов позволяет замещать крупные по объему метафизарные дефекты большеберцовой и бедренной костей, включая повреждения костной ткани типов 2B и 3 по классификации AORI (Anderson Orthopaedic Research Institute) [8, 11, 12].

Однако использование официальных имплантатов имеет значительные ограничения при наличии обширных дефектов костной ткани. Наиболее часто в подобных случаях выполняется

мегапротезирование с заменой проксимального отдела большеберцовой или дистального отдела бедренной кости, артродез или ампутация. С развитием аддитивных технологий появилась возможность создания имплантатов по данным компьютерной томографии (КТ), которые могут быть использованы для замещения костных дефектов практически любой сложности, формы и размеров [10]. 3D-печать позволяет изготавливать имплантаты с учетом индивидуальных особенностей пациента, что способствует улучшению послеоперационных результатов лечения [13].

Таким образом, опираясь на данные зарубежных источников, мы предполагаем, что использование индивидуальных имплантатов позволяет заместить значительный дефицит костной ткани при ревизионном эндопротезировании. В связи с этим нами проведен анализ результатов оперативного лечения пациентов с обширными костными дефектами (типы 2B и 3 по AORI) проксимального отдела большеберцовой и/или дистального отдела бедренной костей с использованием индивидуально изготовленных имплантатов.

Цель — представить клиничко-рентгенологические результаты оперативного лечения пациентов с обширными костными дефектами (2B и 3 по AORI) проксимального отдела большеберцовой и/или дистального отдела бедренной костей с использованием индивидуально изготовленных имплантатов для ревизионного эндопротезирования коленного сустава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено одноцентровое ретроспективное исследование по результатам лечения пациентов в Университетской клинике, в которое вошли 24 пациента, проходившие оперативное лечение по поводу расшатывания спейсера коленного сустава с 2017 по 2021 г.

Критерии включения в исследование: наличие костных дефектов типов 2B и 3 по AORI, расшатывание антибактериального спейсера.

Критерии исключения: наличие признаков декомпенсации тяжелой сопутствующей соматической патологии (гематологических, иммунологических, урогенитальных, эндокринных, психиатрических, сердечно-сосудистых, дермато-венерологических, неврологических и др.).

Всем пациентам было выполнено ревизионное эндопротезирование КС с использованием индивидуальных имплантатов (9 бедренных и 18 большеберцовых), изготовленных на 3D-принтере. Среди них было 20 (83%) женщин и 4 (17%) мужчины в возрасте от 35 до 79 лет (68,5 [62; 73,5]). Операции на правом КС выполнены 10 (42%) больным, на левом — 14 (58%).

Ревизионное вмешательство с использованием индивидуальных имплантатов у 23 (96%) пациентов выполнено по поводу расшатывания антибактериального спейсера, у одного (4%) пациента — асептического расшатывания спейсера на фоне периимплантного перелома. У всех больных были обширные костные дефекты. Их объем и размеры определялись по данным рентгенографии и КТ на этапе предоперационного планирования.

Классификация костных дефектов осуществлялась по AORI [14]. Дефект проксимального отдела большеберцовой кости был выявлен у 15 (62,5%) из 24 пациентов, дистального отдела бедренной кости — у 6 (25%), дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей — у 3 (12,5%). Дефект типа T3 по классификации AORI диагностирован у 12 (50%) больных, T2B — у 6 (25%), дефект F3 — у 1 (4,17%), F2B — у 8 (33,3%).

У пациентов в анамнезе имелось от 1 до 6 (2 [2; 3,5]) предшествующих операций на КС (табл. 1).

Сроки наблюдения пациентов составили от 5 мес. до 4,3 лет после операции (28 [8; 38] мес.). Продолжительность оперативного вмешательства составила 110 [92,5; 143] мин., кровопотеря — 250 [225; 300] мл, послеоперационный койко-день — 7 [5; 10] дней.

Всем пациентам выполнялась рентгенография КС в прямой и боковой проекциях до операции, сразу после операции, через 1,5, 6 и 12 мес. в послеоперационном периоде. Оценка объема движений проводилась на этапе предоперационной подготовки, через 3, 6 и 12 мес. после оперативного вмешательства.

Всем пациентам на этапе предоперационной подготовки проводилась пункция КС с последующим бактериологическим посевом пунктата трехкратно с интервалом 1 месяц.

Таблица 1

Клиническая характеристика пациентов

ID	Возраст, лет	VAS до операции	Тип дефекта	Число предыдущих операций	Причина операции
1	71	8	F3	3	2
2	35	6	T2B	3	1
3	69	4	T3	3	1
4	69	10	T3	2	1
5	65	7	F2B; T2B	3	1
6	72	5	T3	4	1
7	61	8	T2B	2	1
8	67	4	F2B	3	1
9	58	6	F2B	4	1
10	68	6	T3	5	1
11	79	5	T3	5	1
12	67	7	T2B	2	1
13	67	6	T3	2	1
14	76	8	T3	4	1
15	71	7	T2B	2	1
16	77	7	F2B	1	1
17	47	6	T3	6	1
18	75	5	T3	2	1
19	79	6	T3; F2B	2	1
20	70	8	T2B	2	1
21	76	7	T3; F2B	2	1
22	53	6	T3	2	1
23	63	8	F2B	2	1
24	51	7	F2B	2	1
Среднее	66,1	6,2	—	2,8	—

1 — расшатывание антибактериального спейсера коленного сустава; 2 — асептическое расшатывание эндопротеза коленного сустава на фоне периимплантного перелома.

Предоперационное планирование и изготовление имплантата

С целью изготовления индивидуального имплантата на первом этапе выполняли мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) КС с шагом в 1 мм и рентгенографию нижних конечностей на всем протяжении (Full Leg Full Spine — FLFS). После этого создавали трехмерную компьютерную модель коленного сустава. Затем выполняли моделирование поверхности костного дефекта с использованием инструментов сглаживания и обрезки, которые позволяли удалить артефакты и гипертрофические рубцы, визуализирующиеся как костные структуры. Далее осуществляли зеркальное отражение трехмерной

модели проксимального отдела большеберцовой и/или дистального отдела бедренной костей неповрежденного (контралатерального) сустава с последующим ее прецизионным позиционированием на место костного дефекта с целью его замещения. После этого выполняли булеву операцию вычитания с формированием трехмерной модели индивидуального имплантата. Для лучшей остеоинтеграции на поверхности имплантата создавали поры. Далее выполняли топологическую оптимизацию трехмерной модели имплантата с использованием SIMP-метода (рис. 1). Затем имплантат изготавливали на 3D-принтере из сплава титан-алюминий-ванадий (Ti6Al4V) и стерилизовали.

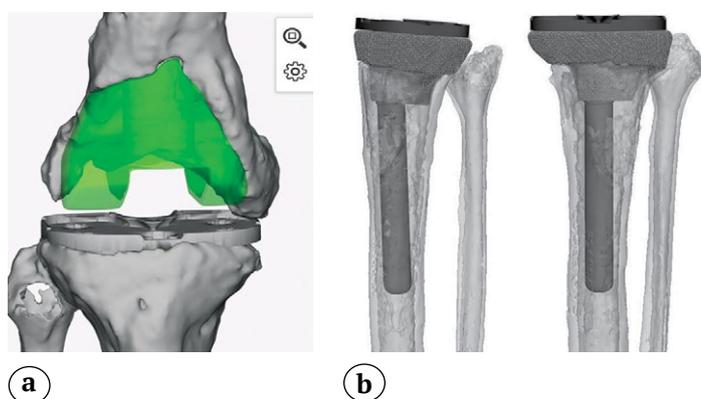


Рис. 1. Этап компьютерного моделирования индивидуального имплантата для замещения костного дефекта дистального отдела бедренной (а) и проксимального отдела большеберцовой (б) костей

Fig. 1. The stage of computer modeling of an individual implant for the replacement of the distal femur (a) and proximal tibia (b) bone defect

Хирургическая техника

Оперативное вмешательство выполняли с применением спинальной анестезии в положении пациента лежа на спине. По старому послеоперационному рубцу осуществляли артротомию КС, удаление компонентов спейсера, краевую моделирующую резекцию и, при необходимости, денервацию надколенника (рис. 2). Затем производили забор синовиальной жидкости, фрагментов мягких тканей из пяти различных участков для исследования в бактериологической лаборатории.

С использованием стандартного набора инструментов выполняли моделирование костного ложа для компонентов полусвязанного или связанного эндопротеза: размер бедренного и большеберцового компонентов подбирали индивидуально, по данным КТ. В зависимости от локализации костного дефекта (проксимальный отдел большеберцовой кости или дистальный отдел бедренной) осуществляли его замещение индивидуальным имплантатом, изготовленным на 3D-принтере (рис. 3).



Рис. 2. Дефекты дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей

Fig. 2. Defects of the distal femur and proximal tibia



Рис. 3. Индивидуальный имплантат, изготовленный на 3D-принтере

Fig. 3. An individual implant made on a 3D printer

Затем производили окончательную установку компонентов эндопротеза на цемент (рис. 4). Для профилактики развития инфекционных осложнений использовали две дозы костного цемента

с добавлением терморезистентных антибиотиков. Затем осуществляли контроль движений, оценку стабильности сустава, послойный шов раны, рентгенографию КС в двух проекциях (рис. 5).

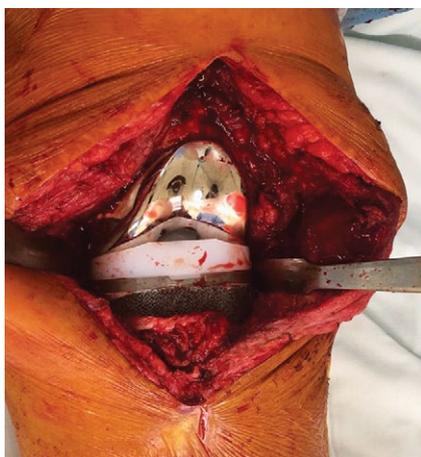


Рис. 4. Установленный индивидуальный имплантат
Fig. 4. The implanted individual endoprosthesis components



Рис. 5. Послеоперационные рентгенограммы правого коленного сустава в прямой и боковой проекциях
Fig. 5. Postoperative X-rays of the right knee in direct and lateral projections

Оценка результатов

У всех пациентов до операции и через 3, 6, 12 мес. после ее выполнения оценивали результаты путем анкетирования по международным шкалам VAS, KSS, WOMAC и SF-36. В опроснике KSS результат оценивали как отличный при сумме баллов от 80 до 100, от 70 до 79 баллов — хороший, от 60 до 69 — удовлетворительный, менее 60 баллов — неудовлетворительный. В анкете WOMAC при сумме баллов от 0 до 14 результат оценивали как отличный, от 15 до 28 баллов — хороший, от 29 до 38 — удовлетворительный, более 38 баллов — неудовлетворительный. В опроснике SF-36 оценивали физический и психологический компоненты здоровья: чем больше балл, тем выше качество жизни.

Послеоперационное ведение пациентов

Всем пациентам в послеоперационном периоде выполняли антибиотикопрофилактику (до операции, во время операции и через 8 ч. после ее завершения) и профилактику тромбоэмболических осложнений (использование антикоагулянтов). Со 2-го дня после операции была разрешена ходьба с частичной опорой на оперированную конечность при помощи костылей. Из стационара пациентов выписывали в сроки от 4 до 14 дней ($7,7 \pm 3,5$). При наличии болевого синдрома им назначали анальгезирующую терапию. Швы снимали через 18–21 день после операции. Через 6 нед. после операции по результатам осмотра и рентгенографии разрешали ходьбу с полной опорой.

Статистический анализ

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft, США). Описательные статистики представляли в виде Me [25p;75p] (где Me — медиана, [25p;75p] — 25-й и 75-й перцентили) и/или относительной величины (%). Сравнение показателей в связанных группах осуществляли с применением критерия Уилкоксона. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В послеоперационном периоде у 23 из 24 пациентов (96%) отсутствовали признаки расшатывания индивидуального имплантата, у одной больной выявлено глубокое нагноение эндопротеза, по поводу которого выполнено ревизионное вмешательство. Во всех случаях достигнуто прецизионное позиционирование компонентов эндопротеза в соответствии с параметрами предоперационного планирования.

На контрольном осмотре через 12 мес. после операции без дополнительных средств опоры передвигались 9 из 24 пациентов (37,5%), с помощью трости — 10 из 24 (41,7%), с использованием костылей — 4 из 24 (16,7%), ходунков — 1 из 24 (4,2%). Перипротезных переломов во время операции и в послеоперационном периоде не было зарегистрировано.

При оценке по шкале KSS через 12 мес. у 11 из 24 (45,8%) пациентов был отличный результат,

у 9 (37,5%) — хороший, у 4 (16,67%) — удовлетворительный. При оценке по шкале WOMAC — у 8 из 24 (33,3%) пациентов был отличный результат, у 13 (54,2%) пациентов — хороший, у 3 (12,5%) — удовлетворительный. При оценке по шкале VAS отмечалась положительная динамика в виде статистически значимого уменьшения болевого синдрома у всех больных ($p < 0,01$).

У всех пациентов по данным анкетирования по шкале SF-36 также была получена положительная динамика как в физическом, так и в психологическом аспектах здоровья ($p < 0,01$) (табл. 2).

У всех больных отмечено увеличение объема движений в оперированном суставе по сравнению с предоперационными показателями ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблица 2

Результаты анкетирования пациентов через 12 мес., Me [25p; 75p]

Шкала		Перед операцией	После операции	<i>p</i>
VAS		6,0 [5,5; 70]	1,0 [0; 2]	0,01
KSS		40 [34; 42]	84 [79; 88]	0,01
WOMAC		50,5 [46,5; 56,5]	17,5 [13; 25]	0,01
SF-36	Физический компонент здоровья	31 [19; 43]	77 [67; 82]	0,01
	Психологический компонент здоровья	43 [34; 50]	91 [87; 93]	0,01

Таблица 3

Изменение показателей функции коленного сустава после ревизионного эндопротезирования с применением индивидуального имплантата, Me [25p; 75p]

Показатель	Срок наблюдения, мес.			
	0	3	6	12
Объем движения в коленном суставе, град.	15 [13; 20]	75 [70; 80]*	85 [70; 95]*	90 [85; 95]*
Угол сгибания, град.	20 [15; 25]	75 [70; 80]*	85 [70; 95]*	90 [85; 95]*
Угол разгибания, град.	5 [3; 5]**	0 [0; 0]*	0 [0; 0]*	0 [0; 0]*

* — статистическая значимость различий по сравнению с показателями до операции ($p < 0,05$);

** — дефицит разгибания КС

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время все чаще в хирургической практике используются индивидуально изготовленные имплантаты для лечения пациентов с наличием обширных костных дефектов [15]. Однако выбор метода, как правило, определяется предпочтениями хирурга и непосредственной доступностью каждой из технологий в определенном лечебном учреждении [16]. При отсутствии возможности замещения костного дефекта с использованием стандартных имплантатов одним из вариантов лечения является ампутация нижней конечности [17].

G. Burastero с соавторами продемонстрировали клинко-биомеханические результаты лечения пациентов с костными дефектами бедренной и большеберцовой костей с использованием индивидуальных пористых метафизарных конусов. У всех пациентов были получены хорошие и отличные результаты по шкале KSS, что согласуется

с нашими данными. Кроме того, авторы продемонстрировали, что индивидуально изготовленные имплантаты обеспечивают более равномерное распределение нагрузки на кость по сравнению со стандартными цементными или бесцементными ножками эндопротеза [4].

M.W. Tetreault с соавторами приводят данные о выживаемости 202 (134 большеберцовых, 68 бедренных) пористых индивидуальных титановых метафизарных конусов у 139 пациентов. У всех пациентов были метафизарные дефекты бедренной и большеберцовой костей типа 2B и 3 по AORI. Авторы продемонстрировали хорошие клинко-рентгенологические результаты. Как и в нашем исследовании, средний балл по KSS у пациентов значительно улучшился с 50 (от 0 до 94) до 87 (от 72 до 94) баллов ($p < 0,001$) [18]. При оценке послеоперационных результатов лечения у трех пациентов диагностирована ППИ, у одного — перипротезный перелом, еще у одного — асепти-

ческое расшатывание большеберцового компонента эндопротеза. В нашем исследовании только у одной пациентки возникло осложнение — ППИ. По нашему мнению, возможной его причиной является наличие трех операций в анамнезе (из них две операции — имплантация антибактериального спейсера по поводу ППИ), коморбидное состояние пациентки (наличие сахарного диабета II типа, ревматоидного артрита, постфлебитического синдрома), гипо- и атрофия мышц, множественные гипертрофические рубцы в области оперативного вмешательства.

А.А. Черный с соавторами приводят результаты оперативного лечения 26 пациентов, которым были установлены 30 индивидуально изготовленных имплантатов (12 бедренных и 18 большеберцовых), использованных при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. Так же, как и в нашем исследовании, авторами не было отмечено технических сложностей при позиционировании и установке индивидуально изготовленных титановых конусов [17].

Е.А. Remily с соавторами сообщают, что у 51 (98,1%) из 52 имплантатов отсутствовали рентгенологические признаки расшатывания компонентов эндопротеза. Средние показатели по KSS были статистически значимо ($p < 0,001$) лучше по сравнению с предоперационными показателями (до операции — 52,0; после операции — 80,4) [19]. В нашем исследовании также отмечена положительная динамика в виде улучшения показателей по KSS в послеоперационном периоде по сравнению с дооперационными данными.

В исследовании G. Piovan с соавторами представлены результаты использования индивидуально изготовленного метафизарного большеберцового конуса с отверстиями на его передней поверхности, которые позволяют хирургу добиться

прецизионной фиксации бугристости большеберцовой кости винтами при выполнении ее остеотомии во время ТЭКС [20]. Однако в нашем исследовании у пациентов не было показаний к выполнению подобной операции. Мы полагаем, что такой вариант использования индивидуальных имплантатов может быть одним из дальнейших направлений развития в области 3D-моделирования компонентов эндопротезов коленного сустава.

Ограничения

Настоящее исследование имеет ограничение — малый объем выборки. Полагаем, что перспективным является изучение долгосрочных результатов оперативного лечения пациентов с обширными костными дефектами (типы 2B и 3 по AORI) проксимального отдела большеберцовой и/или дистального отдела бедренной костей с использованием индивидуально изготовленных имплантатов для ревизионного эндопротезирования коленного сустава и сравнительный анализ этих результатов с таковыми при использовании официальных имплантатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У всех пациентов в послеоперационном периоде отмечено улучшение показателей по SF-36, KSS, WOMAC и VAS. При рентгенологическом исследовании у 23 из 24 больных отсутствовало расшатывание компонентов эндопротеза. У всех пациентов было достигнуто прецизионное соответствие имплантата костному дефекту. Использование индивидуальных имплантатов, изготовленных с помощью аддитивных технологий, при ревизионном эндопротезировании коленного сустава в случае наличия обширных дефектов костной ткани (2B и 3 по AORI) позволяет сохранить нижнюю конечность и ее статодинамическую функцию.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Зыкин А.А. — дизайн исследования, сбор и обработка материала, обзор литературы, написание и редактирование рукописи.

Герасимов С.А. — дизайн исследования, редактирование рукописи.

Горбатов Р.О. — концепция исследования, анализ полученных результатов, редактирование.

Илларионова Т.В. — обзор литературы, написание и редактирование рукописи, статистическая обработка результатов.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

DISCLAIMERS

Author contribution

Zykin A.A. — study design, data collection and analysis, literature review, manuscript writing and editing.

Gerasimov S.A. — study design, manuscript editing.

Gorbatov R.O. — study concept, data collection and analysis, manuscript editing.

Illarionova T.V. — literature review, manuscript writing and editing, data statistical processing.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания № 121030100312-0.

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

Этическая экспертиза. Иницированное исследование было одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, протокол № 6 от 26.03.2021.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

Funding source. State budgetary funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of Privolzhsky Research Medical University, protocol No 6, 26.03.2021.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Price A.J., Alvand A., Troelsen A., Katz J.N., Hooper G., Gray A. et al. Knee replacement. *Lancet*. 2018;392(10158):1672-1682. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32344-4.
- Guo E.W., Sayeed Z., Padela M.T., Qazi M., Zekaj M., Schaefer P. et al. Improving Total Joint Replacement with Continuous Quality Improvement Methods and Tools. *Orthop Clin North Am*. 2018;49(4):397-403. doi: 10.1016/j.ocl.2018.05.002.
- van den Kieboom J., Tirumala V., Xiong L., Klemm C., Kwon Y.M. Periprosthetic joint infection is the main reason for failure in patients following periprosthetic fracture treated with revision arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142(12):3565-3574. doi: 10.1007/s00402-021-03948-3.
- Burastero G., Pianigiani S., Zanvettor C., Cavagnaro L., Chiarlone F., Innocenti B. Use of porous custom-made cones for meta-diaphyseal bone defects reconstruction in knee revision surgery: a clinical and biomechanical analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(12):2041-2055. doi: 10.1007/s00402-020-03670-6.
- Cochran A.R., Ong K.L., Lau E., Mont M.A., Malkani A.L. Risk of Reinfection After Treatment of Infected Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2016;31(9 Suppl):156-161. doi: 10.1016/j.arth.2016.03.028.
- Lu J., Han J., Zhang C., Yang Y., Yao Z. Infection after total knee arthroplasty and its gold standard surgical treatment: Spacers used in two-stage revision arthroplasty. *Intractable Rare Dis Res*. 2017;6(4):256-261. doi: 10.5582/irdr.2017.01049.
- Lee Y.S., Chen A.F. Two-Stage Reimplantation in Infected Total Knee Arthroplasty. *Knee Surg Relat Res*. 2018;30(2):107-114. doi: 10.5792/ksrr.17.095.
- Divano S., Cavagnaro L., Zanirato A., Basso M., Felli L., Formica M. Porous metal cones: gold standard for massive bone loss in complex revision knee arthroplasty? A systematic review of current literature. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018;138(6):851-863. doi: 10.1007/s00402-018-2936-7.
- Morgan-Jones R., Oussedik S.I., Graichen H., Haddad F.S. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2015;97-B(2):147-149. doi: 10.1302/0301-620X.97B2.34144.
- Lei P.F., Hu R.Y., Hu Y.H. Bone Defects in Revision Total Knee Arthroplasty and Management. *Orthop Surg*. 2019;11(1):15-24. doi: 10.1111/os.12425.
- Barnett S.L., Mayer R.R., Gondusky J.S., Choi L., Patel J.J., Gorab R.S. Use of stepped porous titanium metaphyseal sleeves for tibial defects in revision total knee arthroplasty: short term results. *J Arthroplasty*. 2014;29(6):1219-1224. doi: 10.1016/j.arth.2013.12.026.
- Kim H.J., Lee O.S., Lee S.H., Lee Y.S. Comparative Analysis between Cone and Sleeve in Managing Severe Bone Defect during Revision Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Knee Surg*. 2018;31(7):677-685. doi: 10.1055/s-0037-1606564.
- McNamara C.A., Götthe R.G., Patel P.D., Sanders K.C., Huaman G., Suarez J.C. Revision total knee arthroplasty using a custom tantalum implant in a patient following multiple failed revisions. *Arthroplast Today*. 2016;3(1):13-17. doi: 10.1016/j.artd.2016.08.003.
- Engh G.A., Parks N.L. The management of bone defects in revision total knee arthroplasty. *Instr Course Lect*. 1997;46:227-236.
- Savov P., Tuecking L.R., Windhagen H., Ettinger M. Individual Revision Knee Arthroplasty Is a Safe Limb Salvage Procedure. *J Pers Med*. 2021;11(6):572. doi: 10.3390/jpm11060572.
- Girerd D., Parratte S., Lunebourg A., Boureau F., Ollivier M., Pasquier G. et al. Total knee arthroplasty revision with trabecular tantalum cones: Preliminary retrospective study of 51 patients from two centres with a minimal 2-year follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102(4):429-433. doi: 10.1016/j.otsr.2016.02.010.
- Черный А.А., Коваленко А.Н., Билык С.С., Денисов А.О., Каземирский А.В., Куляба Т.А. и др. Ранние результаты применения индивидуально изготовленных модульных конусов для замещения метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):9-18. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.
- Cherny A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Kazemirskiy A.V., Kulyaba T.A. et al. [Early Outcomes of Patient-Specific Modular Cones for Substitution of Methaphysial and Diaphysial Bone Defects in Revision Knee Arthroplasty]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):9-18. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.
- Tetreault M.W., Perry K.I., Pagnano M.W., Hanssen A.D., Abdel M.P. Excellent two-year survivorship of 3D-printed metaphyseal cones in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2020;102-B(6_Suppl_A):107-115. doi: 10.1302/0301-620X.102B6-BJ-2019-1544.R1.

19. Remily E.A., Dávila Castrodad I.M., Mohamed N.S., Wilkie W.A., Kelemen M.N., Delanois R.E. Short-term Outcomes of 3D-Printed Titanium Metaphyseal Cones in Revision Total Knee Arthroplasty. *Orthopedics*. 2021;44(1):43-47. doi: 10.3928/01477447-20201202-04.
20. Piovan G., Farinelli L., Screpis D., Povegliano L., Gigante A.P., Zorzi C. Tibial Tubercle Screw Fixation on Custom Metaphyseal Cone: Surgical Tip in Severe Metaphyseal Tibia Bone Loss. *Arthroplast Today*. 2022;15:93-97. doi: 10.1016/j.artd.2022.03.019.

Сведения об авторах

✉ *Илларионова Татьяна Владимировна*

Адрес: Россия, 603005, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1

<https://orcid.org/0000-0001-7746-4987>

e-mail: tatianaillarionov4@yandex.ru

Зыкин Андрей Анатольевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-6321-3631>

e-mail: dr.zykin@mail.ru

Герасимов Сергей Александрович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-3179-9770>

e-mail: gerasimoff@list.ru

Горбатов Роман Олегович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-6964-1015>

e-mail: gorbatov.ro@yandex.ru

Authors' information

✉ *Tat'yana V. Illarionova*

Address: 10/1, Minin and Pozharsky sq., Nizhny Novgorod, 603950, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-7746-4987>

e-mail: tatianaillarionov4@yandex.ru

Andrey A. Zykin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-6321-3631>

e-mail: dr.zykin@mail.ru

Sergei A. Gerasimov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-3179-9770>

e-mail: gerasimoff@list.ru

Roman O. Gorbatov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-6964-1015>

e-mail: gorbatov.ro@yandex.ru



Результаты применения артикулирующего спейсера при лечении перипротезной инфекции коленного сустава

В.Н. Митрофанов, С.Б. Королёв, Д.В. Преснов, Р.Н. Комаров, М.М. Акулов

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России,
г. Нижний Новгород, Россия

Актуальность. В настоящее время на фоне роста числа операций первичного эндопротезирования коленного сустава увеличивается частота ревизионных оперативных вмешательств. Среди всех причин ревизионных операций перипротезная инфекция занимает одну из лидирующих позиций. Общепринятая тактика двухэтапного реэндопротезирования, наряду с купированием инфекционного процесса, реализует и другие задачи: снижение болевого синдрома, сохранение и/или восстановление функции сустава. Имплантируемые артикулирующие антибактериальные спейсеры позволяют выполнить все поставленные задачи и сохранить/восстановить уровень качества жизни пациентов на этапном лечении. Однако исследования, демонстрирующие результаты лечения перипротезной инфекции и применение различных вариантов артикулирующих спейсеров, по настоящее время не позволяют определить оптимальную конструкцию.

Цель исследования — улучшить межэтапные результаты лечения пациентов с перипротезной инфекцией коленного сустава при имплантации артикулирующего спейсера.

Материал и методы. Проведено одноцентровое ретроспективное когортное исследование открытого характера. На первом этапе исследования изучены результаты оперативного лечения 420 пациентов с перипротезной инфекцией коленного сустава, проходивших лечение в клинике в 2011–2019 гг. На втором этапе, после применения критериев включения и исключения, в анализ вошли 182 пациента. Среди них выделены две репрезентативные группы. В группе сравнения использовался изготовленный вручную цементный вкладыш с артикулирующей поверхностью, в основной группе — официальный.

Результаты. Установка компонентов эндопротеза с восстановлением анатомических взаимоотношений в суставе и баланса связочного аппарата, замена цементного вкладыша на официальный из сверхвысокомолекулярного полиэтилена привели к снижению длительности оперативного вмешательства и интраоперационной кровопотери, сокращению сроков госпитализации, увеличению объема движений в суставе, большей стабильности компонентов и купированию инфекционного процесса у 94,6% пациентов.

Заключение. Применение различных вариантов спейсера значимо не повлияло на вероятность купирования инфекции, однако количество рецидивов инфекции меньше в группе, где применялся вкладыш из сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Оптимизация техники оперативного лечения и применение артикулирующего спейсера на основе трехкомпонентного официального эндопротеза позволило значительно улучшить результаты лечения пациентов с перипротезной инфекцией коленного сустава.

Ключевые слова: эндопротезирование коленного сустава, перипротезная инфекция, двухэтапное реэндопротезирование, артикулирующий спейсер.

Митрофанов В.Н., Королёв С.Б., Преснов Д.В., Комаров Р.Н., Акулов М.М. Результаты применения артикулирующего спейсера при лечении перипротезной инфекции коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):31-41. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1750>.

Преснов Дмитрий Владимирович; e-mail: p.d-07@list.ru

Рукопись получена: 02.03.2022. Рукопись одобрена: 15.09.2022. Статья опубликована онлайн: 08.12.2022.

© Митрофанов В.Н., Королёв С.Б., Преснов Д.В., Комаров Р.Н., Акулов М.М., 2022



Results of the Articular Spacer Application in Treatment of Knee Periprosthetic Infection

Vyacheslav N. Mitrofanov, Svyatoslav B. Korolev, Dmitrii V. Presnov,
Roman N. Komarov, Mikhail M. Akulov

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Background. Currently, on the general background the number of primary total knee arthroplasties (TKA) increasing, so does the revisions. Among all the causes of revisions, periprosthetic joint infection occupies one of the leading positions. The generally accepted tactics of two-stage revisions, along with the infection suppression, implements other tasks: reducing pain, preserving and/or restoring joint function. Articular antibacterial spacers allow you to complete all the tasks and preserve/restore the quality of patients' life on staged treatment. However, studies demonstrating the results of periprosthetic joint infection treatment and the use of various articular spacers still do not clear its optimal design.

The aim of the study was to improve the intermediate treatment results of periprosthetic knee joint infection using articular spacer implantation.

Methods. A single-center retrospective cohort study was performed. At the first stage of the study, the results of surgical treatment of 420 patients with periprosthetic knee joint infection treated at the clinic in 2011–2019 were analyzed. At the second stage, after applying the inclusion and exclusion criteria, 182 patients were included in the analysis. Two representative groups are identified among them. In the comparison group, hand-made cement liner with articulating surface was used, in the main group – conventional one.

Results. The implantation of the endoprosthesis components with the restoration of anatomical relationships in the joint and the ligamentous balance, the replacement of the cement liner with conventional one made of ultra-high molecular weight polyethylene led to reduction in the surgery duration, intraoperative blood loss and period of hospitalization, an increase in the range of motions in the joint, greater stability of the components and suppression of infection in 94.6% of patients.

Conclusion. The use of various spacers did not significantly affect the probability of infection suppression; however, the number of infection relapses was lower in the group where the liner made of ultra-high molecular weight polyethylene was used. Optimization of surgical treatment techniques and the use of articular spacer based on a three-component conventional endoprosthesis has significantly improved the treatment results of patients with periprosthetic infection of the knee joint.

Keywords: total knee arthroplasty, periprosthetic joint infection, two-stage revision, articular spacer.

Cite as: Mitrofanov V.N., Korolev S.B., Presnov D.V., Komarov R.N., Akulov M.M. [Results of the Articular Spacer Application in Treatment of Knee Periprosthetic Infection]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):31-41. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1750>.

✉ Dmitrii V. Presnov; e-mail: p.d-07@list.ru

Submitted: 02.03.2022. Accepted: 15.09.2022. Published Online: 08.12.2022.

© Mitrofanov V.N., Korolev S.B., Presnov D.V., Komarov R.N., Akulov M.M., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава является одним из основных методов хирургического лечения тяжелых гонартрозов, диспластических и посттравматических деформаций коленного сустава [1, 2]. В России и за рубежом отмечается ежегодный рост количества выполненных операций эндопротезирования, причем значительно увеличивается доля ревизионных вмешательств [3, 4]. По прогнозам зарубежных авторов, к 2035 г. количество первичных и ревизионных операций на коленных суставах превысит 1,2 млн в Великобритании, а в США к 2030 г. достигнет 3,48 млн [5, 6].

Наиболее тяжелым и трудноизлечимым осложнением является перипротезная инфекция (ППИ) — глубокое нагноение области хирургического вмешательства, развивающееся после имплантации эндопротеза. Вероятность таких осложнений после первичных вмешательств достигает 5% [7, 8]. При повторных вмешательствах ППИ диагностируется, по данным зарубежных регистров, в 35,9%, а по данным отечественной литературы, достигает 50% случаев [9, 10, 11, 12, 13].

Двухэтапная тактика лечения с использованием на первом этапе цементного спейсера, импрегнированного антибиотиками, по-прежнему считается золотым стандартом [14, 15, 16, 17]. Применение артикулирующих спейсеров, кроме основной задачи купирования инфекционного процесса, позволяет избежать возникновения большого количества продуктов износа, восстановить анатомические взаимоотношения в суставе, сохранить объем движений, что в последующем облегчает выполнение заключительного этапа реэндопротезирования с достижением лучшего функционального результата [18, 19].

Существует несколько вариантов технического решения при имплантации артикулирующего спейсера, начиная от установки конструкций, изготавливаемых интраоперационно вручную, с парой трения цемент-цемент и заканчивая применением бедренного и большеберцового официальных компонентов эндопротезов с установкой вместо полиэтиленового вкладыша цементной вставки с термостабильным антибиотиком. Изнашивание контактных поверхностей позволяет высвободить антибактериальные вещества из более глубоких слоев цементного компонента, усиливая и пролонгируя антибактериальное воздействие на окружающие ткани [20]. Однако до сих пор остается неясным влияние образующихся частиц на развитие септического воспаления [21].

Таким образом, на первом этапе ревизионного эндопротезирования остро встает вопрос выбора оптимального вида спейсера для снижения коли-

чества осложнений, болевого синдрома, улучшения функциональных результатов в послеоперационном периоде.

Цель исследования — улучшить межэтапные результаты лечения пациентов с перипротезной инфекцией коленного сустава при имплантации артикулирующего спейсера.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**Дизайн исследования**

Проведено одноцентровое ретроспективное когортное исследование открытого типа. На первом этапе исследования изучены результаты оперативного лечения 420 пациентов с ППИ коленного сустава, проходивших лечение в клинике в 2011–2019 гг. На втором этапе, после применения критериев включения и исключения, в анализ вошли 182 пациента, из которых были сформированы две репрезентативные группы. В группе сравнения использовался изготовленный вручную цементный вкладыш с артикулирующей поверхностью, в основной группе — официальный.

Пациенты, соответствующие критериям включения и исключения, были разделены на две группы в зависимости от компонентов артикулирующего спейсера.

Группа 1 (сравнения) — 89 пациентов (19 мужчин и 70 женщин), у которых на первом этапе ревизионного эндопротезирования использовался интраоперационно изготовленный артикулирующий спейсер из антибактериального цементного вкладыша и официальных компонентов эндопротеза, образуя пару трения цемент-металл;

Группа 2 (основная) — 93 пациента (22 мужчины и 71 женщина), которым устанавливали официальные компоненты эндопротеза с использованием пары трения металл-полиэтилен.

Критерии включения больных в исследование:

- возраст от 18 до 79 лет;
- подтвержденная ППИ после первичного тотального эндопротезирования;
- использование на первом этапе лечения артикулирующего спейсера коленного сустава.

Критерии исключения:

- дефекты большеберцовой и бедренной кости IIb–III степеней по классификации AORI;
- дефекты мягких тканей области коленного сустава, требующие пластического вмешательства;
- сопутствующие заболевания в стадии декомпенсации (сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания, анемия тяжелой степени, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки и др.);
- признаки системного воспаления (сепсис);
- положительные результаты анализов на ВИЧ, сифилис, гепатиты А, В, С.

Обследование пациентов

Все пациенты проходили идентичное клиническое и инструментальное обследование: опрос (жалобы, анамнез, шкала ВАШ), осмотр (физикальное обследование с оценкой мышц, рубцов, свищей, периферической иннервации, амплитуды движений), лабораторные исследования (общий и биохимический анализы крови), инструментальную диагностику (ЭКГ, УЗИ сосудов нижних конечностей, рентгенографию коленного сустава в двух проекциях).

Бактериологическое исследование суставной жидкости или отделяемого из свища на догоспитальном этапе выполнялось в поликлинике института травматологии, реже — в других медицинских учреждениях. После поступления пациента в стационар, на этапе предоперационной подготовки, проводились повторная верификации возбудителя инфекционного процесса и определение его чувствительности к антибактериальным препаратам. При наличии свища материалом для исследования явились соскоб со стенок раневого канала и суставной аспират, получаемый при пункции коленного сустава. В случае отсутствия свища выполнялось бактериологическое исследование только пункционного материала.

Техника операций

На протяжении 6 лет, с 2011 г., в нашей клинике при установке артикулирующих спейсеров использовали следующую методику. После удаления эндопротеза и полной хирургической обработки гнойного очага устанавливали новые официальные компоненты на костный цемент с термостабильным антибиотиком согласно результатам бактериологического исследования. Их расположение и ориентация относительно оси конечности выполнялись под визуальным контролем. На тибальную площадку за счет адгезии фиксировали еще одну дозу цемента, образуя вкладыш эндопротеза, смазывали пробный бедренный компонент медицинским вазелином для предупреждения сцепления цемента к его поверхности, дожидались начала фазы полимеризации, разгибали конечность с выравниванием последней по оси (рис. 1).

На завершающем этапе имплантировали официальный бедренный компонент эндопротеза. Полученная конструкция артикулирующего спейсера обеспечивала достаточную стабильность, артикуляцию в суставе и необходимое антибактериальное воздействие на окружающие ткани (рис. 2).

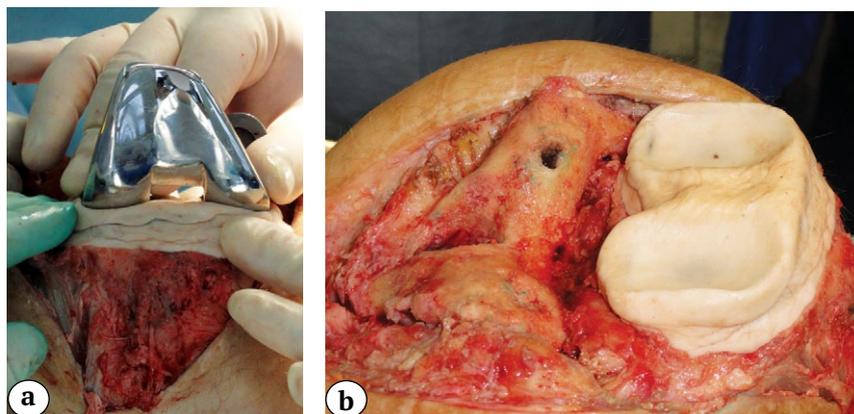


Рис. 1. Процесс изготовления цементного вкладыша:
а — моделирование суставной поверхности цементного вкладыша до стадии полимеризации;
б — установлен изготовленный вручную вкладыш

Fig. 1. The cement liner making:
a — articular surface of the cement liner modeling before the polymerization stage;
b — hand-made liner is implanted



Рис 2. Установлен артикулирующий спейсер
Fig. 2. The articular spacer is implanted

При анализе результатов этапного лечения пациентов выявлен ряд недостатков используемой конструкции. Моделирование цементного вкладыша и установка компонентов под визуальным контролем не всегда позволяли получить анатомически правильные осевые взаимоотношения и адекватный баланс связочного аппарата суставных концов. При этой технологии использовалось как минимум две экспозиции костного цемента, что увеличивало время оперативного вмешательства и кровопотерю. Кроме того, полученные конструкции требовали обязательной замены в связи с неправильными осевыми взаимоотношениями компонентов и дисбалансом связочного аппарата, которые не обеспечивали длительный срок службы.

С 2017 г. мы отказались от данной технологии в пользу установки «временно-постоянного» эндопротеза. Мы используем официальный трехкомпонентный эндопротез, который устанавливаем на костный цемент с добавлением 4 г термостабильного антибиотика, правильно ориентируем его, восстанавливая анатомические взаимоотношения и баланс связочного аппарата в суставе, при этом снижаем объем антибактериального депо.

Первый этап оперативного лечения у большинства пациентов выполнен в период до года после первичного эндопротезирования (табл. 1). Статистически значимых различий групп по срокам лечения пациентов не выявлено ($\chi^2 = 0,938$; $p = 0,626$).

Преобладание поздних сроков поступления пациентов в профильный стационар в основном обусловлено несвоевременной диагностикой ППИ и необоснованными попытками консервативного лечения.

Операции в обеих группах проводили под комбинированной спинальной анестезией с управляемой гипотонией. Доступ осуществлялся по старому послеоперационному рубцу с иссечением свища (при его наличии). Выполнялась хирургическая обработка гнойного очага: иссечение видоизмененной синовиальной оболочки с прилегающими участками капсулы, рубцов, грануляционных и некротизированных тканей. Для бактериологического исследования выполнялся забор не менее трех фрагментов тканей, прилегающих к компо-

нентам эндопротеза на границе бедренного, большеберцового компонентов, а также поверхности надколенника. Затем проводилось извлечение металлоконструкций с последующей щадящей резекцией поверхностей бедренной и большеберцовой костей для удаления видоизмененных костных тканей с предупреждением формирования больших костных дефектов. Одним из основных этапов хирургической обработки является удаление всех фрагментов старого костного цемента (в случаях такой фиксации). Далее выполнялась обработка тканей ультразвуковым кавитатором (АУЗХ-100-«ФОТЕК») и пульс-лаважной системой с 0,1% раствором Лавасепта. Объемы жидкости при промывании раневых поверхностей суммарно составляли до 4 л. Экспозиция растворов в ране вместе с этапом ультразвуковой обработки составляла ~10 мин. Установка и фиксация новых бедренного и большеберцового компонентов всем пациентам производилась на костный цемент с гентамицином и добавлением в его состав термостабильных антибиотиков в соответствии с результатами антибиотикограммы.

В первой группе между официальными бедренным и тибиальным имплантатами устанавливали интраоперационно изготавливаемый цементный вкладыш (рис. 3).

Во второй группе осуществлялась коррекция суставных поверхностей с помощью интрамедуллярных направителей и распиловочных блоков. На примерочном шаблоне осуществлялась оцен-

Таблица 1

Сроки от манифестации инфекции до поступления пациента на стационарное лечение

Срок	Группа 1 (n = 89)		Группа 2 (n = 93)		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
До 1 мес.	7	7,9	5	5,4	12	6,6
1–12 мес.	59	66,3	59	63,5	118	64,8
Более 12 мес.	23	25,8	29	31,1	52	28,6
Итого	89	100,0	93	100,0	182	100,0

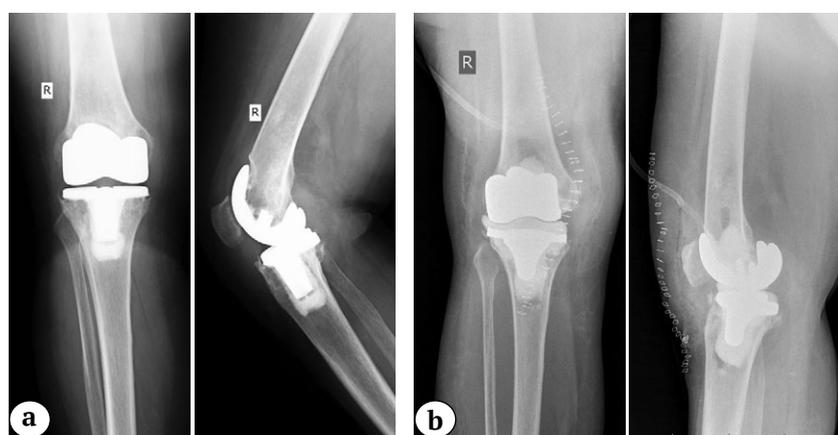


Рис. 3. Рентгенограммы пациентки 52 лет (2014):
 а — до оперативного вмешательства;
 б — после установки артикулирующего спейсера
Fig. 3. X-rays of a 52-year-old patient (2014):
 а — before surgery;
 б — after the articular spacer implantation

ка натяжения коллатеральных связок и сгибания/разгибания в суставе с помощью тестов стабильности для подбора оптимальной высоты официального вкладыша (рис. 4).

После полимеризации цемента имплантировали подобранный официальный полиэтиленовый вкладыш в пазы площадки тибialного компонента. Всем пациентам устанавливали дренаж по Редону, рану послойно ушивали.

Послеоперационное ведение пациентов

Иммобилизация сустава выполнялась на операционном столе ортезом жесткой фиксации. Назначали антибактериальную внутривенную терапию в соответствии с результатами предоперационной антибиотикограммы. При расхождении данных предоперационного и интраоперационного бактериологических исследований ориентировались на результаты последнего. Для предупреждения тромбозмболических осложнений использовали низкомолекулярные гепарины в профилактических дозах (эноксапарин 0,4 мл подкожно 1 раз в сутки не менее 10 дней). В послеоперационном периоде все пациенты соблюдали постельный режим до удаления дренажа на 2–3-и сут. в зависимости от количества раневого отделяемого. На следующий день пациента «вертикализировали»: разрешалась ходьба с нагрузкой на оперированную конечность до 20% от массы тела, назначался комплекс общеукрепляющих упражнений и совместно с инструктором ЛФК рекомендовалась индивидуальная программа для восстановления движений и укрепления мышц оперированной конечности.

Внутривенная антибиотикотерапия продолжалась до выписки пациента из отделения, после чего на амбулаторном этапе назначалась таблетированная форма препаратов. В случаях применения антибиотиков с повышенным токсическим воздействием на организм проводилось лечение максимально разрешенным курсом лекарственного средства. Рекомендовали постепенно увеличивать опорную функцию нижней конечности до

полной к 4-й нед. после операции. Для разработки движений в суставе пациент временно снимал ортез. Через 4 нед. после выписки проводились консультации пациентов с общим осмотром, оценкой функции сустава и решением вопроса о необходимости дальнейшей фиксации, ежемесячным бактериологическим исследованием пунктата из оперированного коленного сустава.

При отсутствии роста микроорганизмов через 3 мес. пациент направлялся на второй этап ревизионного эндопротезирования. При выявлении патогенной микрофлоры в пунктате назначали супрессивную антибактериальную терапию. По ее завершении выполняли повторное исследование пунктата. В случае выявления бактерий выполняли первый этап ревизионного эндопротезирования.

Оценка результатов

Активные движения в коленных суставах у пациентов оценивали непосредственно перед имплантацией спейсера и через 3 мес. после выполнения операции. Исследование проводилось по нулевому методу.

Оценка стабильности компонентов спейсера выполнялась при изучении рентгенограмм: оценивались границы цемент-кость (металл-кость) в сравнении с послеоперационными снимками на предмет резорбции, изменения осевого положения компонентов в прямой и боковой проекциях.

Для оценки интенсивности боли использовали визуально-аналоговую шкалу (ВАШ). Заполнение шкалы проводилось на 1-е, 7-е и 14-е сутки.

Статистический анализ

Статистическая обработка полученных данных выполнялась при помощи программы IBM SPSS Statistics 26 (Windows 10) на основе сформированной базы в Microsoft Excel. Проверка на нормальность распределения количественных показателей проводилась на основании критерия Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса. В случаях нормального распределения применялся

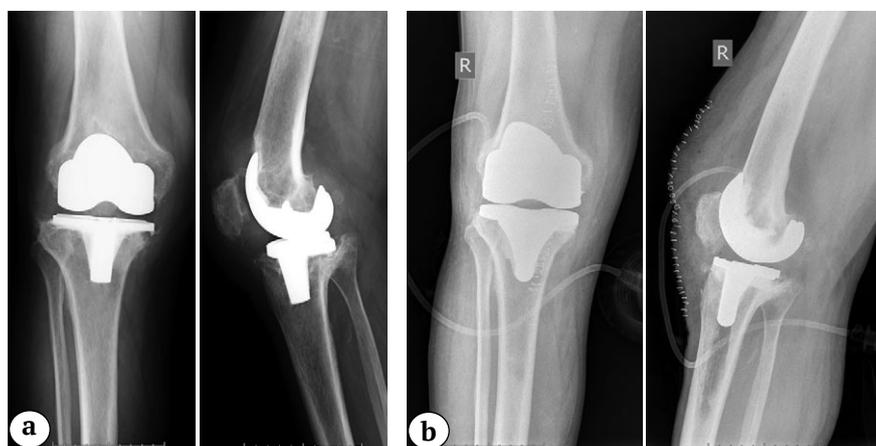


Рис. 4. Рентгенограммы пациентки 55 лет (2017):

a — до оперативного вмешательства;
b — после установки артикулирующего спейсера

Fig. 4. X-rays of a 55-year-old patient (2017):

a — before surgery;
b — after the articular spacer implantation

t-критерий Стьюдента для независимых выборок. В случаях ненормального распределения сравнение количественных параметров в группах проводили с использованием критерия Манна–Уитни. Сравнение номинальных величин в группах проводилось с помощью критерия χ^2 Пирсона. Поправка Йейтса применялась в случаях анализа двух дихотомических переменных. Критерием статистической значимости различий являлась величина $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистически значимых различий между группами пациентов по возрастному и половому признакам не установлено ($p = 0,099$). Средний возраст пациентов первой и второй групп составил $61,0 \pm 10,4$ и $63,4 \pm 8,4$ года соответственно.

Активные движения в коленном суставе оценивали с помощью угломера перед имплантацией и через 3 мес. после выполнения I этапа оперативного лечения. Амплитуда движений у пациентов второй группы перед вмешательством составила в среднем $54,0 \pm 5,4^\circ$, через 3 мес. — $95,5 \pm 5,8^\circ$, во второй группе — $57,8 \pm 5,0^\circ$ и $71,0 \pm 5,2^\circ$ соответственно (рис. 5).

После I этапа лечения всем пациентам проводилось исследование стабильности компонентов спейсера (табл. 2).

Анализ полученных данных показал, что во второй группе было значимо большее количество

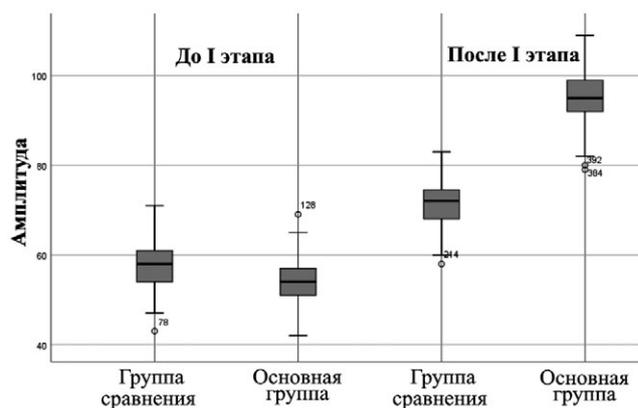


Рис. 5. Амплитуда движений в коленном суставе до и после I этапа оперативного лечения

Fig. 5. The range of knee motions before and after the first stage of surgical treatment

стабильных тиббиальных ($\chi^2 = 5,623$; $p = 0,018$) и бедренных ($\chi^2 = 4,199$; $p = 0,040$) компонентов перед выполнением II этапа.

Исследование суставного аспирата показало, что в обеих группах основным возбудителем инфекции являлась грамположительная флора с преобладанием стафилококков. Метициллин-устойчивые штаммы среди *S. aureus* (MRSA) составили 20,9%, среди коагулазонегативных стафилококков *S. epidermidis* (MRSE) — 55,7% (табл. 3).

Таблица 2

Стабильность компонентов перед II этапом лечения

Стабильность	Группа 1				Группа 2			
	большеберцовый компонент		бедренный компонент		большеберцовый компонент		бедренный компонент	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Стабильный	47	52,8	60	67,4	66	71,0	76	81,7
Нестабильный	42	47,2	29	32,6	27	29,0	17	12,3
Итого	89	100	89	100	93	100	93	100

Таблица 3

Структура выявленных возбудителей инфекции

Возбудитель	Группа 1		Группа 2		Итого	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
<i>S. Aureus</i>	27 (5*)	27,3	30 (7*)	30,6	57	28,9
<i>S. Epidermidis</i>	21 (11*)	21,2	22 (13*)	22,5	43	21,8
Грам(+)	19	19,2	17	17,3	36	18,3
Грам(-)	6	6,1	4	4,1	10	5,1
Полимикробная флора	10	10,1	8	8,2	18	9,1
Роста не выявлено	16	16,1	17	17,3	33	16,8

* метициллин-резистентные штаммы.

Анализ структуры грамотрицательных возбудителей показал преобладание неферментирующих грамотрицательных палочек по сравнению с энтеробактериями. Среди неферментирующих бактерий чаще выделялась *P. aeruginosa*, в структуре энтеробактерий у пациентов с ППИ преобладала *K. pneumoniae*. Среди неферментирующих грамотрицательных палочек значительное количество штаммов отличались резистентностью к различным антибиотикам. Статистически значимых отличий по видам возбудителей инфекции у пациентов двух групп не выявлено ($\chi^2 = 0,940$; $p = 0,967$).

Средняя длительность оперативного вмешательства, объем интраоперационной кровопотери во второй группе были значимо ниже ($p = 0,001$). Сроки стационарного лечения пациентов, у которых применялась двухэтапная тактика ревизионного эндопротезирования с установкой спейсера с официальным вкладышем, были меньше, чем у больных второй группы, на 5,4 дня (табл. 4).

В 1-е сут. после оперативного вмешательства уровень болевых ощущений в обеих группах пациентов отличался незначительно. Через 7 сут. отмечалось снижение показателя болевого синдрома в основной группе, а на 14-е сут. он был статистически значимо ниже, чем в группе сравнения ($p = 0,001$) (табл. 5).

Таблица 4

Длительность оперативного вмешательства, кровопотеря и сроки госпитализации на I этапе

Показатель	Группа 1 (n = 89)	Группа 2 (n = 93)
Длительность операции, мин.	191±22	127±12
Интраоперационная кровопотеря, мл	493,4±68,0	341,8±72,4
Сроки госпитализации, койко-день	26,10±9,58	20,70±6,69

Таблица 5

Болевой синдром по ВАШ, баллы

Сутки после операции	Группа 1	Группа 2
1-е	8,4±1,5	8,1±1,8
7-е	5,3±2,1	3,9±2,0
14-е	4,6±1,9	2,3±1,3

Рецидив инфекционного процесса отмечен у 10 (11,2%) пациентов первой группы и у 5 (5,4%) — второй группы. В этих случаях инфекцию удалось купировать после повторного выполнения I этапа. Других осложнений, связанных с проведением I этапа, в обеих группах не было.

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно решениям второй международной конференции по скелетно-мышечной инфекции, выбор метода лечения зависит от сроков развития инфекционного процесса и выраженности клинической картины [22]. Возможны супрессивная антибиотикотерапия, открытый дебридмент с заменой всех съемных компонентов эндопротеза, одноэтапное или двухэтапное ревизионное эндопротезирование [23, 24]. Двухэтапное ревизионное эндопротезирование остается актуальным и высокоэффективным методом лечения хронической ППИ за счет применения цементных антибактериальных спейсеров, которые создают достаточные концентрации антибиотиков в окружающих тканях [25].

При двухэтапном лечении ППИ коленного сустава применяются два типа спейсеров: артикулирующие или статические. Проведенный зарубежными авторами систематический обзор литературы, включающий результаты лечения 1526 пациентов, показал отсутствие значимой разницы в купировании инфекции (88% при статических и 92% при артикулирующих спейсерах). Однако значительная разница наблюдалась в среднем объеме движений после выполнения II этапа лечения (91° после статических и 101° после артикулирующих спейсеров) [26].

Существует множество конструктивных вариантов артикулирующих спейсеров. Среди них наиболее популярными являются пары трения цемент-цемент, цемент-полиэтилен и металл-полиэтилен. В настоящее время нет единого мнения об идеальной паре трения артикулирующего спейсера [20].

Результаты проведенного нами сравнительного исследования показали, что отказ от использования цементного вкладыша (носителя антибактериального агента) в пользу официального полиэтиленового вкладыша не увеличил частоту инфекции. На наш взгляд, оптимальным является применение официального трехкомпонентного артикулирующего спейсера, что подтверждают результаты оперативного лечения 182 пациентов с ППИ коленного сустава. Оптимизация технологии, а именно замена цементного вкладыша на официальный компонент эндопротеза, состоящий из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, установка компонентов с восстановлением анатомических взаимоотношений в суставе и баланса связочного механизма, доказали эффективность. У пациентов отмечены купирование инфекционного процесса в 94,6% случаев, сокращение времени оперативного вмешательства и интраоперационной кровопотери, уменьшение сроков госпитализации и больший объем движений в суставе. По данным ряда авторов, частота рецидивов находится в пределах 9–33% [27, 28].

Внедренное техническое решение, алгоритм периоперационного ведения пациентов были оправданы и явились основой для улучшения ближайших и отдаленных результатов лечения у пациентов с ППИ коленного сустава. Имплантация временно-постоянного эндопротеза потенциально дает возможность для пациента завершить лечение без ревизионного эндопротезирования в случаях выполнения следующих условий:

- локальный характер воспаления (отсутствие затеков, флегмон, дефектов мягких тканей);
- сохранная плотность костных структур и связочного аппарата;
- отсутствие обширных костных дефектов.

Данное исследование позволило пересмотреть тактику оперативного лечения пациентов с хронической инфекцией. В 2020 г. среди всех прооперированных пациентов на базе клиники у 17,6% пациентов удалось сохранить конструкцию. J.M. Sancienne с соавторами в 2017 г. представили метаанализ исследований, в которые вошли 18 533 пациентов. В 12,5% случаев спейсер был оставлен в качестве постоянной конструкции [29].

Видится перспективным уточнение и расширение показаний для сохранения временного

эндопротеза, что позволит снизить количество хирургических осложнений, уменьшить общий срок пребывания пациента в стационаре, увеличить продолжительность и качество жизни, ускорить возвращение к повседневной активности, а также сократить финансовые затраты на лечение в отличие от двухэтапного ревизионного эндопротезирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный сравнительный анализ данных оперативного лечения двух групп пациентов с ППИ коленного сустава позволило сделать вывод о значимом влиянии хирургической техники и имплантируемой конструкции артикулирующего спейсера на результаты лечения. Применение официальных компонентов эндопротеза коленного сустава позволило добиться перед выполнением II этапа лечения лучших функциональных результатов, снижения болевого синдрома и риска рецидива инфекции. Имплантация артикулирующих спейсеров по правилам «чистого» протезирования позволила в значительной степени снизить количество нестабильных компонентов и уменьшить число инфекционных осложнений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Митрофанов В.Н. — существенный вклад в разработку дизайна исследования, интерпретация данных, редактирование текста.

Королёв С.Б. — интерпретация данных, редактирование текста статьи.

Преснов Д.В. — сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи, редактирование текста.

Комаров Р.Н. — интерпретация данных, редактирование текста статьи.

Акулов М.М. — интерпретация данных, редактирование текста.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию его результатов.

DISCLAIMERS

Author contribution

Mytrofanov V.N. — study concept and design, data statistical processing, manuscript writing and editing.

Korolev S.B. — analysis and statistical processing of data, text editing.

Presnov D.V. — data collection and analysis, manuscript writing, text editing.

Komarov R.N. — analysis and statistical processing of data, text editing

Akulov M.M. — analysis and statistical processing of data, text editing

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Кирпичев И.В., Бережков И.В. Эффективность восстановления функции коленного сустава после первичной артропластики сустава в условиях отделения медицинской реабилитации. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2017;(2):30-33. Kirpichyov I.V., Berezhkov I.V. [The efficacy of knee joint function restoration after primary joint arthroplasty in medical rehabilitation department]. *Vestnik Ivanovskoi meditsinskoi akademii* [Bulletin of the Ivanovo Medical Academy]. 2017;(2):30-33. (In Russian).
2. Гарькавый Н.Г., Верещагин Н.А., Жильцов А.А., Верещагина Е.Н. Эндопротезирование при посттравматических изменениях вертлужной впадины. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2017;(4):15-19. Garkaviy N.G., Vereschagin N.A., Zhiltsov A.A., Vereschagina E.N. [Endoprosthesis in post trauma alterations of acetabulum]. *Vestnik Ivanovskoi meditsinskoi akademii* [Bulletin of the Ivanovo Medical Academy]. 2017;(4):15-19. (In Russian).
3. Patel A., Pavlou G., Mújica-Mota R.E., Toms A.D. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset. *Bone Joint J*. 2015;97-B(8):1076-1081. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170.
4. Delanois R.E., Mistry J.B., Gwam C.U., Mohamed N.S., Choksi U.S., Mont M.A. Current Epidemiology of Revision Total Knee Arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty*. 2017;32(9):2663-2668. doi: 10.1016/j.arth.2017.03.066.
5. Kurtz S., Ong K., Lau E., Mowat F., Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(4):780-785. doi: 10.2106/JBJS.F.00222.
6. Божкова С.А., Касимова А.Р., Тихилов Р.М., Полякова Е.М., Рукина А.Н., Шабанова В.В. и др. Неблагоприятные тенденции в этиологии ортопедической инфекции: результаты 6-летнего мониторинга структуры и резистентности ведущих возбудителей. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(4):20-31. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-20-31. Bozhkova S.A., Kasimova A.R., Tikhilov R.M., Polyakova E.M., Rukina A.N., Shabanova V.V. et al. [Adverse Trends in the Etiology of Orthopedic Infection: Results of 6-Year Monitoring of the Structure and Resistance of Leading Pathogens]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(4):20-31. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-20-31.
7. Байтов В.С., Ганчуков Е.Б. Инфекционные осложнения при тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(5). Режим доступа: <https://science-education.ru/en/article/view?id=27110>. Baitov V.S., Ganchukov E.B. [Infectious complications in total knee replacement]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2017;(5). Available from: <https://science-education.ru/en/article/view?id=27110>. (In Russian).
8. Culliford D., Maskell J., Judge A., Cooper C., Prieto-Alhambra D., Arden N.K. Future projections of total hip and knee arthroplasty in the UK: results from the UK Clinical Practice Research Datalink. *Osteoarthritis Cartilage*. 2015;23(4):594-600. doi: 10.1016/j.joca.2014.12.022.
9. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Филь А.С., Муравьева Ю.В. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2011-2013 годы. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(1):136-151. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil A.S., Muravyeva Yu.V. [Data of knee arthroplasty register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics for period 2011-2013]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(1):136-151. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151.
10. Norwegian National Advisory Unit on Arthroplasty and Hip Fractures. The Norwegian Arthroplasty Register. Report, June 2020. Available from: https://www.researchgate.net/publication/344101825_Annual_report_2020_Norwegian_National_Advisory_Unit_on_Arthroplasty_and_Hip_Fractures_Norwegian_Arthroplasty_Register_Norwegian_Cruciate_Ligament_Register_Norwegian_Hip_Fracture_Register_Norwegian_Pae.
11. Australian orthopaedic association national joint replacement registry, 2020. Hip, knee and shoulder arthroplasty: 2020 Annual report. Available from: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2020>.
12. The New Zealand Joint Registry — Twenty-one-year Report January 1999 to December 2019. 2020. Available from: <https://nzoa.org.nz/nzoa-joint-registry>.
13. Hip and knee replacements in Canada, CJRR revision risk curves 2019-2020. Canadian Arthroplasty Register: Report, 2021. Available from: <https://www.cihi.ca/en/canadian-joint-replacement-registry-cjrr>.
14. Parvizi J., Adeli B., Zmistowski B., Restrepo C., Greenwald A.S. Management of periprosthetic joint infection: the current knowledge: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(14):e104. doi: 10.2106/JBJS.K.01417.
15. Артюх В.А., Божкова С.А., Бояров А.А., Муравьева Ю.В., Кочиш А.А. Эффективность одноступенчатого ревизионного эндопротезирования при свищевой форме хронической перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):9-22. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-9-22. Artyukh V.A., Bozhkova S.A., Boyarov A.A., Muravyeva J.V., Kochish A.A. [Efficiency of the One-Stage Revision Hip Arthroplasty in Chronic Periprosthetic Joint Infection with Sinus Tract]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):9-22. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-9-22.
16. Ермаков А.М., Ключин Н.М., Абабков Ю.В., Тряпичников А.С., Коюшков А.Н. Оценка эффективности двухэтапного хирургического лечения больных с перипротезной инфекцией коленного и тазобедренного суставов. *Гений ортопедии*. 2018;24(3):321-326. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326. Ermakov A.M., Kliushin N.M., Ababkov Ju.V., Triapichnikov A.S., Koiushkov A.N. [Efficiency of two-stage revision arthroplasty in management of periprosthetic knee and hip joint infection]. *Genij Orthopedii* [Orthopaedic Genius]. 2018;24(3):321-326. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326.
17. Шпиняк С.П., Барабаш А.П., Лясникова А.В. Применение спейсеров в лечении инфекционных осложнений тотального эндопротезирования коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;(5). Режим доступа: <https://science-education.ru/en/article/view?id=21443>.

- Shpinyak S.P., Barabash A.P., Lyasnikova A.V. [The use of spacers in the treatment of infectious complications in total knee replacement]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2015;(5). Available from: <https://science-education.ru/en/article/view?id=21443>. (In Russian).
18. Lichstein P., Su S., Hedlund H., Suh G., Maloney W.J., Goodman S.B., Huddleston J.I. 3rd. Treatment of Periprosthetic Knee Infection With a Two-stage Protocol Using Static Spacers. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(1):120-125. doi: 10.1007/s11999-015-4443-2.
 19. Преображенский П.М., Божкова С.А., Каземирский А.В., Гончаров М.Ю. Результаты этапного лечения пациентов с перипротезной инфекцией после эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2017;(1):98-107. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-98-107. Preobrazhensky P.M., Bozhkova S.A., Kazemirsky A.V., Goncharov M.Yu. [Results of Two-Stage Reimplantation in Patients with Periprosthetic Joint Infection after Total Knee Arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):98-107. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-98-107.
 20. Lu J., Han J., Zhang C., Yang Y., Yao Z. Infection after total knee arthroplasty and its gold standard surgical treatment: Spacers used in two-stage revision arthroplasty. *Intractable Rare Dis Res.* 2017;6(4):256-261. doi: 10.5582/irdr.2017.01049.
 21. Goodman S.B., Gallo J., Gibon E., Takagi M. Diagnosis and management of implant debris-associated inflammation. *Expert Rev Med Devices.* 2020;17(1):41-56. doi: 10.1080/17434440.2020.1702024.
 22. Proceedings of the Second International Consensus Meeting on Musculoskeletal Infection. Brooklandville, Maryland; 2018.
 23. Комаров Р.Н., Новиков А.В., Митрофанов В.Н., Акулов М.М., Корыткин А.А. Применение спейсеров в лечении перимплантной инфекции после эндопротезирования тазобедренного сустава. *Современные проблемы науки и образования.* 2014;(5). Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14954>.
 24. Komarov R.N., Novikov A.V., Mitrofanov V.N., Akulov M.M., Korytkin A.A. [The spacers application in the treatment of peri-implant infection after hip arthroplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2014;(5). (In Russian). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14954>.
 25. Schwarz E.M., Parvizi J., Gehrke T., Aiyer A., Battenberg A., Brown S.A. et al. 2018 International Consensus Meeting on Musculoskeletal Infection: Research Priorities from the General Assembly Questions. *J Orthop Res.* 2019;37(5):997-1006. doi: 10.1002/jor.24293.
 25. Fink B., Vogt S., Reinsch M., Büchner H. Sufficient release of antibiotic by a spacer 6 weeks after implantation in two-stage revision of infected hip prostheses. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(11):3141-3147. doi: 10.1007/s11999-011-1937-4.
 26. Voleti P.B., Baldwin K.D., Lee G.C. Use of static or articulating spacers for infection following total knee arthroplasty: a systematic literature review. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(17):1594-1599. doi: 10.2106/JBJS.L.01461.
 27. Yagmour K.M., Chisari E., Khan W.S. Single-Stage Revision Surgery in Infected Total Knee Arthroplasty: A PRISMA Systematic Review. *J Clin Med.* 2019;8(2):174. doi: 10.3390/jcm8020174.
 28. Pangaud C., Ollivier M., Argenson J.N. Outcome of single-stage versus two-stage exchange for revision knee arthroplasty for chronic periprosthetic infection. *EFORT Open Rev.* 2019;4(8):495-502. doi: 10.1302/2058-5241.4.190003.
 29. Cancienne J.M., Granadillo V.A., Patel K.J., Werner B.C., Browne J.A. Risk Factors for Repeat Debridement, Spacer Retention, Amputation, Arthrodesis, and Mortality After Removal of an Infected Total Knee Arthroplasty With Spacer Placement. *J Arthroplasty.* 2018;33(2):515-520. doi: 10.1016/j.arth.2017.08.037.

Сведения об авторах

✉ Преснов Дмитрий Владимирович

Адрес: Россия, 603005, г. Нижний Новгород,

пл. Минина и Пожарского, д. 10/1

e-mail: p.d-07@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3905-7958>

Митрофанов Вячеслав Николаевич — канд. мед. наук

e-mail: slavasm08@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2046-3865>

Королёв Святослав Борисович — д-р мед. наук, профессор

e-mail: svyatos.korolev070@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0286-8404>

Комаров Роман Николаевич — канд. мед. наук

e-mail: bagsnn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2705-8224>

Акулов Михаил Михайлович

e-mail: brisben@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4383-9370>

Authors' information

✉ Dmitrii V. Presnov

Address: 10/1, Minin and Pozharsky sq., Nizhny Novgorod,

603005, Russia

e-mail: p.d-07@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3905-7958>

Vyacheslav N. Mitrofanov — Cand. Sci. (Med.)

e-mail: slavasm08@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2046-3865>

Svyatoslav B. Korolev — Dr. Sci. (Med.), Professor

e-mail: svyatos.korolev070@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0286-8404>

Roman N. Komarov — Cand. Sci. (Med.)

e-mail: bagsnn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2705-8224>

Mikhail M. Akulov

e-mail: brisben@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4383-9370>



Связь полиморфизма генов *LYPLAL1* и *TGFA* с прогрессированием остеоартроза коленного сустава у жителей Центрального Черноземья России

В.Б. Новаков^{1,2}, О.Н. Новакова¹, М.И. Чурносков¹

¹ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Минобрнауки России, г. Белгород, Россия

² ОГБУЗ «Городская больница № 2», г. Белгород, Россия

Актуальность. Остеоартроз (ОА) коленного сустава является многофакторным заболеванием, в развитии которого важная роль отводится генетическим факторам. Доля наследственной компоненты в развитии ОА, по данным разных литературных источников, составляет от 40 до 65%. ОА коленного сустава является прогрессирующим заболеванием, приводящим к снижению качества жизни, потере трудоспособности.

Цель исследования — оценить роль полиморфных маркеров генов-кандидатов rs2820436 и rs2820443 *LYPLAL1*, rs3771501 *TGFA*, rs11177 *GNL3*, rs6976 *GLT8D1* в прогрессировании остеоартроза коленного сустава у населения Центрального Черноземья России.

Материал и методы. Исследование выполнено в дизайне «случай-контроль» на выборке из 500 больных с ОА коленного сустава. «Случай» — больные с III–IV стадиями заболевания по Kellgren–Lawrence ($n = 325$), «контроль» (индивидуумы, не имеющие анализируемого признака — с III–IV стадиями заболевания) — пациенты с II стадией заболевания ($n = 175$). Методом ПЦР-синтеза ДНК выполнено генотипирование пяти однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) генов-кандидатов в изучаемых группах больных. Изучение ассоциаций исследуемых полиморфных локусов, расчет частот гаплотипов и анализ их связей с прогрессированием ОА коленного сустава проведено методом логистической регрессии в программе PLINK v. 2.050.

Результаты. Значимые ассоциации с прогрессированием ОА коленного сустава установлены для аллельного варианта А rs2820436 гена *LYPLAL1* согласно аллельной (ОШ = 1,48; $p = 0,010$; $p_{perm} = 0,012$), аддитивной (ОШ = 1,58; $p = 0,009$; $p_{perm} = 0,010$), доминантной (ОШ = 1,61; $p = 0,024$; $p_{perm} = 0,030$) генетическим моделям и генотипа А/А этого же полиморфизма (ОШ = 2,53; $p = 0,041$). Протективную роль в прогрессировании заболевания имеют генотипы С/С rs2820436 *LYPLAL1* (ОШ = 0,67; $p = 0,043$), А/Г rs3771501 *TGFA* (OR = 0,67; $p = 0,042$). Установлено, что частота гаплотипа АС гаплоглоба rs2820436-rs2820443 в группе больных с III–IV стадиями заболевания статистически значимо выше, чем у пациентов со II стадией (ОШ = 1,83; $p = 0,002$; $p_{perm} = 0,002$).

Заключение. Генетическими факторами риска развития ОА коленного сустава III–IV рентгенологических стадий являются аллельный вариант А и генотип А/А rs2820436 гена *LYPLAL1*, гаплотип АС гаплоглоба rs2820436-rs2820443 у населения Центрального Черноземья России. Генотипы С/С rs2820436 гена *LYPLAL1* и А/Г rs3771501 гена *TGFA* имеют протективное значение в прогрессировании заболевания.

Ключевые слова: остеоартроз коленного сустава, *LYPLAL1*, *TGFA*, полиморфный локус, ассоциации, гены-кандидаты.

📖 Новаков В.Б., Новакова О.Н., Чурносков М.И. Связь полиморфизма генов *LYPLAL1* и *TGFA* с прогрессированием остеоартроза коленного сустава у жителей Центрального Черноземья России. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):42-53. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1979>.

✉ Новакова Ольга Николаевна; e-mail: litovkina@bsu.edu.ru

Рукопись получена: 04.08.2022. Рукопись одобрена: 14.10.2022. Статья опубликована онлайн: 26.10.2022.

© Новаков В.Б., Новакова О.Н., Чурносков М.И., 2022

Polymorphism of *LYPLAL1* and *TGFA* Genes Associated With Progression of Knee Osteoarthritis in Residents Central Chernozem Region of Russia

Vitaly B. Novakov^{1,2}, Olga N. Novakova¹, Mikhail I. Churnosov¹

¹ Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

² City Hospital No. 2, Belgorod, Russia

Background. Knee osteoarthritis (OA) is a multifactorial disease in which genetic factors play an important role. The share of the hereditary component in the development of OA, according to various literature sources, ranges from 40 to 65%. Knee OA is a progressive disease that leads to a decrease in the quality of life and disability.

The study aimed to evaluate the role of polymorphic markers of candidate genes rs2820436 and rs2820443 *LYPLAL1*, rs3771501 *TGFA*, rs11177 *GNL3*, rs6976 *GLT8D1* in the progression of knee OA in the population of the Central Chernozem Region of Russia.

Methods. The study was performed in a case-control design on a sample of 500 patients with knee OA. Case – patients with III-IV stages of the disease according to Kellgren–Lawrence (n = 325), control (individuals who do not have the analyzed sign – III-IV stages of the disease) – patients with stage II (n = 175). Genotyping of five single nucleotide polymorphisms (SNPs) of candidate genes was performed using the polymerase chain reaction method for DNA synthesis. The study of the associations of the studied polymorphic loci, the calculation of haplotype frequencies and the analysis of their relationship with the progression of knee OA was carried out by the method of logistic regression in the program PLINK v 2.050.

Results. Significant associations with the progression of OA of the knee were established for allelic variant A rs2820436 of *LYPLAL1* gene according to allelic (OR = 1.48, p = 0.010, p_{perm} = 0.012), additive (OR = 1.58, p = 0.009, p_{perm} = 0.010), dominant (OR = 1.61, p = 0.024, p_{perm} = 0.030) genetic models and A/A genotype of the same polymorphism (OR = 2.53, p = 0.041). The genotypes C/C rs2820436 *LYPLAL1* (OR = 0.67, p = 0.043), A/G rs3771501 *TGFA* (OR = 0.67, p = 0.042) have a protective role in the progression of the disease. It was found that the frequency of the AC haplotype of haploblock rs2820436-rs2820443 in the group of patients with III-IV stages of the disease was significantly higher than in patients with stage II (OR = 1.83, p = 0.002, p_{perm} = 0.002). The identified molecular genetic markers rs2820436 and rs2820443 of *LYPLAL1* gene, rs3771501 of *TGFA* gene are associated both with the risk of developing OA according to previous genome-wide studies and, according to our data, are associated with the progression of knee OA.

Conclusions. Genetic risk factors for the development of knee OA of III-IV radiological stages are allelic variant A and genotype A/A rs2820436 of *LYPLAL1* gene, haplotype AC of haploblock rs2820436-rs2820443 in the population of the Central Chernozem Region of Russia. Genotypes C/C rs2820436 of *LYPLAL1* gene and A/G rs3771501 of *TGFA* gene have a protective value in the progression of this disease.

Keywords: knee osteoarthritis, *LYPLAL1*, *TGFA*, polymorphic locus, associations, candidate genes.

Cite as: Novakov V.B., Novakova O.N., Churnosov M.I. [Polymorphism of *LYPLAL1* and *TGFA* Genes Associated With Progression of Knee Osteoarthritis in Residents Central Chernozem Region of Russia]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):42-53. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1979>.

✉ Olga N. Novakova; e-mail: litovkina@bsu.edu.ru

Submitted: 04.08.2022. Accepted: 14.10.2022. Published Online: 26.10.2022.

© Novakov V.B., Novakova O.N., Churnosov M.I., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Под остеоартрозом (ОА) понимают хроническое заболевание опорно-двигательного аппарата, которое характеризуется разрушением суставного хряща, воспалением синовиальной оболочки, ремоделированием кости [1]. Остеоартрозом страдает более 240 млн человек во всем мире [2]. Распространенность ОА коленного сустава колеблется в достаточно широких диапазонах, зависит от популяции, пола, возраста [3, 4]. В работе Л.И. Алексеевой с соавторами приведены обобщенные данные нескольких эпидемиологических исследований гонартроза, которые свидетельствуют о том, что частота встречаемости данного заболевания может варьировать в диапазоне от 2,0 до 42,4% при условии применения для диагностики исключительно клинических критериев, от 16,3 до 33,0% — только рентгенологических критериев и от 1,5 до 15,9% — при комбинации клинических и рентгенологических критериев [3]. В России ОА коленного и/или тазобедренного суставов страдает 13% населения старше 18 лет [5]. ОА коленного сустава приводит к снижению качества жизни, потере трудоспособности, ограничению переносимости физической нагрузки, а прогрессирование заболевания может стать причиной инвалидности [6].

Данные по факторам риска прогрессирования ОА коленного сустава остаются весьма противоречивыми [7]. Согласно литературным данным, в развитии/прогрессировании ОА значимая роль отводится наследственным (генетическим) факторам [1, 3, 8, 9]. Однако проведенные молекулярно-генетические исследования ОА коленного сустава позволили установить сравнительно небольшое количество полиморфных вариантов генов-кандидатов (*ADAM12*, *CILP*, *OPG*, *TNA*, *IL-1*, *GDF5*), ассоциированных с прогрессированием данной патологии [10, 11, 12, 13, 14]. Стоит отметить малочисленность выполненных исследований, посвященных данной проблеме, и их отсутствие в отечественной литературе. Вышеизложенные факты диктуют необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на поиск полиморфных генетических маркеров прогрессирования ОА коленного сустава в различных популяциях мира, в том числе и в России.

Цель исследования — оценить роль полиморфных маркеров генов-кандидатов rs2820436 и rs2820443 *LYPLAL1*, rs3771501 *TGFA*, rs11177 *GNL3*, rs6976 *GLT8D1* в прогрессировании остеоартроза коленного сустава у населения Центрального Черноземья России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Исследование выполнено в дизайне «случай-контроль» на выборке из 500 больных ОА коленного сустава. «Группа случаев» — больные с III–IV рентгенологическими стадиями заболевания по Kellgren–Lawrence, «группа контроля» (индивидуумы, не имеющие анализируемого признака — III–IV стадий заболевания) — пациенты со II стадией заболевания. Выборка для исследования была сформирована в период с февраля 2016 г. по декабрь 2018 г.

Критерии включения: 1) русская национальность, территория рождения и проживания — Центральное Черноземье России; 2) возраст от 40 лет; 3) диагностированный первичный ОА коленного сустава II–IV стадий по Kellgren–Lawrence; 4) наличие болевого синдрома по ВАШ более 40 баллов; 5) наличие добровольного информированного согласия на исследование.

Критерии исключения: 1) не русская национальность, проживание и/или рождение вне Центрально-Черноземного региона России; 2) наличие тяжелых форм артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца, сахарного диабета, почечно-печеночной недостаточности, онкологических заболеваний, системных заболеваний соединительной ткани, травм суставов в анамнезе, воспалительных заболеваний суставов, врожденных пороков развития опорно-двигательной системы; 3) отказ от участия в исследовании.

У всех больных, включенных в исследование, был диагностирован первичный ОА коленного сустава на основе клинического осмотра, лабораторного и рентгенологического исследований согласно Федеральным клиническим рекомендациям по диагностике и лечению остеоартроза [15]. У 175 (39,0%) больных была установлена II рентгенологическая стадия ОА коленного сустава по шкале Kellgren–Lawrence, у 230 (46,0%) пациентов — III стадия, у 95 (19,0%) больных — IV стадия заболевания.

Для исследования ассоциаций полиморфных маркеров генов-кандидатов с прогрессированием ОА коленного сустава изучаемая выборка пациентов была разделена на две группы. Первая группа пациентов ($n = 325$) представляла собой объединенную выборку больных с III и IV рентгенологическими стадиями, во вторую группу ($n = 175$) были включены больные с II рентгенологической стадией. Объединение групп пациентов с III–IV стадиями заболевания было выполнено с целью повышения мощности проводимого анализа ассоциаций.

В качестве объекта генетического исследования использовалась геномная ДНК, выделенная из периферической венозной крови методом фенол-хлороформной экстракции. Полиморфные маркеры генов-кандидатов были отобраны для исследования на основании следующих критериев: 1) наличие ассоциаций с ОА по данным ранее проведенных полногеномных исследований (GWAS) в европейских популяциях [16, 17, 18, 19, 20]; 2) выраженное функциональное значение полиморфизма (регуляторный потенциал, связь с экспрессией, альтернативным сплайсингом генов [21]) согласно онлайн ресурсам GTEx Portal* и HaploReg (v4.1)**; 3) частота полиморфизма не менее 5%.

В соответствии с данными критериями в исследование были включены пять SNPs четырех генов-кандидатов: rs2820436 и rs2820443 *LYPLAL1*, rs3771501 *TGFA*, rs11177 *GNL3*, rs6976 *GLT8D1*. Все полиморфные локусы ассоциированы с ОА по данным GWAS в европейских популяциях [16, 17, 18, 19, 20], имеют выраженный регуляторный потенциал (rs2820443, rs3771501, rs11177 расположены в эволюционно-консервативном регионе ДНК; rs2820443, rs11177, rs6976 находятся в регионе связывания с регуляторными белками и в участках повышенной чувствительности к DNКазе; rs2820443, rs11177 локализируются в области гистоновых белков, маркирующих промоторы; все пять SNPs расположены в регионе гистонов, маркирующих энхансеры). Стоит отметить, что сильно сцепленные SNPs ($r^2 \geq 0,8$) с изучаемыми полиморфными локусами также демонстрируют значимые эпигенетические эффекты. Все пять SNPs и сильно сцепленные с ними SNPs имеют ассоциации с уровнем экспрессии и альтернативного сплайсинга генов в патогенетически значимых для развития ОА культурах клеток, тканях и органах (щитовидная железа, большеберцовые артерии и нервы, скелетная мускулатура, жировая ткань, фибробласты и др.). Частоты минорных аллелей исследуемых полиморфных маркеров генов-кандидатов составили более 5%.

Образцы ДНК были генотипированы на амплификаторе Real-Time CFX96 (США) методом TaqMan зондов.

Статистический анализ

Распределение анализируемых количественных показателей (возраст, рост, ИМТ), оцененное с помощью критерия Шапиро–Уилка, не соответствует закону нормального распределения ($p < 0,05$). Для их описания применяли медиану (Me) и интерквартильный размах (Q25–Q75), максимальное (Max) и минимальное (Min) значения, а также рассчитывали среднее значение и стан-

дартное отклонение $M(\sigma)$. Для качественных показателей в изученных группах определяли их абсолютные значения и проценты. Для сравнения количественных показателей применяли критерий Манна–Уитни, для качественных признаков — χ^2 . Статистически значимым считали результат при $p < 0,05$.

Проводили оценку наблюдаемого распределения генотипов для пяти SNPs, включенных в исследование, и его соответствие ожидаемому распределению согласно закону равновесия Харди–Вайнберга (отклонения принимались за статистически значимые при $p_{HWE} \leq 0,05$). При сравнительном анализе частот аллелей и генотипов между двумя группами больных ОА коленного сустава применяли критерий χ^2 с поправкой Йетса на непрерывность, использовали таблицы сопряженности 2×2 . Все вычисления выполнялись в программе STATISTICA for Windows 10.0. За статистически значимый уровень принимали $p < 0,05$. Изучение ассоциаций исследуемых полиморфных локусов с прогрессированием ОА коленного сустава проводили с использованием метода логистической регрессии (рассматривали четыре генетические модели: аллельная, аддитивная, рецессивная и доминантная) с поправками на ковариаты — возраст, ИМТ в программе PLINK v. 2.050. Для оценки ассоциаций полиморфных маркеров генов-кандидатов с прогрессированием заболевания использовали отношение шансов (ОШ) и 95% ДИ (95% доверительный интервал для ОШ). Проводилась коррекция на множественные сравнения с использованием пермутационных процедур. За статистически значимый уровень принимали $p_{perm} < 0,05$.

Изучение неравновесия по сцеплению между рядом расположенными SNPs, расчет частот гаплотипов и анализ их ассоциаций с прогрессированием ОА коленного сустава проводили в программе PLINK v. 2.050. Блочная структура определялась посредством алгоритма Confidence intervals ($r^2 \geq 0,2$) [22]. Частоты гаплотипов определялись с помощью EM-алгоритма. Оценку характера ассоциации гаплотипов с прогрессированием заболевания осуществляли с использованием показателя ОШ. В исследование включались ковариаты (возраст, ИМТ, распределение по полу), проводилась коррекция на множественные сравнения при помощи пермутационного теста [23]. За статистически значимый уровень принимали $p_{perm} < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Медико-биологические и клинико-анамнестические характеристики пациентов изучаемых групп представлены в таблице 1.

* <http://www.gtportal.org/>

** <http://archive.broadinstitute.org/mammals/haploreg/haploreg.php>

Таблица 1

Характеристика пациентов исследуемых групп

Показатель		Больные ОА III–IV стадии (n = 325)	Больные ОА II стадии (n = 175)	p
Мужчины/женщины, n (%)		133/192 (40,92/59,08)	75/100 (42,86/57,14)	0,75
Средний возраст, лет	Me (Q25–Q75)	59,0 (57,0–62,0)	52,0 (49,0–54,0)	<0,001
	Min/Max	40,0/75,0	41,0/61,0	
	M (σ)	59,71 (6,27)	51,53 (4,31)	
Рост, см	Me (Q25–Q75)	169,0 (163,0–175,0)	169,0 (163,0–176,0)	0,34
	Min/Max	149,0/191,0	157,0/193,0	
	M (σ)	168,94 (7,89)	169,68 (7,85)	
ИМТ, кг/м ²	Me (Q25–Q75)	31,60 (28,39–35,99)	30,48 (27,29–34,31)	0,01
	Min/Max	20,20/48,28	21,22/46,06	
	M (σ)	32,39 (5,49)	31,06 (4,69)	
<i>Сопутствующая патология, n (%)</i>				
Сердечно-сосудистая система		123 (37,84)	61 (34,85)	0,57
Пищеварительная система		39 (12,00)	21 (12,00)	1
Мочеполовая система		23 (7,08)	6 (3,43)	0,14
Центральная нервная система		37 (11,38)	15 (8,57)	0,41
Эндокринные органы		35 (10,77)	16 (9,14)	0,66
Дыхательная система		42 (11,20)	17 (9,71)	0,36
Прочие		22 (6,77)	7 (4,00)	0,29

Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения.

Сформированные группы больных не отличались по росту и наличию сопутствующей соматической патологии ($p > 0,05$). Однако в объединенной выборке больных с III–IV стадиями наблюдался статистически значимо более высокий показатель индекса массы тела (ИМТ) по сравнению с группой пациентов, имеющих II рентгенологическую стадию, также данные группы пациентов отличались по возрасту ($p < 0,05$).

Популяционно-генетический анализ показал, что для всех рассматриваемых полиморфных локусов генов-кандидатов (rs2820436 и rs2820443 *LYPLAL1*, rs3771501 *TGFA*, rs11177 *GNL3*, rs6976 *GLT8D1*) в группе больных с II стадией и объединенной группе пациентов с III–IV стадиями наблюдаемое распределение генотипов соответствовало ожидаемому согласно закону равновесия Харди–Вайнберга ($p_{HWE} > 0,05$).

Сравнительный анализ частот аллелей и генотипов изучаемых полиморфных маркеров генов-кандидатов показал, что среди больных с III–IV стадиями частота аллельного варианта A rs2820436 статистически значимо больше, чем в группе больных с II стадией заболевания ($p = 0,013$). Также установлено, что встречаемость генотипа A/A rs2820436 в группе больных с III–IV стадиями в 2,38 раза больше и частота генотипа C/C этого же локуса в 1,21 раза меньше, чем среди пациентов с II стадией ОА коленного сустава ($p < 0,05$). Статистически значимые различия по частоте генотипа A/G выявлены для локуса rs3771501 гена *TGFA*: встречаемость данного генотипа в объединенной группе больных с III–IV стадиями была меньше, чем среди пациентов с II стадией, в 1,22 раза ($p = 0,042$).

Полученные в рамках четырех генетических моделей показатели ассоциации изучаемых SNPs с прогрессированием ОА представлены в таблице 2.

Таблица 2

Частоты аллелей и генотипов полиморфных локусов генов-кандидатов в исследуемых группах больных

Полиморфизм	Аллель, генотип	Больные ОА III–IV стадий n (%)	Больные ОА II стадии n (%)	ОШ (95% ДИ)	p
rs2820436	C	447 (68,98)	267 (76,72)	0,68 (0,50–0,92)	0,013
	A	201 (31,02)	81 (23,28)	1,48 (1,09–2,02)	
	A/A	31 (9,57)	7 (4,02)	2,53 (1,03–6,44)	0,041
	A/C	139 (42,90)	67 (38,51)	1,20 (0,81–1,78)	0,394
	C/C	154 (47,53)	100 (57,47)	0,67 (0,45–0,99)	0,043
	H _o /H _e (p _{HWE})	0,429/0,428 (1,000)	0,385/0,357 (0,397)	–	–
	Минорный аллель A (модель аллельная)	–	–	1,48 (1,10–2,00)	0,010
	A/A vs. A/C vs. C/C (модель аддитивная)	–	–	1,58 (1,12–2,23)	0,009
	C/C vs. A/C + A/A (модель доминантная)	–	–	1,61 (1,06–2,44)	0,024
	A/C + C/C vs. A/A (модель рецессивная)	–	–	2,50 (0,99–6,26)	0,052
rs2820443	T	466 (71,69)	266 (76,00)	0,80 (0,59–1,09)	0,164
	C	184 (28,31)	84 (24,00)	1,25 (0,92–1,71)	
	C/C	27 (8,30)	13 (7,43)	1,13 (0,54–2,38)	0,864
	C/T	130 (40,00)	58 (33,14)	1,35 (0,90–2,01)	0,158
	T/T	168 (51,70)	104 (59,43)	0,73 (0,50–1,08)	0,118
	H _o /H _e (p _{HWE})	0,400/0,406 (0,785)	0,331/0,365 (0,218)	–	–
	Минорный аллель C (модель аллельная)	–	–	1,25 (0,93–1,68)	0,142
	C/C vs. C/T vs. T/T (модель аддитивная)	–	–	1,37 (0,98–1,99)	0,064
	T/T vs. C/C + C/T (модель доминантная)	–	–	1,54 (1,01–2,33)	0,043
	C/T + T/T vs. C/C (модель рецессивная)	–	–	1,28 (0,59–2,81)	0,533
rs3771501	G	367 (56,46)	199 (57,18)	0,97 (0,74–1,27)	0,880
	A	283 (43,54)	149 (42,82)	1,03 (0,79–1,35)	
	A/A	69 (21,23)	27 (15,52)	1,47 (0,88–2,47)	0,155
	A/G	145 (44,62)	95 (54,59)	0,67 (0,46–0,99)	0,042
	G/G	111 (34,15)	52 (29,89)	1,22 (0,80–1,85)	0,386
	H _o /H _e (p _{HWE})	0,446/0,492 (0,092)	0,546/0,490 (0,164)	–	–
	Минорный аллель A (модель аллельная)	–	–	1,03 (0,79–1,34)	0,826
	A/A vs. A/G vs. G/G (модель аддитивная)	–	–	0,95 (0,71–1,28)	0,749
	G/G vs. A/A + A/G (модель доминантная)	–	–	0,73 (0,47–1,13)	0,160
	A/G + G/G vs. A/A (модель рецессивная)	–	–	1,37 (0,79–2,36)	0,258

Полиморфизм	Аллель, генотип	Больные ОА III–IV стадий n (%)	Больные ОА II стадии n (%)	ОШ (95% ДИ)	p
rs11177	G	375 (57,69)	189 (54,00)	1,16 (0,89–1,52)	0,292
	A	275 (42,31)	161 (46,00)	0,86 (0,66–1,13)	
	A/A	61 (18,77)	36 (20,57)	0,89 (0,55–1,45)	0,713
	A/G	153 (47,08)	89 (50,86)	0,86 (0,59–1,26)	0,476
	G/G	111 (34,15)	50 (28,57)	1,30 (0,85–1,97)	0,241
	H_o/H_e (p_{HWE})	0,471/0,488 (0,570)	0,509/0,497 (0,879)	–	–
	Минорный аллель A (модель аллельная)	–	–	0,86 (0,66–1,12)	0,261
	A/A vs. A/G vs. G/G (модель аддитивная)	–	–	0,83 (0,62–1,12)	0,226
	G/G vs. A/A + A/G (модель доминантная)	–	–	0,72 (0,46–1,12)	0,147
	A/G + G/G vs. A/A (модель рецессивная)	–	–	0,89 (0,53–1,43)	0,655
rs6976	C	262 (57,28)	187 (54,68)	0,80 (0,61–1,07)	0,134
	T	270 (42,72)	155 (45,32)	1,24 (0,94–1,65)	
	T/T	62 (19,62)	35 (20,47)	0,95 (0,58–1,55)	0,918
	C/T	146 (46,20)	85 (49,71)	0,87 (0,59–1,28)	0,520
	C/C	108 (34,18)	51 (29,82)	1,22 (0,80–1,86)	0,382
	H_o/H_e (p_{HWE})	0,462/0,489 (0,357)	0,497/0,496 (1,000)	–	–
	Минорный аллель T (модель аллельная)	–	–	0,90 (0,69–1,17)	0,435
	T/T vs. C/T vs. C/C (модель аддитивная)	–	–	0,88 (0,65–1,19)	0,401
	C/C vs. T/T + C/T (модель доминантная)	–	–	0,76 (0,48–1,21)	0,247
C/T + C/C vs. T/T (модель рецессивная)	–	–	0,96 (0,57–1,63)	0,888	

H_o/H_e — наблюдаемая/ожидаемая гетерозиготность; p_{HWE} — уровень значимости отклонения от закона Харди – Вайнберга. Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения.

В рамках аллельной генетической модели выявлено, что частота минорного аллеля A rs2820436 в группе больных с III–IV стадиями статистически значимо выше, чем в группе пациентов с II стадией ($p = 0,010$; $p_{perm} = 0,012$). Значимые ассоциации с прогрессированием ОА коленного сустава установлены для аллеля A rs2820436 гена *LYPLAL1* также согласно аддитивной ($p = 0,009$; $p_{perm} = 0,010$) и доминантной ($p = 0,024$; $p_{perm} = 0,030$) генетическим моделям. Стоит отметить, что в рамках доминантной генетической модели установлена связь аллельного варианта C rs2820443 гена *LYPLAL1* с прогрессированием заболевания ($p = 0,043$), однако при проведении пермутационных процедур выявленный уровень ассоциаций не достиг статистически значимого ($p_{perm} = 0,076$).

Установлено неравновесие по сцеплению между парами SNPs, расположенными на одной хромосоме: rs2820436-rs2820443 ($r^2 = 0,47$) и rs11177 и rs6976 ($r^2 = 0,93$). Эти пары SNPs образуют соответственно два гапблока — H1 и H2. Поэтому на следующем этапе работы проведено изучение ассоциаций гаплотипов двух установленных нами гапблоков полиморфных маркеров генов-кандидатов с прогрессированием ОА коленного сустава (табл. 3). Выявлено, что частота гаплотипа AC гапблока H1 в группе больных с III–IV стадиями заболевания статистически значимо в 1,49 раза выше, чем у пациентов с II стадией ($p = 0,002$; $p_{perm} = 0,002$). По гапблоку H2 значимых ассоциаций с прогрессированием ОА коленного сустава не обнаружено.

**Частоты гаплотипов полиморфных локусов генов-кандидатов
в исследуемых группах больных**

Гапоблок (хромосома)	Полиморфизмы	Гаплотип	Частота гаплотипа		ОШ	<i>p</i>
			Больные ОА III–IV стадий (<i>n</i> = 325)	Больные ОА II стадии (<i>n</i> = 175)		
Н1 (1-я хромосома)	rs2820436-rs2820443	АС	0,240	0,161	1,83	0,002
		СС	0,041	0,078	0,59	0,094
		АТ	0,071	0,072	0,89	0,684
		СТ	0,649	0,690	0,77	0,109
Н2 (3-я хромосома)	rs11177-rs6976	АТ	0,413	0,450	0,85	0,284
		ГТ	0,014	0,003	2,06	0,342
		АС	0,008	0,015	0,43	0,118
		ГС	0,565	0,532	1,21	0,214

Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании установлены ассоциации полиморфных маркеров генов-кандидатов (rs2820436 и rs2820443 *LYPLAL1*, rs3771501 *TGFA*) с прогрессированием ОА коленного сустава у населения Центрально-Черноземного региона России. Нами выявлено, что аллельный вариант А rs2820436 гена *LYPLAL1* является рисковым в прогрессировании заболевания (ОШ = 1,48–1,61), как и генотип А/А данного полиморфизма (ОШ = 2,53). Однако генотип С/С rs2820436 имеет протективную направленность в прогрессировании ОА коленного сустава (ОШ = 0,67). Полученные нами результаты согласуются с литературными данными по этой проблеме. Согласно результатам GWAS исследования, выполненного на европейцах, противоположный аллель С rs2820436 гена *LYPLAL1* определяет протективную направленность в развитии ОА (ОШ = 0,93; $p = 2,01 \times 10^{-09}$) [18]. В GWAS исследовании U. Styrkarsdottir с соавторами также показано, что аллель С полиморфного маркера rs2820436 связан с низким риском развития коксартроза у европейцев (ОШ = 0,93; $p = 9,4 \times 10^{-09}$) [17], при этом с гонартрозом ассоциаций на полногеномном уровне не установлено (ОШ = 0,96; $p = 1,1 \times 10^{-05}$).

Стоит отметить, что имеется ряд исследований, которые демонстрируют связь rs2820436 с признаками, имеющими значимую роль в патогенезе ОА (например, ИМТ). В трансэтническом метаанализе J. Gong с соавторами (изучена выборка из афроамериканцев, латиноамериканцев, азиатов, коренных американцев и американцев европейского происхождения) выявлена связь аллельного варианта А rs2820436 с ИМТ, причем данный аллель определяет повышенный ИМТ ($\beta = 0,0049$;

$p = 3,79 \times 10^{-08}$) [24]. Известно, что повышенный ИМТ и ожирение являются ведущими факторами риска развития и прогрессирования ОА [7, 25, 26]. В работе L. Fernández-Rhodes с соавторами на выборке из более чем 102 000 взрослых африканцев, латиноамериканцев, азиатов и европейцев, напротив, установлена ассоциация аллеля А rs2820436 с более низким ИМТ (ОШ = 0,50; $p = 3,2 \times 10^{-08}$) [27]. В исследовании V. Lundbäck с соавторами [28] показана связь экспрессии rs2820436 гена *LYPLAL1* в жировой ткани с ИМТ ($p = 1,2 \times 10^{-04}$) с уровнем базального липолиза ($p = 0,026$).

Медико-биологической основой выявленных ассоциаций могут быть выраженные функциональные эффекты rs2820436 гена *LYPLAL1*. С помощью онлайн-ресурса HaploReg (v.4.1) установлено, что данный полиморфный маркер расположен в области ДНК, связанной с гистоновыми белками H3K4me1, маркирующими неактивные энхансеры в хондроцитах, фибробластах, остеобластах, жировой ткани, находится в регионе гистона H3K27ac, маркирующего активные энхансеры в лимфоцитах, хондроцитах, а также в области гистона H3K9ac, определяющего активные промоторы в жировой ткани, регионе трех регуляторных мотивов ДНК. Также с применением онлайн-программы GTE Portal выявлено, что аллель А rs2820436 связан с высокой экспрессией гена *RP11-392O17.1* в жировой ткани ($p = 1,9 \times 10^{-06}$) и низкой экспрессией этого же гена в надпочечниках ($p = 4,0 \times 10^{-06}$), определяет пониженный уровень альтернативного сплайсинга транскрипта гена *RP11-392O17.1* в жировой ткани ($p = 4,8 \times 10^{-21}$).

Аллельный вариант С rs2820443 гена *LYPLAL1*, который, согласно нашим данным, в составе га-

плотипа AC гапблока rs2820436-rs2820443 гена *LYPLAL1* является фактором риска прогрессирования ОА коленного сустава у населения европейской части России, в GWAS исследовании имеет рискованное значение для развития ОА коленного и/или тазобедренного сустава у европейцев (ОШ = 1,06; $p = 6 \times 10^{-11}$) [19]. Стоит отметить, что в каталоге GWAS представлены исследования, демонстрирующие на полногеномном уровне связь rs2820443 гена *LYPLAL1* с патогенетически значимыми для ОА коленного сустава признаками (распределение абдоминального жира, окружность бедра). Согласно данным GWAS, аллель C rs2820436 связан с более высоким коэффициентом распределения абдоминальной жировой ткани в организме ($\beta = 0,025$; $p = 8 \times 10^{-20}$ для европейцев) [29] и большей окружностью бедра с поправкой на ИМТ ($\beta = 0,060$; $p = 3 \times 10^{-83}$ для европейской популяции) [30].

Выявленные в рамках нашего исследования ассоциации rs2820443 гена *LYPLAL1* с прогрессированием ОА коленного сустава могут быть обусловлены выраженными регуляторными эффектами данного SNP согласно онлайн-ресурсам *haploReg* (v.4.1) и *GTEx Portal*. Полиморфный локус rs2820443, находящийся на расстоянии 22kb от 3' конца гена *RP11-95P13.2*, расположен в эволюционно консервативном регионе, в регионе гистонов, маркирующих промоторы в жировой ткани и энхансеры в остеобластах, мышечной ткани, фибробластах, в области гиперчувствительности к ДНКазе-1, регионе связывания с двумя регуляторными белками (*STAT3*, *FOXA1*) и регионе 8 регуляторных мотивов ДНК. Минорный аллель C rs2820443, который, согласно нашим данным, в составе гаплотипа AC гапблока rs2820436-rs2820443 является фактором риска прогрессирования заболевания, повышает аффинность к трансформационному фактору DBP (различия между LOD scores аллелей C(alt) и T(ref) составляют 11,8) и понижает аффинность к 7 транскрипционным факторам (различия между LOD scores аллелей C(alt) и T(ref) = -4...-12). Данный аллельный вариант связан с низкой экспрессией гена *RIMKLBP2* в жировой ткани ($\beta = -0,17$; $p = 3,6 \times 10^{-05}$) и низким уровнем альтернативного сплайсинга транскрипта гена *RP11-392O17.1* в жировой ткани ($\beta = -0,47$; $p = 2,1 \times 10^{-11}$).

Нами установлена связь генотипа A/G rs3771501 гена *TGFA* с прогрессированием ОА коленного сустава (ОШ = 0,67). Ассоциация аллеля G rs3771501 гена *TGFA* с ОА на GWAS уровне впервые была установлена E. Zengini с соавторами в европейской популяции [18]. Авторами показано, что данный аллельный вариант rs3771501 является протективным фактором развития ОА (ОШ = 0,94; $p = 1,66 \times 10^{-08}$). В GWAS исследовании C.G. Воег с соавторами установлена связь rs3771501 гена *TGFA* с ОА сус-

тавов руки у европейцев ($p < 5,8 \times 10^{-4}$) [31]. Еще в двух GWAS исследованиях выявлены ассоциации аллельного варианта A rs3771501 гена *TGFA* с ОА в европейской популяции (ОШ = 1,05; $p = 4,27 \times 10^{-16}$) [19] и на смешанных выборках европейцев, азиатов, американцев европейского происхождения (ОШ = 1,04; $p = 4,05 \times 10^{-15}$) [20].

По данным базы генетической информации GeneCards, ген *TGFA* кодирует фактор роста, являющегося лигандом для рецептора эпидермального фактора роста, который активирует сигнальный путь для пролиферации, дифференцировки и развития клеток [32]. Известно, что *TGFA* подавляет анаболические и способствует катаболическим процессам в суставном хряще. *TGFA* является мощным стимулятором деградации хряща за счет активации сигнальных путей Rho/ROCK и MEK/ERK [33]. С.Т. Appleton с соавторами установили, что ингибирование сигнального пути *TGFA*-*CCL2* снижает риск прогрессирования экспериментального посттравматического ОА *in vivo* [34].

Полиморфный маркер rs3771501 гена *TGFA* обладает выраженными регуляторными эффектами: локализован в функционально активном регионе генома, в области ДНК, связанной с гистоновыми белками (*H3K4me1*), маркирующими неактивные энхансеры в клетках хондроцитов, гиппокампе, черной субстанции, височной доле мозга, коре. С помощью онлайн-ресурса *GTEx Portal* выявлено, что аллель G rs3771501 ассоциирован с повышенной экспрессией гена *TGFA* в большеберцовых нервах ($\beta = 0,09$; $p = 1,6 \times 10^{-04}$), в различных отделах головного мозга ($\beta = 0,21-0,31$; $p < 3,1 \times 10^{-06}$).

Таким образом, молекулярно-генетические маркеры rs2820436 и rs2820443 гена *LYPLAL1*, rs3771501 гена *TGFA* связаны как с риском развития ОА, по данным ранее проведенных полногеномных исследований, так и, согласно нашим данным, ассоциированы с прогрессированием ОА коленного сустава у жителей Центрального Черноземья России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящего исследования установлена связь полиморфных маркеров rs2820436 и rs2820443 гена *LYPLAL1*, rs3771501 *TGFA* с прогрессированием ОА коленного сустава у населения Центрального Черноземья России. Аллельный вариант A и генотип A/A rs2820436 гена *LYPLAL1* (ОШ = 1,48-2,53), гаплотип AC гапблока rs2820436-rs2820443 (ОШ = 1,83) являются факторами риска прогрессирования заболевания. Генотипы C/C rs2820436 гена *LYPLAL1* (ОШ = 0,67) и A/G rs3771501 гена *TGFA* (ОШ = 0,67) имеют протективное значение в прогрессировании ОА коленного сустава.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Заявленный вклад авторов**

Новаков В.Б. — обзор публикаций по теме статьи, редактирование.

Новакова О.Н. — сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи и написание текста рукописи, этапное и заключительное редактирование рукописи.

Чурносков М.И. — разработка дизайна исследования, статистическая обработка полученного материала, анализ полученных результатов.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом при Медицинском институте ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Минобрнауки России, протокол № 2 (7) от 02.02.2016 г.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию медицинских данных.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Reynard L.N., Barter M.J. Osteoarthritis year in review 2019: genetics, genomics and epigenetics. *Osteoarthritis Cartilage*. 2020;28(3):275-284. doi: 10.1016/j.joca.2019.11.010.
2. Katz J.N., Arant K.R., Loeser R.F. Diagnosis and Treatment of Hip and Knee Osteoarthritis: A Review. *JAMA*. 2021;325(6):568-578. doi: 10.1001/jama.2020.22171.
3. Алексеева Л.И., Таскина Е.А., Кашеварова Н.Г. Остеоартрит: эпидемиология, классификация, факторы риска и прогрессирования, клиника, диагностика, лечение. *Современная ревматология*. 2019;13(2): 9-21. doi: 10.14412/1996-7012-2019-2-9-21. Alekseeva L.I., Taskina E.A., Kashevarova N.G. [Osteoarthritis: epidemiology, classification, risk factors and progression, clinic, diagnosis, treatment]. *Sovremennaya revmatologiya* [Modern Rheumatology]. 2019;13(2):9-21. (In Russian). doi: 10.14412/1996-7012-2019-2-9-21.
4. Паникар В.И., Щербань Э.А., Павлова И.А. Комплексная гериатрическая оценка остеоартроза коленных суставов в старческом возрасте. *Научные результаты биомедицинских исследований*. 2019;5(1):131-139. doi: 10.18413/2313-8955-2019-5-1-0-10. Panikar V.I., Shcherban E.A., Pavlova I.A. [Complex geriatric assessment of osteoarthrosis of knee joints in the senior age]. *Nauchnye rezultaty biomeditsinskikh issledovaniy* [Research Results in Biomedicine]. 2019;5(1):131-139. (In Russian). doi: 10.18413/2313-8955-2019-5-1-0-10.

DISCLAIMERS**Author contribution**

Novakov V.B. — literature review, text editing.

Novakova O.N. — collection and processing of data and writing the text.

Churnosov M.I. — study design, statistical processing of the obtained data, analysis of the results.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee at the Medical Institute of the Belgorod State National Research University, protocol No. 2 (7), 02.02.2016.

Consent for publication. The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish medical data.

5. Галушко Е.А., Насонов Е.Л. Распространенность ревматических заболеваний в России. *Альманах клинической медицины*. 2018;46(1):32-39. doi: 10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39. Galushko E.A., Nasonov E.L. [Prevalence of rheumatic diseases in Russia]. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny* [Almanac of Clinical Medicine]. 2018;46(1):32-39. (In Russian). doi: 10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39.
6. Кавалерский Г., Сметанин С., Лычагин А., Мойсов А. Факторы риска развития остеоартроза коленного сустава. *Врач*. 2017;(3):22-24. Kavalersky G., Smetanin S., Lychagin A., Moysov A. [Risk factors for knee osteoarthritis]. *Vrach* [Doctor]. 2017;(3):22-24. (In Russian).
7. Кашеварова Н.Г., Алексеева Л.И. Факторы риска прогрессирования остеоартроза коленных суставов. *Научно-практическая ревматология*. 2014;52(5):553-561. doi: 10.14412/1995-4484-2014-553-561. Kashevarova N.G., Alekseeva L.I. [Risk factors of the knee osteoarthritis progression]. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya* [Rheumatology Science and Practice]. 2014;52(5):553-561. (In Russian). doi: 10.14412/1995-4484-2014-553-561.
8. Primorac D., Molnar V., Rod E., Jeleč Ž., Čukelj F., Matišić V. et al. Knee Osteoarthritis: A Review of Pathogenesis and State-Of-The-Art Non-Operative Therapeutic Considerations. *Genes (Basel)*. 2020;11(8):854. doi: 10.3390/genes11080854.

9. Новаков В.Б., Новакова О.Н., Чурносоев М.И. Факторы риска и молекулярные основы этиопатогенеза остеоартроза коленного сустава (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2021;27(1):112-120. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-112-120. Novakov V.B., Novakova O.N., Churnosov M.I. [Risk factors and molecular entities of the etiopathogenesis of the knee osteoarthritis (literature review)]. *Genij Orthopedii* [Orthopaedic Genius]. 2021;27(1):112-120. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-112-120.
10. Valdes A.M., Hart D.J., Jones K.A., Surdulescu G., Swarbrick P., Doyle D.V. et al. Association study of candidate genes for the prevalence and progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2004;50(8):2497-2507. doi: 10.1002/art.20443.
11. Abd Elazeem M.I., Abdelazeem E.A., Mohamed R.A. Genetic influence of growth and differentiation factor 5 gene polymorphism (+104T/C) on the development of knee osteoarthritis and its association with disease severity. *Eur J Rheumatol*. 2017;4(2):98-103. doi: 10.5152/eurjrheum.2017.160093.
12. Gok K., Cemeroglu O., Cakirbay H., Gunduz E., Acar M., Cetin E.N. et al. Relationship between cytosine-adenine repeat polymorphism of ADAMTS9 gene and clinical and radiologic severity of knee osteoarthritis. *Int J Rheum Dis*. 2018;21(4):821-827. doi: 10.1111/1756-185X.12849.
13. Wu X., Kondragunta V., Kornman K.S., Wang H.Y., Duff G.W., Renner J.B. et al. IL-1 receptor antagonist gene as a predictive biomarker of progression of knee osteoarthritis in a population cohort. *Osteoarthritis Cartilage*. 2013;21(7):930-938. doi: 10.1016/j.joca.2013.04.003.
14. Chen R., Zhang Y., Xu H., Hu H., Chen M., Shuai Z. Val109Asp Polymorphism of the Omentin-1 Gene and Incidence of Knee Osteoarthritis in a Chinese Han Population: A Correlation Analysis. *Drug Des Devel Ther*. 2021;15:5075-5086. doi: 10.2147/DDDT.S340410.
15. Алексеева Л.И. Обновление клинических рекомендаций по лечению больных остеоартритом 2019 года. *Русский медицинский журнал*. 2019;4:2-6. Alekseeva L.I. [Update of clinical guidelines for the treatment of patients with osteoarthritis 2019]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2019;4: 2-6. (In Russian)
16. ArcOGEN Consortium; arcOGEN Collaborators, Zeggini E., Panoutsopoulou K., Southam L., Rayner N.W. et al. Identification of new susceptibility loci for osteoarthritis (arcOGEN): a genome-wide association study. *Lancet*. 2012;380(9844):815-823. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60681-3.
17. Styrkarsdottir U., Lund S.H., Thorleifsson G., Zink F., Stefansson O.A., Sigurdsson J.K. et al. Meta-analysis of Icelandic and UK data sets identifies missense variants in SMO, IL11, COL11A1 and 13 more new loci associated with osteoarthritis. *Nat Genet*. 2018;50(12):1681-1687. doi: 10.1038/s41588-018-0247-0.
18. Zengini E., Hatzikotoulas K., Tachmazidou I., Steinberg J., Hartwig F.P., Southam L. et al. Genome-wide analyses using UK Biobank data provide insights into the genetic architecture of osteoarthritis. *Nat Genet*. 2018;50(4):549-558. doi: 10.1038/s41588-018-0079-y.
19. Tachmazidou I., Hatzikotoulas K., Southam L., Esparza-Gordillo J., Haberland V., Zheng J. et al. Identification of new therapeutic targets for osteoarthritis through genome-wide analyses of UK Biobank data. *Nat Genet*. 2019;51(2):230-236. doi: 10.1038/s41588-018-0327-1.
20. Boer C.G., Hatzikotoulas K., Southam L., Stefánsdóttir L., Zhang Y., Coutinho de Almeida R. et al. Deciphering osteoarthritis genetics across 826,690 individuals from 9 populations. *Cell*. 2021;184(18):4784-4818.e17. doi: 10.1016/j.cell.2021.07.038.
21. Полоников А.В., Клёсова Е.Ю., Азарова Ю.Э. Биоинформатические инструменты и интернет-ресурсы для оценки регуляторного потенциала полиморфных локусов, установленных полногеномными ассоциативными исследованиями мультифакториальных заболеваний (обзор). *Научные результаты биомедицинских исследований*. 2021;7(1): 15-31. doi: 10.18413/2658-6533-2020-7-1-0-2. Polonikov A.V., Klyosova E.Yu., Azarova I.E. [Bioinformatic tools and internet resources for functional annotation of polymorphic loci detected by genome wide association studies of multifactorial diseases (review)]. *Nauchnye rezul'taty biomeditsinskikh issledovaniy* [Research Results in Biomedicine]. 2021;7(1):15-31. (In Russian). doi: 10.18413/2658-6533-2020-7-1-0-2.
22. Gabriel S.B., Schaffner S.F., Nguyen H., Moore J.M., Roy J., Blumenstiel B. et al. The structure of haplotype blocks in the human genome. *Science*. 2002;296(5576): 2225-2229. doi: 10.1126/science.1069424.
23. Che R., Jack J.R., Motsinger-Reif A.A., Brown C.C. An adaptive permutation approach for genome-wide association study: evaluation and recommendations for use. *BioData Min*. 2014;7:9. doi: 10.1186/1756-0381-7-9.
24. Gong J., Nishimura K.K., Fernandez-Rhodes L., Haessler J., Bien S., Graff M. et al. Trans-ethnic analysis of metabochip data identifies two new loci associated with BMI. *Int J Obes (Lond)*. 2018;42(3):384-390. doi: 10.1038/ijo.2017.304.
25. Kulkarni K., Karssiens T., Kumar V., Pandit H. Obesity and osteoarthritis. *Maturitas*. 2016;89:22-28. doi: 10.1016/j.maturitas.2016.04.006.
26. Belluzzi E., El Hadi H., Granzotto M., Rossato M., Ramonda R., Macchi V. et al. Systemic and Local Adipose Tissue in Knee Osteoarthritis. *J Cell Physiol*. 2017;232(8):1971-1978. doi: 10.1002/jcp.25716.
27. Fernández-Rhodes L., Gong J., Haessler J., Franceschini N., Graff M., Nishimura K.K. et al. Trans-ethnic fine-mapping of genetic loci for body mass index in the diverse ancestral populations of the Population Architecture using Genomics and Epidemiology (PAGE) Study reveals evidence for multiple signals at established loci. *Hum Genet*. 2017;136(6):771-800. doi: 10.1007/s00439-017-1787-6.
28. Lundbäck V., Kulyte A., Strawbridge R.J., Ryden M., Arner P., Marcus C. et al. FAM13A and POM121C are candidate genes for fasting insulin: functional follow-up analysis of a genome-wide association study. *Diabetologia*. 2018;61(5):1112-1123. doi: 10.1007/s00125-018-4572-8.
29. Rask-Andersen M., Karlsson T., Ek W.E., Johansson Å. Genome-wide association study of body fat distribution identifies adiposity loci and sex-specific genetic effects. *Nat Commun*. 2019;10(1):339. doi: 10.1038/s41467-018-08000-4.
30. Christakoudi S., Evangelou E., Riboli E., Tsilidis K.K. GWAS of allometric body-shape indices in UK Biobank identifies loci suggesting associations with morphogenesis, organogenesis, adrenal cell renewal and cancer. *Sci Rep*. 2021;11(1):10688. doi: 10.1038/s41598-021-89176-6.

31. Boer C.G., Yau M.S., Rice S.J., Coutinho de Almeida R., Cheung K., Styrkarsdottir U. et al. Genome-wide association of phenotypes based on clustering patterns of hand osteoarthritis identify WNT9A as novel osteoarthritis gene. *Ann Rheum Dis.* 2021;80(3):367-375. doi: 10.1136/annrheumdis-2020-217834.
32. Stelzer G., Rosen N., Plaschkes I., Zimmerman S., Twik M., Fishilevich S. et al. The GeneCards Suite: From Gene Data Mining to Disease Genome Sequence Analyses. *Curr Protoc Bioinformatics.* 2016;54:1.30.1-1.30.33. doi: 10.1002/cpbi.5.
33. Appleton C.T., Usmani S.E., Mort J.S., Beier F. Rho/ROCK and MEK/ERK activation by transforming growth factor- α induces articular cartilage degradation. *Lab Invest.* 2010;90(1):20-30. doi: 10.1038/labinvest.2009.111.
34. Appleton C.T., Usmani S.E., Pest M.A., Pitelka V., Mort J.S., Beier F. Reduction in disease progression by inhibition of transforming growth factor α -CCL2 signaling in experimental posttraumatic osteoarthritis. *Arthritis Rheumatol.* 2015;67(10):2691-2701. doi: 10.1002/art.39255.

Сведения об авторах

✉ *Новакова Ольга Николаевна* — канд. биол. наук
Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85
<https://orcid.org/0000-0003-2700-1284>
e-mail: litovkina@bsu.edu.ru

Новаков Виталий Борисович
<https://orcid.org/0000-0001-5337-2156>
e-mail: v.novakov@bk.ru

Чурносов Михаил Иванович — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0003-1254-6134>
e-mail: churnosov@bsu.edu.ru

Authors' information

✉ *Olga N. Novakova* — Cand. Sci. (Biol.)
Address: 85, ul. Pobedy, Belgorod, 308015, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-2700-1284>
e-mail: litovkina@bsu.edu.ru

Vitaly B. Novakov
<https://orcid.org/0000-0001-5337-2156>
e-mail: v.novakov@bk.ru

Mikhail I. Churnosov — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0003-1254-6134>
e-mail: churnosov@bsu.edu.ru



Результаты артроскопического лечения фемороацетабулярного импинджмента

О.Е. Богопольский¹, П.А. Трачук¹, Д.В. Специальный¹, А.П. Середа^{1,2}, Р.М. Тихилов¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

² Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», г. Москва, Россия

Актуальность. Фемороацетабулярный импинджмент (ФАИ) является одной из наиболее частых причин болевого синдрома и ограничения подвижности в тазобедренном суставе (ТБС) у лиц молодого и среднего возраста в результате повторяющейся травматизации структур сустава, приводящих к дегенеративным изменениям суставной губы, хряща, субхондральной кости и ведущих к прогрессирующему развитию остеоартроза ТБС.

Цель исследования — на основании анализа собственного опыта лечения пациентов с ФАИ выявить факторы, оказывающие влияние на его результат.

Материал и методы. Выполнено ретроспективное неконтролируемое одноцентровое клиническое исследование. В него вошли 128 пациентов (149 суставов) с ФАИ, которым было выполнено 150 операций в период с 2013 по 2021 г. Из них было 55 (43,0%) женщин и 73 (57,0%) мужчины. Средний период наблюдения составил 3,9 лет (SD 1,71; min 1,05; max 8,16). Всем пациентам проведено физикальное обследование и лучевая диагностика с определением типа ФАИ, выполнен расчет угла α головки бедренной кости в прямой проекции и модифицированной укладке Dunn 45°, угла Tönnis, латерального центрально-краевого угла в модификации Ogata, высоты суставной щели по латеральному (LS) и медиальному краям (MS) склерозированной части вертлужной впадины. Для оценки предоперационного статуса и послеоперационных результатов использованы шкалы i-HOT-33 и HOS.

Результаты. Наиболее часто встречались смешанный тип (53% суставов) ФАИ и sam-тип (27,5%) ФАИ. Недостаточное покрытие вертлужной впадины головки бедренной кости (пограничная дисплазия) в сочетании с sam-деформацией головки бедренной кости выявлено в 18,1% суставов. Pincer-тип ФАИ определен в 1,4% суставов. При сравнении результатов лечения по шкалам i-HOT-33 и HOS нами получены наихудшие результаты при сочетании sam-деформации и пограничной дисплазии в сравнении с sam-типом и mix-типом ФАИ. Также выявлено отрицательное влияние на исход лечения более старшего возраста пациента, глубокого повреждения хряща, невосполнимых повреждений суставной губы и снижения высоты латерального отдела суставной щели.

Заключение. Артроскопия тазобедренного сустава показывает хорошие кратко- и среднесрочные результаты при лечении пациентов с ФАИ. Болевой синдром чаще всего проявляется при сопутствующей ФАИ патологии мягкотканых структур тазобедренного сустава. Сочетание sam-деформации и недостаточного покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной, глубокие повреждения хряща, невосполнимые повреждения суставной губы и снижение высоты суставной щели являются важными предикторами неудовлетворительных исходов лечения.

Ключевые слова: артроскопия, фемороацетабулярный импинджмент, pincer-деформация, sam-деформация, дисплазия, ретроверсия.

Богопольский О.Е., Трачук П.А., Специальный Д.В., Середа А.П., Тихилов Р.М. Результаты артроскопического лечения фемороацетабулярного импинджмента. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):54-65. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1980>.

✉ Богопольский Олег Евгеньевич; e-mail: 9202211@gmail.com

Рукопись получена: 05.08.2022. Рукопись одобрена: 29.11.2022. Статья опубликована: 16.12.2022.

© Богопольский О.Е., Трачук П.А., Специальный Д.В., Середа А.П., Тихилов Р.М., 2022



Results of Arthroscopic Treatment for Femoroacetabular Impingement

Oleg E. Bogopolskiy¹, Pavel A. Trachuk¹, Denis V. Spetsialnyi¹,
Andrei P. Sereda^{1,2}, Rashid M. Tikhilov¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Background. Femoroacetabular impingement (FAI) is one of the most frequent causes of hip pain and limited hip mobility in young and middle-aged patients. It is a result of repeated injury of hip structures, that leads to degenerative changes in hip labrum, cartilage and subchondral bone and provokes progressive development of hip osteoarthritis.

Aim of study – to analyze own experience of treating patients with femoroacetabular impingement and identify factors affecting its outcomes.

Methods. Retrospective, uncontrolled, single-center clinical study included 128 patients with FAI which had 150 surgeries on 149 joints in in the period from 2013 to 2021. All patients underwent physical examination and X-ray diagnostics, their FAI type was identified. The alpha angle of external part of femoral head in anterior-posterior position and in the modified Dunn 45° position, as well as Tonnis angle, lateral central-marginal angle in Ogata modification and the height of articular gap along the lateral (LS) and medial edges (MS) of sclerosed acetabulum part were calculated. The i-HOT-33 and HOS scales were used to assess preoperative status and postoperative results.

Results. The average follow-up period was 3.9 years (SD 1.71; min 1.05 and max 8.16). The study included 55 (43.0%) women and 73 (57.0%) men which underwent 64 (42.7%) and 86 (57.3%) surgeries respectively. The most common types of FAI, according to our data, were mixed type (53% of joints) and cam type (27.5% of joints). Insufficient coverage of the femoral head by the acetabulum (borderline dysplasia) in combination with the cam deformity of the femoral head was observed in 18.1%. Pincer-type FAI was observed in 1.4% of joints. We obtained the worst results with a combination of cam deformity and borderline dysplasia in comparison with cam- and mix-type FAI according to the i-HOT-33 and HOS scales. Patients' age, deep cartilage damage, irreparable labrum damage and height decrease of the lateral part of the articular gap determined negative effect on treatment results according to the i-HOT-33 and HOS scales.

Conclusion. Hip arthroscopy showed good short- and midterm outcomes in patients with FAI. Pain syndrome is most often manifested in patients with pathology of hip soft tissue structures concomitant to FAI. The combination of cam deformity and insufficient femoral head coverage, deep cartilage damage and a height decrease of the articular gap are important predictors of poor treatment results.

Keywords: arthroscopy, femoroacetabular impingement, pincer deformity, cam deformity, hip dysplasia, retroversion.

Cite as: Bogopolskiy O.E., Trachuk P.A., Spetsialnyi D.V., Sereda A.P., Tikhilov R.M. [Results of Arthroscopic Treatment for Femoroacetabular Impingement]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):54-65. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1980>.

✉ Oleg E. Bogopolskiy; e-mail: 9202211@gmail.com

Submitted: 05.08.2022. Accepted: 29.11.2022. Published: 16.12.2022.

© Bogopolskiy O.E., Trachuk P.A., Spetsialnyi D.V., Sereda A.P., Tikhilov R.M., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Фемороацетабулярный импинджмент (ФАИ) — патологический процесс, обусловленный хронической механической травматизацией суставной губы, хряща и края вертлужной впадины головкой или шейкой бедренной кости в результате их неправильного морфологического строения, проявляющийся болевым синдромом и зачастую ограничением движений в тазобедренном суставе (ТБС) [1, 2, 3]. ФАИ является одной из наиболее частых причин болевого синдрома и ограничения подвижности в ТБС у лиц молодого и среднего возраста, однако достоверных эпидемиологических данных нет. Повторяющаяся травматизация структур ТБС приводит к дегенеративным изменениям суставной губы, хряща, субхондральной кости, что ведет к прогрессирующему развитию остеоартроза ТБС [4, 5, 6].

Наиболее известна морфологическая классификация ФАИ, в которой выделяют три основных типа: *cam*-тип, *pinser*-тип и смешанный тип — *mix*-тип.

При *cam*-типе имеется деформация головки и шейки бедренной кости при нормальной анатомии вертлужной впадины. Деформация головки чаще всего расположена в передневерхнем и наружном отделах головки бедренной кости, однако нарушение ее сферичности может определяться и в других отделах [7].

При *pinser*-типе ФАИ имеется нарушение строения вертлужной впадины в виде локальной или тотальной деформации. К тотальной деформации относятся глубокая вертлужная впадина и протрузия. Локальная деформация может быть представлена в виде ретроверсии вертлужной впадины или в виде выступающего переднего края вертлужной впадины [1].

Смешанный тип ФАИ является комбинацией *cam*-типа и *pinser*-типа.

Различные формы ФАИ в разной степени влияют на развитие вторичного остеоартроза в ТБС. Считается, что наличие *cam*-типа ФАИ является наиболее значимым предиктором остеоартроза, его негативное влияние усиливается по мере увеличения α -угла [3].

Хирургическое лечение ФАИ направлено на восстановление конгруэнтности суставных поверхностей и устранение патологических изменений со стороны суставной губы и хряща [3, 8]. Современным хирургическим методом лечения ФАИ является артроскопия.

Цель исследования — на основе анализа собственного опыта лечения пациентов с фемороацетабулярным импинджментом выявить факторы, влияющие на его результат.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Дизайн исследования: клиническое ретроспективное неконтролируемое одноцентровое.

В исследование включены пациенты, которым была выполнена артроскопия ТБС в период с июня 2013 по январь 2021 г. по поводу ФАИ, подтвержденного клинико-рентгенологическими данными.

Критерии исключения из исследования:

- ранее перенесенные операции в области ТБС;
- хондроматоз, остеонекроз головки бедренной кости;
- перенесенная болезнь Легга–Кальве–Пертеса;
- невозможность оценки результата в срок не менее 12 мес.

После применения критериев включения и исключения в исследование вошли 128 пациентов (149 суставов), которым было выполнено 150 операций. Одной пациентке выполнена ревизионная артроскопия через 5,6 мес. после первичного вмешательства ввиду неправильного выбора зоны резекции *cam*-деформации. Из 128 пациентов было 55 (43%) женщин и 73 (57%) мужчины. Средний период наблюдения составил 3,9 лет (SD 1,71; min 1,05; max 8,16), минимальный — 1 год.

Обследование пациентов

При физикальном обследовании пациентов оценивали объем движений в ТБС и проводили диагностические тесты: сгибание, приведение, внутренняя ротация (*flexion adduction internal rotation* — FADIR), сгибание, отведение, наружная ротация (*flexion abduction external rotation* — FABER), тест Thomas. В исследовании учитывались также возраст, пол, длительность симптомов.

До операции всем пациентам была выполнена обзорная рентгенограмма таза в положении стоя и рентгенограмма в модифицированной укладке Dunn 45° с наружной ротацией бедра на 40°. По рентгенограммам определяли тип ФАИ, измеряли угол α наружного и передневерхнего отделов головки бедренной кости, угол Tönnis, латеральный центрально-краевой угол в модификации Ogata (LCEA-O), высоту суставной щели по латеральному (LS) и медиальному краям (MS) склерозированной части вертлужной впадины. Методика проведения расчетов по рентгенограммам подробно изложена нами в предыдущей публикации [9]. До операции всем пациентам выполняли МРТ ТБС.

Техника операции

Артроскопия ТБС проводилась одним хирургом с использованием стандартных доступов. Тактика и объем хирургического вмешательства зависели от морфологических изменений в суставе.

При выполнении артроскопической коррекции внутрисуставных повреждений первым этапом, без distraction сустава, выполнялась моделирующая резекция деформации головки и шейки бедренной кости. После выполнения distraction

сустава оценивалось состояние суставной губы, хряща вертлужной впадины и головки бедренной кости. При выявлении полнослойного повреждения суставной губы выполнялся ее шов с использованием якорных фиксаторов (рис. 1).

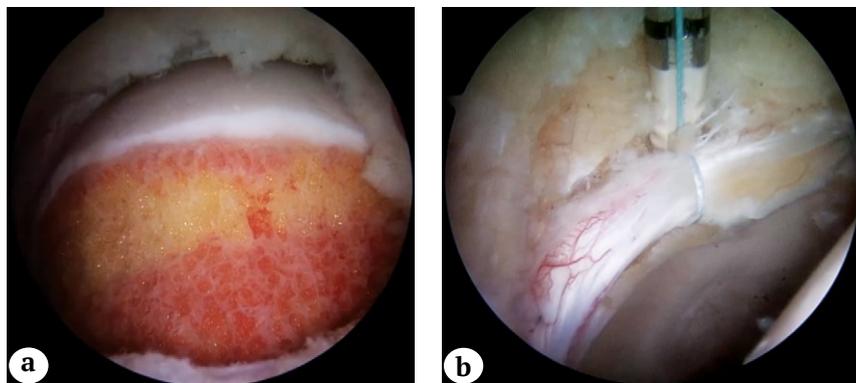


Рис. 1. Основные этапы коррекции внутрисуставных изменений:
а — моделирующая резекция cam-деформации;
б — рефиксация суставной губы

Fig. 1. The main stages of correction of intraarticular damages:
a — modeling resection of cam-deformity;
b — articular labrum refixation

При поверхностном повреждении артикулирующей поверхности удалялись шейвером поврежденные участки суставной губы с сохранением ее непрерывности. Полнослойная оссификация отдельных сегментов суставной губы удалялась в пределах здоровых тканей без замещения дефекта. При выявлении нестабильных участков хряща выполнялась их резекция. В некоторых случаях полнослойные дефекты хряща вертлужной впадины замещались хондральной матрицей, установленной в дефект хряща без дополнительной фиксации, после кюретажа или микрофрактуринга субхондральной кости.

В процессе выполнения операции оценивались локализация деформаций головки и шейки бедренной кости, характер и протяженность повреждений суставной губы и хряща. Повреждение суставного хряща головки бедренной кости оценивалось по классификации Outerbridge [10], вертлужной впадины — по классификации M. Beck с соавторами [11].

Послеоперационное ведение

Пациенты были активизированы в первые сутки после операции. В послеоперационном периоде пациентам было рекомендовано использование костылей с нагрузкой 15% массы тела на оперированную конечность в течение 3 нед. (5 нед. у пациентов с замещением поврежденных участков хряща вертлужной впадины хондральной матрицей) с последующим доведением нагрузки до полной в течение двух недель.

Оценка результатов

Для оценки предоперационного статуса использовали шкалы international Hip Outcome Tool-33 (i-HOT-33) и Hip Outcome Score (HOS), которые заполнялись пациентами накануне операции. В послеоперационном периоде пациенты

заполняли эти шкалы ежегодно дистанционно в виде Google forms, начиная с первого года после операции. Для анализа использованы данные, полученные во время последнего опроса. Результаты варьируют от 0 до 100, где более высокие показатели отражают лучшие результаты.

Статистический анализ

Перед сравнением переменных был проведен анализ соответствия частотного распределения данных в каждой из сравниваемых групп закону нормального распределения, определено отсутствие статистически значимой разницы между дисперсиями сравниваемых групп (однородность дисперсий), которое показало возможность сравнения показателей по t-критерию. Для сравнения переменных между группами использовали t-тест для независимых выборок (t-test for independent variables), а для сравнения показателей до и после операции использовали t-тест для зависимых выборок (t-test for dependent variables). Корреляцию рентгенологических углов и амплитуды движений описывали с применением коэффициента прямой линейной корреляции r-Пирсона. Значения переменных указывали в формате среднее, стандартное отклонение (SD), минимальное значение (min), максимальное значение (max). Уровень статистической значимости p в исследовании принят равным 0,05. Формирование базы данных выполняли в виде таблиц Excel, статистическую обработку проводили в программе Statistica 12 (StatSoft) X86 for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные о возрасте, индексе массы тела (ИМТ), длительности симптомов до операции, проведенных рентгенологических измерениях, а также результаты опросников i-HOT-33 и HOS представлены в таблице 1.

Таблица 1

Дооперационная характеристика пациентов, M±SD

Параметр	Женщины (63 сустава)	Мужчины (86 суставов)	<i>p</i>
Возраст, лет	34,83±10,64	32,48±8,68	0,11
ИМТ, кг/м ²	22,11±3,58	24,63±2,44	<0,01
Длительность симптомов, мес.	29,56±29,47	39,49±34,86	0,09
LCEA-O, град.	26,57±6,75	28,31±5,66	0,09
Угол Tönnis, град.	5,03±6,16	4,26±5,36	0,42
Угол α а-р, град.	51,50±19,32	66,40±19,69	<0,01
Угол α Dunn, град.	60,02±15,47	65,12±14,95	0,04
Сгибание, град.	118,52±15,42	113,20±16,25	0,045
Внутренняя ротация при сгибании 90°	21,95±11,01	13,90±10,83	<0,01
Наружная ротация, град.	38,20±7,09	37,73±7,54	0,70
Высота суставной щели в латеральном отделе впадины, мм	4,59±0,86	4,86±0,93	0,07
Высота суставной щели в медиальном отделе впадины, мм	4,20±0,97	4,37±0,86	0,29
i-HOT-симптомы	57,90±21,82	61,34±20,64	0,33
i-HOT-спорт	40,91±22,32	43,28±25,47	0,55
i-HOT-работа	40,00±20,70	41,28±22,17	0,72
i-HOT-эмоции	44,52±21,60	50,97±22,83	0,08
HOS-ADL	71,37±19,60	74,31±17,95	0,34
HOS-Sport	48,09±28,43	55,04±24,91	0,11

Выявлена взаимосвязь между углом сгибания в ТБС, внутренней ротацией бедра в положении 90° сгибания в ТБС и углами сферичности головки бедренной кости в прямой проекции и в модифицированной укладке Dunn 45° (табл. 2). Статистически значимой разницы при сравнении остальных параметров не выявлено. Из данных таблицы следует, что в целом в группе наблюдается обратная взаимосвязь между углом α и объемом движений в ТБС.

При изучении рентгенограмм 149 ТБС и оценке деформаций головки/шейки бедренной кости и

вертлужной впадины нами были выделены 4 типа деформаций (табл. 3).

Среднее время длительности операции составило у женщин 177,83 мин. (SD 40,63; min 110, max 295), а у мужчин — 193,6 мин. (SD 45,88; min 105, max 310; *p* = 0,03).

Характеристика интраоперационно выявленных повреждений вертлужной губы и манипуляций с ней, а также повреждений хряща приведена в таблице 4. Наиболее часто повреждение суставной губы и хряща вертлужной впадины встречалось в передневерхнем отделе (рис. 2).

Таблица 2

Взаимосвязь угла сгибания, внутренней ротации в ТБС и значений угла α в группе в целом и в зависимости от пола пациентов

Проекция	α угол					
	а-р	Dunn 45°	а-р (W)	Dunn 45° (W)	а-р (M)	Dunn 45° (M)
FL	-0,2449 <i>p</i> = 0,003	-0,2107 <i>p</i> = 0,010	-0,2580 <i>p</i> = 0,040	-0,1511 <i>p</i> = 0,233	-0,1639 <i>p</i> = 0,131	-0,2164 <i>p</i> = 0,045
IR90	-0,2398 <i>p</i> = 0,003	-0,2712 <i>p</i> = 0,001	-0,2795 <i>p</i> = 0,025	-0,1922 <i>p</i> = 0,128	-0,0256 <i>p</i> = 0,815	-0,2620 <i>p</i> = 0,015

FL — угол сгибания в ТБС; IR90 — сгибание 90° в ТБС; а-р — рентгенограммы таза в прямой проекции; Dunn 45° — рентгенограммы в модифицированной укладке Dunn 45°; M — мужчины; W — женщины.

Таблица 3

Типы деформаций тазобедренных суставов

Деформация	Количество суставов		
	всего (n = 149)	женщины (n = 63)	мужчины (n = 86)
Cam	41 (27,5%)	20 (31,7%)	21 (24,4%)
Pincer	2 (1,4%)	2 (3,2%)	0
Cam + pincer (mix)	79 (53%)	27 (42,9%)	52 (60,5%)
Cam + пограничная дисплазия	27 (18,1%)	14 (22,2%)	13 (15,1%)

Таблица 4

Интраоперационно выявленные повреждения вертлужной губы и хряща вертлужной впадины, а также головки бедренной кости

Параметр	Количество суставов (%)
Повреждение вертлужной губы	136 (91,3)
– фиксация поврежденных участков вертлужной губы	108 (72,5)
– резекция поврежденных участков вертлужной губы	16 (10,7)
– удаление поверхностных повреждений вертлужной губы	12 (8,1)
Повреждение хряща вертлужной впадины	97 (65,1)
– поверхностное повреждение (1 ст. по Beck)	31 (20,8)
– глубокое повреждение хряща (2 и 3 ст. по Beck)	42 (28,2)
– лоскутное повреждение и десквамация хряща (4 и 5 ст. по Beck)	24 (16,1)
Повреждение хряща головки бедренной кости	31 (20,8)
– поверхностное повреждение (1 и 2 ст. по Outerbridge)	22 (14,8)
– глубокое повреждение (3 и 4 ст. по Outerbridge)	9 (6,0)

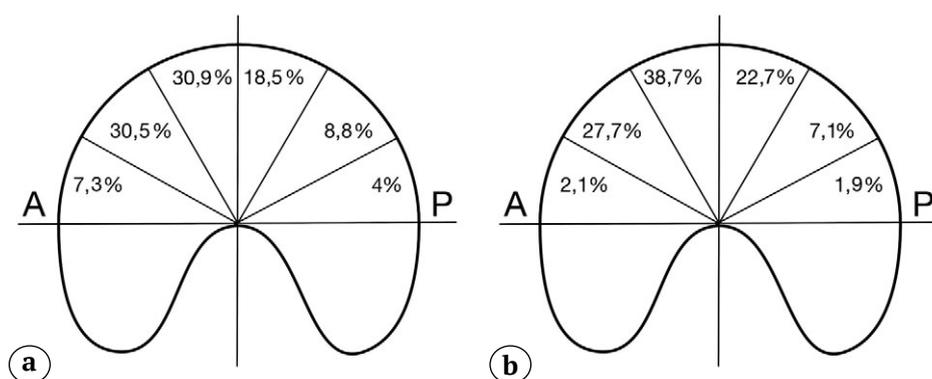


Рис. 2. Локализация и частота повреждений вертлужной губы (а) и суставного хряща (б)
Fig. 2. Localization and damage frequency of labrum (a) and articular cartilage (b)

Из 24 операций, при которых выявлено лоскутное повреждение и десквамация хряща вертлужной впадины (4 и 5 ст. по Beck), в 20,8% случаев (5 операций) выполнено замещение поврежденных участков хряща хондральной матрицей. Десять (41,7%) операций у этой когорты пациентов проведены с удалением нестабильных участков хряща и кюретажем субхондральной кости в зоне дефекта хряща, 8 (33,3%) операций — с удалением нестабильных участков хряща и микро-

фрактурированием. В одном (4,2%) случае у пациентки с повреждением хряща и кистой вертлужной впадины выполнена пластика кисты аллокостью с укрытием дефекта хондральной матрицей. Остальным пациентам с поверхностными повреждениями хряща и незначительными краевыми глубокими повреждениями выполнено сглаживание поврежденных участков с использованием шейвера и артроскопического электрокоагулятора.

Повреждения хряща головки бедренной кости были выявлены у 31 (20,8%) пациента (рис. 3). Им выполнено удаление нестабильных фрагментов, сглаживание поврежденных участков с использованием шейвера и артроскопического электрокоагулятора.

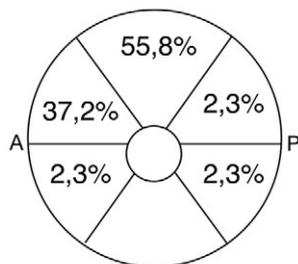


Рис. 3. Локализация и частота повреждений хряща головки бедренной кости

Fig. 3. Localization and frequency of femoral head cartilage damage

При выполнении 20 (13,4%) операций у 17 (13,3%) пациентов была выполнена тенотомия *m. psoas* по поводу *psoas* импинджмента. Шов капсулы не был выполнен в ходе 17 (11,3%) операций в период с 2013 по 2016 г.

Инфекционных осложнений у прооперированных пациентов не было. Частичное нарушение чувствительности наружного кожного нерва, выявленное в 20 (13,4%) случаях, разрешилось в 17 (85%) наблюдениях в течение 17 нед. (SD 26,23; min 1; max 104), в 3 (15%) случаях — не имело тенденции к восстановлению. Одиннадцать (7,3%) пациентов имели жалобы на нарушение чувствительности в области половых органов, которое разрешилось самостоятельно в течение 4,18 нед. (SD 2,09; min 1; max 8). У 3 пациентов (2% прооперированных суставов) выявлена гетеротопическая оссификация в толще капсулы сустава (1 ст. по Brooker [12]). Однако эти данные нельзя воспринимать как достоверные, поскольку большинство пациентов не предоставили контрольные рентгенограммы таза через год после операции.

Восьми пациентам (8 (5,3%) суставов, выполнено эндопротезирование ТБС в среднем через 40,2 мес. (SD 25,3; min 8,4; max 74,4).

Сравнение ответов в опросниках i-Hot-33 и NOS пациентов, которым не понадобилось эндопротезирование, до операции и на момент проведения исследования показывает улучшение состояния ТБС пациентов после хирургического лечения (табл. 5). Статистически значимых различий в результатах лечения мужчин и женщин не выявлено.

Результат проведенного лечения различался в зависимости от типа ФАИ (табл. 6). Наилучший результат был достигнут в группе пациентов с *sat*-типом, наихудший — с *sat*-типом в сочетании с пограничной дисплазией. Результаты лечения двух пациентов с *pinser*-типом не были учтены при сравнении.

С целью выявления других факторов, повлиявших на результат лечения, были сформированы три подгруппы. Две подгруппы сформированы из пациентов, которым не понадобилось протезирование ТБС — 120 (94%) пациентов, 141 (94,6%) суставов. На основании каждого раздела опросника выделены пациенты, входящие в первый или в четвертый квартили, исключая межквартирный размах, при условии подтверждения наихудшего (первый квартиль) или наилучшего (четвертый квартиль) результата по 4 из 6 разделов опросников.

По результатам данного разделения сформирована подгруппа пациентов с наилучшим результатом лечения, в которую вошли 35 (27,3%) пациентов (41 (29,1%) сустав)), условно названную в нашем исследовании контрольной. Во вторую подгруппу, основную, включены 25 (19,5%) пациентов (27 (19,2%) суставов)) с наихудшим результатом лечения, но которым не потребовалось эндопротезирование в период наблюдения. Третья группа объединила 8 (6,3%) пациентов (8 (5,3%) суставов)), которым потребовалось эндопротезирование.

Между подгруппами не выявлено статистически значимых различий по длительности симптомов, ИМТ, углу α , LCEA-O, углу Tönnis, MS (табл. 7).

Таблица 5

Оценка пациентов по шкалам i-HOT 33 и NOS, которым выполнена артроскопия тазобедренного сустава по поводу ФАИ и которым не понадобилось эндопротезирование (n = 120), M±SD

Шкала	До операции	После операции
NOS-спорт	53,70±26,06	80,95±22,19
NOS-ADL	73,58±18,90	92,27±12,46
i-HOT-эмоции	49,15±22,53	83,77±20,60
i-HOT-работа	41,73±21,63	65,67±19,48
i-HOT-спорт	43,18±24,46	78,23±23,72
i-HOT-симптомы	60,84±21,07	86,67±18,66

$p < 0,01$.

Таблица 6

Сравнение результатов лечения пациентов с различными типами ФАИ (147 суставов), M±SD

Шкала	Тип ФАИ			p критерий сравнения между группами*		
	сам (n = 41)	mix (n = 79)	сам + пограничная дисплазия (n = 27)	1	2	3
HOS-спорт	81,64±25,08	77,67±27,02	69,55±32,01	0,44	0,09	0,20
HOS-ADL	91,32±17,28	88,57±22,53	83,17±27,99	0,50	0,14	0,32
i-HOT-эмоции	85,21±23,74	79,83±26,14	74,33±29,45	0,27	0,10	0,36
i-HOT-работа	70,51±18,50	61,67±23,53	56,98±25,18	0,04	0,01	0,38
i-HOT-спорт	79,59±26,49	75,15±27,36	66,67±31,99	0,40	0,07	0,19
i-HOT-симптомы	84,68±24,09	83,85±24,45	78,59±28,35	0,86	0,35	0,36

* 1 — сам-тип и mix-тип; 2 — сам-тип и сам-тип в сочетании с пограничной деформацией; 3 — mix-тип и сам-тип в сочетании с пограничной деформацией.

Таблица 7

Различающиеся критерии в подгруппах сравнения, M±SD (min; max)

Критерий	Подгруппа пациентов			p критерий сравнения между подгруппами*		
	контрольная (41 сустав)	основная (27 суставов)	протезирования (8 суставов)	1	2	3
Возраст, лет	32,2±7,2 (19; 52)	33,07±9,41 (19; 54)	48,00±8,62 (34; 57)	0,66	<0,01	<0,01
Сгибание, град.	115,85±15,96 (80; 140)	114,44±14,50 (90; 140)	96,25±13,02 (80; 120)	0,71	<0,01	<0,01
Внутренняя ротация при 90° сгибания	17,56±11,41 (0; 35)	14,81±13,26 (0; 35)	7,50±9,26 (0; 25)	0,51	<0,01	0,19
Наружная ротация, град.	39,39±5,72 (25; 45)	35,37±9,70 (5; 45)	31,87±7,04 (20; 45)	0,04	<0,01	0,07
Высота суставной щели в латеральном отделе, мм	5,12±0,91 (2,9; 6,5)	4,15±0,73 (2,8; 6,2)	3,55±0,69 (2,4; 5,3)	<0,01	<0,01	0,046

* 1 — между контрольной и основной подгруппами; 2 — между контрольной подгруппой и подгруппой протезирования; 3 — между основной подгруппой и подгруппой протезирования.

Данные таблицы 7 свидетельствуют о снижении объема движений и уменьшении высоты суставной щели от контрольной к основной подгруппам и далее к группе протезирования. Обратная тенденция наблюдалась при оценке среднего возраста в подгруппах.

В связи с малой численностью пациентов, которым было выполнено эндопротезирование, сравнение по полу не проводилось.

Общая картина внутрисуставных деформаций и интраоперационно выявленных повреждений суставных структур в подгруппах приведена в таблице 8.

Контрольная группа характеризовалась преобладанием восстановимых повреждений суставной губы и менее выраженными повреждениями хряща, чем основная группа. В группе протезирования в сравнении с другими группами частота глубоких повреждений хряща и невосстановимых повреждений суставной губы была максимальной. При оценке деформаций обращает на себя внимание преобладание изолированной сам-деформации в контрольной подгруппе и сам-деформации в сочетании с пограничной дисплазией в подгруппе протезирования.

Таблица 8

Количественная характеристика внутрисуставных деформаций, повреждений и выполненных манипуляций в подгруппах, n (%)

Параметр	Контрольная подгруппа (41 сустав)	Основная подгруппа (27 суставов)	Подгруппа протезирования (8 суставов)
Повреждение вертлужной губы	38 (92,7)	27 (100)	8 (100)
– фиксация поврежденных участков	33 (80,5)	19 (70,4)	2 (25)
– резекция поврежденных участков	1 (2,4)	6 (22,2)	5 (62,5)
– удаление поверхностных повреждений	4 (9,8)	2 (7,4)	1 (12,5)
Повреждение хряща вертлужной впадины (по Beck)	23 (56,1)	20 (74,1)	8 (100)
– поверхностное повреждение (1 ст.)	7 (17,1)	8 (29,6)	2 (25)
– глубокое повреждение (2 и 3 ст.)	12 (29,3)	8 (29,6)	0
– лоскутное повреждение и десквамация хряща (4 и 5 ст.)	4 (9,8)	4 (14,8)	6 (75)
Повреждение хряща головки бедренной кости (по Outerbridge)	6 (14,6)	6 (22,2)	7 (87,5)
– поверхностное повреждение (1 и 2 ст.)	5 (12,2)	2 (7,4)	4 (50)
– глубокое повреждение (3 и 4 ст.)	1 (2,4)	4 (14,8)	3 (37,5)
Виды деформаций	41 (100,0)	27 (100,0)	8 (100,0)
– sam	17 (41,5)	7 (25,9)	1 (12,5)
– pincer	0	1 (3,7)	0
– sam + pincer (mix)	18 (43,9)	13 (48,1)	3 (50,0)
– sam + пограничная дисплазия	6 (14,7)	6 (22,2)	3 (37,5)

ОБСУЖДЕНИЕ

Артроскопия ТБС в нашем исследовании привела к улучшению состояния пациентов с возрастанием средних баллов по обеим шкалам и их разделам с 16,69 пунктов по разделу HOS-ADL до 35,05 пунктов в разделе i-HOT-спорт. Незначительное относительное улучшение по HOS-ADL, по всей видимости, связано с изначально высоким дооперационным средним баллом по этому подразделу, поскольку речь идет о молодых и активных пациентах. Улучшение возможности занятий спортом у данной когорты пациентов отразилось и в разделе «спорт» шкалы HOS с увеличением среднего балла на 27,25 пунктов, что сопоставимо с данными А.А. Минкага с соавторами [13].

Многочисленные данные литературы указывают на отсутствие значимого влияния пограничной дисплазии на кратко- и среднесрочные результаты хирургического лечения ФАИ [14, 15]. Изучение результатов лечения пациентов условно выделенных в нашем исследовании контрольной и основной подгрупп также не выявило влияния LCEA-O. Однако стоит заметить относительное превалирование пациентов с sam-деформацией в сочетании с пограничной дисплазией (37,5%) в подгруппе пациентов, которым понадобилось эндопротезирование в период

наблюдения в сравнении с контрольной (14,7%) и основной (22,2%) подгруппами.

Полученные результаты свидетельствуют о худшем прогнозе результатов хирургического лечения пациентов с сочетанием sam-деформации и дисплазии, что может привести в будущем к более быстрому прогрессированию артроза, чем наличие этих изменений по отдельности [16].

Долгосрочные исследования показывают возрастание частоты рентгенологически подтвержденного артроза ТБС у женщин на 13%, а протезирования — на 18% при уменьшении LCEA на каждый градус при значениях менее 28° через 20 лет наблюдения. В свою очередь, sam-деформация, по данным того же исследования, приводит к возрастанию на 5% рентгенологически выявленных артрозов и на 4% потребности в эндопротезировании ТБС при увеличении α угла на 1° [8].

Эти данные свидетельствуют о более благоприятном течении sam-деформации, чем дисплазии, что подтверждают в своем исследовании С.С. Wyles с соавторами [16]. Однако наличие угла α более 60° и больше 80°, по данным исследования R. Agricola с соавторами, основанного на изучении течения начального остеоартроза у 865 пациентов с sam-деформацией в возрасте

45–65 лет, приводит к увеличению относительного риска эндопротезирования ТБС в 3,67 и в 9,66 раза соответственно [17].

С. Kujin с соавторами на основании результатов систематического обзора, включавшего 13 исследований, оценивающих результаты лечения 1571 сустава и сроком наблюдения от 60 до 240 мес., также определили, что увеличение возраста пациента является одним из значимым предикторов неудачи хирургического лечения ФАИ [18]. Это заключение подтверждается и в нашем исследовании. Средний возраст пациентов в группе протезирования составил 48,00 лет, а в контрольной и основной подгруппах — 32,20 и 33,07 лет соответственно.

Высокая частота встречаемости асимптоматических деформаций ТБС свидетельствует о ведущей роли не костных деформаций в проявлении симптоматики, а повреждений суставной губы и хряща [19, 20]. Это также следует из работы С. Suarez-Ahedo с соавторами, которые выявили глубокие повреждения хряща у 32,5%, а повреждения суставной губы — у 98% из 1502 пациентов, включенных в исследование [21]. G. Bauley с соавторами в исследовании на 86 суставах у 76 пациентов обнаружили повреждение суставной губы в 100% случаев, причем в 42% суставов повреждение суставной губы было без костной деформации [22], что также может свидетельствовать о развитии болевого синдрома вследствие повреждения внутрисуставных образований.

Можно предположить, что чем более выражены повреждения суставной губы и хряща, тем хуже будет результат лечения. Данный вывод можно подтвердить наличием у 92,7% пациентов в контрольной подгруппе и у 100% в остальных подгруппах повреждения суставной губы. Причем степень ее повреждения возрастает, а возможность коррекции этих изменений снижается от контрольной к основной группе и к группе протезирования: 2,4%, 22,2% и 62,5% резекций суставной губы соответственно. Частота и выраженность повреждений хряща вертлужной впадины, которые были выявлены в 56% случаев в контрольной и в 74,1% в основной группах, достигая

100% в группе протезирования, также свидетельствуют об ухудшении результатов при увеличении объема повреждений.

В 2013 г. M. Philippon с соавторами на основании результатов лечения 203 пациентов старше 50 лет выявили, что высота суставной щели менее 2 мм связана с риском эндопротезирования примерно в 80% случаев [23]. Связь риска эндопротезирования с высотой суставной щели и возрастом пациента была подтверждена и в других исследованиях [14, 17, 24, 25].

В нашем исследовании мы также наблюдали снижение средней высоты латерального отдела суставной щели до 4,15 мм в основной подгруппе и до 3,55 мм — в подгруппе протезирования в сравнении с контрольной подгруппой (5,12 мм), что свидетельствует о снижении результативности артроскопии ТБС у пациентов с меньшей высотой суставной щели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из самых неблагоприятных сочетаний, влияющих на результат лечения, является совокупность сам-деформации и недостаточного покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной.

Учитывая, что у большинства пациентов мы выявили сопутствующую патологию суставной губы и хряща, можно предположить, что к болевому синдрому при ФАИ приводят сопутствующие повреждения мягкотканых структур. Повреждение хряща вертлужной впадины и головки бедренной кости, а также снижение высоты суставной щели являются прогностически неблагоприятными факторами для результатов артроскопии ТБС, усиливающими свое влияние в совокупности с более старшим возрастом. В соответствии с этим можно предположить, что ранняя коррекция деформаций не только позволит купировать болевой синдром, но и будет профилактикой дальнейшего повреждения хряща вертлужной впадины и суставной губы, что позволит получить лучшие отдаленные результаты и, возможно, снизит потребность и отсрочит эндопротезирование тазобедренного сустава.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Богопольский О.Е. — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка полученных данных, подготовка текста.

Трачук П.А. — сбор и обработка данных.

Специальный Д.В. — сбор и обработка данных.

Середа А.П. — анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка полученных данных, редактирование.

Тихилов Р.М. — разработка концепции и дизайна исследования, редактирование.

DISCLAIMERS

Author contribution

Bogopolskiy O.E. — collection and processing of material, analysis and statistical processing of data, manuscript writing.

Trachuk P.A. — collection and processing of data.

Spetsialnyi D.V. — collection and processing of data.

Sereda A.P. — analysis and statistical processing of data, data statistical processing, text editing.

Tikhilov R.M. — study conception and design, text editing.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Griffin D.R., Dickenson E.J., O'Donnell J., Agricola R., Awan T., Beck M. et al. The Warwick Agreement on femoroacetabular impingement syndrome (FAI syndrome): an international consensus statement. *Br J Sports Med.* 2016;50(19):1169-1176. doi: 10.1136/bjsports-2016-096743.
- Reiman M.P., Agricola R., Kemp J.L., Heerey J.J., Weir A., van Klij P. et al. Consensus recommendations on the classification, definition and diagnostic criteria of hip-related pain in young and middle-aged active adults from the International Hip-related Pain Research Network, Zurich 2018. *Br J Sports Med.* 2020;54(11):631-641. doi: 10.1136/bjsports-2019-101453.
- Серода А.П. Фемороацетабулярный импинджмент: естественная история. *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(3):182-192. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-182-192. Seroda A.P. [Femoroacetabular Impingement: A Natural History]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):182-192. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-182-192.
- Leunig M., Casillas M.M., Hamlet M., Hersche O., Nötzli H., Slongo T. et al. Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop Scand.* 2000;71(4):370-375. doi: 10.1080/000164700317393367.
- Myers S.R., Eijer H., Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement after periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(363):93-99.
- Ganz R., Parvizi J., Beck M., Leunig M., Nötzli H., Siebenrock K.A. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;(417):112-120. doi: 10.1097/01.blo.0000096804.78689.c2.
- Hanzlik S., Riff A.J., Wuerz T.H., Abdulian M., Gurin D., Nho S.J. et al. The Prevalence of Cam Morphology: A Cross-Sectional Evaluation of 3,558 Cadaveric Femora. *Front Surg.* 2021;7:588535. doi: 10.3389/fsurg.2020.588535.
- Thomas G.E., Palmer A.J., Batra R.N., Kiran A., Hart D., Spector T. et al. Subclinical deformities of the hip are significant predictors of radiographic osteoarthritis and joint replacement in women. A 20 year longitudinal cohort study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014;22(10):1504-1510. doi: 10.1016/j.joca.2014.06.038.
- Богопольский О.Е. Инструментальная диагностика и предоперационное планирование артротомии тазобедренного сустава при фемороацетабулярном импинджмент-синдроме: лекция. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(4):155-168. doi: 10.21823/2311-2905-1636. Bogopolskiy O.E. [Instrumental Diagnosis and Preoperative Planning of Hip Arthroscopy in Femoroacetabular Impingement Syndrome: Lecture]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(4):155-168. (In Russian) doi: 10.21823/2311-2905-1636.
- Slattery C., Kweon C.Y. Classifications in Brief: Outerbridge Classification of Chondral Lesions. *Clin Orthop Relat Res.* 2018;476(10):2101-2104. doi: 10.1007/s11999.0000000000000255.
- Beck M., Kalhor M., Leunig M., Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(7):1012-1018. doi: 10.1302/0301-620X.87B7.15203.
- Brooker A.F., Bowerman J.W., Robinson R.A., Riley L.H. Jr. Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J Bone Joint Surg Am.* 1973;55(8):1629-1632.
- Minkara A.A., Westermann R.W., Rosneck J., Lynch T.S. Systematic Review and Meta-analysis of Outcomes After Hip Arthroscopy in Femoroacetabular Impingement. *Am J Sports Med.* 2019;47(2):488-500. doi: 10.1177/0363546517749475.
- Kuroda Y., Saito M., Sunil Kumar K.H., Malviya A., Khanduja V. Hip Arthroscopy and Borderline Developmental Dysplasia of the Hip: A Systematic Review. *Arthroscopy.* 2020;36(9):2550-2567.e1. doi: 10.1016/j.arthro.2020.05.035.
- Evans P.T., Redmond J.M., Hammarstedt J.E., Liu Y., Chaharbakshi E.O., Domb B.G. Arthroscopic Treatment of Hip Pain in Adolescent Patients With Borderline Dysplasia of the Hip: Minimum 2-Year Follow-Up. *Arthroscopy.* 2017;33(8):1530-1536. doi: 10.1016/j.arthro.2017.03.008.
- Wyles C.C., Heidenreich M.J., Jeng J., Larson D.R., Trousdale R.T., Sierra R.J. The John Charnley Award: Redefining the Natural History of Osteoarthritis in Patients With Hip Dysplasia and Impingement. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(2):336-350. doi: 10.1007/s11999-016-4815-2.

17. Agricola R., Heijboer M.P., Bierma-Zeinstra S.M., Verhaar J.A., Weinans H., Waarsing J.H. Cam impingement causes osteoarthritis of the hip: a nationwide prospective cohort study (CHECK). *Ann Rheum Dis.* 2013;72(6): 918-923. doi: 10.1136/annrheumdis-2012-201643.
18. Kyin C., Maldonado D.R., Go C.C., Shapira J., Lall A.C., Domb B.G. Mid- to Long-Term Outcomes of Hip Arthroscopy: A Systematic Review. *Arthroscopy.* 2021;37(3):1011-1025. doi:10.1016/j.arthro.2020.10.001.
19. Thier S., Gerisch D., Weiss C., Fickert S., Brunner A. Prevalence of Cam and Pincer Deformities in the X-Rays of Asymptomatic Individuals. *Biomed Res Int.* 2017;2017:8562329. doi: 10.1155/2017/8562329.
20. Morales-Avalos R., Tapia-Náñez A., Simental-Mendía M., Elizondo-Riojas G., Morcos-Sandino M., Tey-Pons M. et al. Prevalence of Morphological Variations Associated With Femoroacetabular Impingement According to Age and Sex: A Study of 1878 Asymptomatic Hips in Nonprofessional Athletes. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(2):2325967120977892. doi: 10.1177/2325967120977892.
21. Suarez-Ahedo C., Gui C., Rabe S.M., Chandrasekaran S., Lodhia P., Domb B.G. Acetabular Chondral Lesions in Hip Arthroscopy: Relationships Between Grade, Topography, and Demographics. *Am J Sports Med.* 2017;45(11):2501-2506. doi:10.1177/0363546517708192.
22. Bayley G., Poitras S., Parker G., Beaulé P.E. Hip arthroscopy in patients less than 25 years of age in the treatment of labral tears: aetiology and clinical outcomes. *Hip Int.* 2017;27(5):436-442. doi: 10.5301/hipint.5000493.
23. Philippon M.J., Briggs K.K., Carlisle J.C., Patterson D.C. Joint space predicts THA after hip arthroscopy in patients 50 years and older. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(8):2492-2496. doi: 10.1007/s11999-012-2779-4.
24. Domb B.G., Chen S.L., Go C.C., Shapira J., Rosinsky P.J., Meghpara M.B. Predictors of Clinical Outcomes After Hip Arthroscopy: 5-Year Follow-up Analysis of 1038 Patients. *Am J Sports Med.* 2021;49(1):112-120. doi: 10.1177/0363546520968896.
25. Nwachukwu B.U., Rebolledo B.J., McCormick F., Rosas S., Harris J.D., Kelly B.T. Arthroscopic Versus Open Treatment of Femoroacetabular Impingement: A Systematic Review of Medium- to Long-Term Outcomes. *Am J Sports Med.* 2016;44(4):1062-1068. doi: 10.1177/0363546515587719.

Сведения об авторах

✉ Богопольский Олег Евгеньевич

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8
<https://orcid.org/0000-0002-4883-0543>
e-mail: 9202211@gmail.com

Трачук Павел Александрович

<https://orcid.org/0000-0002-4442-5831>
e-mail: trachukpav@gmail.com

Специальный Денис Владимирович

<https://orcid.org/0000-0002-7597-2918>
e-mail: specialnyyy@gmail.com

Серёда Андрей Петрович — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>
e-mail: drsereda@gmail.com

Тихилов Рашид Муртузалиевич — чл.-корр. РАН,

д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>
e-mail: rtikhilov@gmail.com

Authors' information

✉ Oleg E. Bogopolskiy

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia
<https://orcid.org/0000-0002-4883-0543>
e-mail: 9202211@gmail.com

Pavel A. Trachuk

<https://orcid.org/0000-0002-4442-5831>
e-mail: trachukpav@gmail.com

Denis V. Spetsialnyi

<https://orcid.org/0000-0002-7597-2918>
e-mail: specialnyyy@gmail.com

Andrei P. Sereda — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>
e-mail: drsereda@gmail.com

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>
e-mail: rtikhilov@gmail.com



Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины

А.А. Пронских, С.В. Романова, В.Л. Лукинов, В.А. Базлов, Т.З. Мамуладзе,
А.А. Корыткин, В.В. Павлов

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Актуальность. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими изменениями вертлужной впадины относится к случаям сложного первичного эндопротезирования и требует детального предоперационного планирования и точного восстановления анатомических взаимоотношений в оперированном суставе.

Гипотеза исследования — создание описательной системы, основанной на качественном и количественном определении деформации и дефекта костей, образующих вертлужную впадину, позволяет спланировать пространственное положение вертлужного компонента, тип его фиксации, объем костной пластики, необходимые для восстановления правильной механики тазобедренного сустава, а ее использование позволяет улучшить клинические и функциональные результаты лечения пациентов с посттравматическим коксартрозом.

Материал и методы. Проанализированы результаты лечения 194 пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины, которым в период с 2014 по 2022 г. выполнялось тотальное эндопротезирование. Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе анализировали структуру патологических изменений, таких как дефект и деформация — смещение центра ротации и офсета относительно здорового контралатерального сустава. Был разработан способ выбора тактики имплантации вертлужного компонента, основанный на детальном описании дефекта и деформации вертлужной впадины. Вторым этапом были проанализированы результаты лечения пациентов, которым планирование и оперативное лечение было проведено в сроки с 2020 по 2022 г. с использованием предложенного способа.

Результаты. В ходе проведения первого этапа исследования было выявлено, что изменение показателей смещения центра ротации и изменение офсета более чем на 8 мм увеличивает вероятность развития осложнений на 17,9%. Восстановление центра ротации и офсета позволяет сократить количество осложнений на 22,3%. Предложенный способ позволяет восстановить анатомические взаимоотношения в тазобедренном суставе и снизить общее количество осложнений на 10%.

Заключение. Предложенный способ выбора тактики имплантации вертлужного компонента позволяет качественно и количественно описать патологические изменения костной ткани вертлужной впадины. В зависимости от степени смещения центра ротации, стенок вертлужной впадины и характера дефекта опороспособной костной ткани хирург может определять тактику оперативного лечения.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, посттравматический коксартроз, дефект вертлужной впадины, классификация, предоперационное планирование.

Пронских А.А., Романова С.В., Лукинов В.Л., Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Корыткин А.А., Павлов В.В. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):66-78. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2001>.

✉ Романова Светлана Вячеславовна; e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Рукопись получена: 04.10.2022. Рукопись одобрена: 10.12.2022. Статья опубликована: 16.12.2022.

© Пронских А.А., Романова С.В., Лукинов В.Л., Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Корыткин А.А., Павлов В.В., 2022



Total Hip Arthroplasty in Patients With Post-Traumatic Bone Defects and Acetabular Deformities

Aleksandr A. Pronskikh, Svetlana V. Romanova, Vitaliy L. Lukinov, Vyacheslav A. Bazlov, Taniel Z. Mamuladze, Andrey A. Korytkin, Vitaliy V. Pavlov

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

Background. Total hip replacement in cases of traumatic changes of the acetabulum refers to cases of difficult primary arthroplasty and requires detailed preoperative planning and accurate restoration of anatomical relationships in the operated joint.

The aim of the study was to evaluate the structure of pathological changes in the acetabulum in patients with posttraumatic hip arthrosis, to develop a method for their detailed description and to determine the tactics of choosing the type of acetabulum implant.

Methods. The results of treatment of 194 patients with the consequences of acetabulum fractures who underwent total hip arthroplasty in the period from 2014 to 2022 were analyzed. The study was conducted in two stages, at the first stage, the structure of pathological changes, such as defect, deformation, changes in the center of rotation and offset (relatively healthy contralateral joint), was analyzed. A method was developed for choosing the tactics of implantation of the acetabulum component, based on a detailed description of the defect and deformation of the acetabulum. The second stage analyzed the results of treatment of patients for whom planning and surgical treatment was carried out in the period from 2020 to 2022 using the proposed method.

Results. During the first stage of the study, it was revealed that the magnitude of the change in the indicators of the displacement of the rotation center and offset changes by more than 8 mm. statistically significantly increases the likelihood of complications by 17.9%. The restoration of the rotation and offset center reduces the number of complications by 22.3%. The proposed method makes it possible to statistically reliably restore anatomical relationships in the operated hip joint and reduce the number of complications by 10%.

Conclusion. The proposed method allows us to qualitatively and quantitatively describe pathological changes in the bone tissue of the acetabulum. Depending on the degree of displacement of the center of rotation, the walls of the acetabulum and the nature of the defect of the supporting bone tissue, the surgeon can determine the tactics of surgical treatment.

Keywords: total hip arthroplasty, hip arthritis, acetabulum bone loss, classification, preoperative planning.

Cite as: Pronskikh A.A., Romanova S.V., Lukinov V.L., Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Korytkin A.A., Pavlov V.V. [Total Hip Arthroplasty in Patients With Post-Traumatic Bone Defects and Acetabular Deformities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):66-78. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2001>.

✉ Svetlana V. Romanova; e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Submitted: 04.10.2022. Accepted: 10.12.2022. Published: 16.12.2022.

© Pronskikh A.A., Romanova S.V., Lukinov V.L., Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Korytkin A.A., Pavlov V.V., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно во всем мире выполняется около 1 млн операций по эндопротезированию тазобедренного сустава. Данный вид оперативного вмешательства у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины относится к категории сложных случаев эндопротезирования из-за наличия дефектов и посттравматических деформаций вертлужной впадины. В литературе описаны многочисленные варианты оперативного лечения у данной категории пациентов, направленные на достижение стабильной первичной фиксации компонентов, замещение костных дефектов трансплантатами или аугментами, имплантацию ацетабулярного компонента в истинный центр ротации для восстановления биомеханических взаимоотношений в пораженном суставе [1, 2, 3].

На данной момент не существует общепринятой системы оценки посттравматических изменений вертлужной впадины, таких как дефект и деформация, что крайне затрудняет анализ результатов первичного эндопротезирования и разработку системного подхода к выбору хирургической тактики [4]. При попытке описать локализацию и характер патологических изменений большинство авторов используют либо классификации переломов вертлужной впадины [5, 6, 7], либо классификации периацетабулярного остеолитического процесса, изначально разработанные для ревизионного эндопротезирования, такие как AAOS [8], DGOT [9], классификации A.E. Gross и K.J. Saleh [10], W.G. Paprosky [11].

Однако оба этих подхода не лишены существенных недостатков. Попытки использования классификаций острых повреждений таза для оценки посттравматических изменений вертлужной впадины при первичном эндопротезировании не в состоянии отразить все особенности, которые могут существенно повлиять на выбор хирургической тактики для стабильной и корректной имплантации вертлужного компонента эндопротеза, а описательные системы для ревизионного эндопротезирования не могут в полной мере отразить состояние костной ткани в условиях посттравматических изменений вертлужной впадины. Для определения порядка действий во время хирургического вмешательства, подбора корректных размеров и типов имплантатов, необходимости костной пластики требуется тщательное предоперационное планирование, основанное на визуализации и описании деформации вертлужной впадины и посттравматического дефекта костной ткани.

При проведении данного исследования нами была выдвинута следующая гипотеза: создание описательной системы, основанной на качествен-

ном и количественном определении деформации и дефекта костей, образующих вертлужную впадину, позволяет спланировать пространственное положение вертлужного компонента; тип его фиксации и объем остеопластики, необходимые для восстановления правильной механики тазобедренного сустава, а ее использование позволит улучшить клинические и функциональные результаты лечения пациентов с посттравматическим коксартрозом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе проанализированы результаты лечения 194 пациентов с последствиями травм вертлужной впадины. Всем пациентам в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России в период с 2014 по 2022 г. было проведено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Исследование носило ретроспективно-проспективный характер.

Критерии включения в исследование:

- наличие одностороннего посттравматического коксартроза 3-й стадии;
- наличие дефекта вертлужной впадины II–IV типов по классификации AAOS [12];
- возраст старше 18 лет;
- наличие результатов лучевых методов исследования: рентгенограмм, МСКТ и медицинской документации о предшествующей травме.

Критерием невключения являлось наличие активного воспалительного или инфекционного процесса в области оперативного вмешательства на момент госпитализации.

Среди пациентов было 147 мужчин и 47 женщин, средний возраст на момент проведения тотального эндопротезирования составил $52,2 \pm 10,1$ лет.

Средний срок, прошедший с момента травмы, составил $4,6 \pm 0,3$ лет. Анализ типа перелома проводили по представленной медицинской документации и по рентгенограммам на основе классификации AO/ASIF [12].

Для проведения исследования была выдвинута гипотеза о том, что восстановление анатомических взаимоотношений в тазобедренном суставе, наиболее близких к здоровому контралатеральному суставу, позволяет улучшить функциональный результат лечения и снизить количество осложнений, связанных непосредственно с методом оперативного лечения.

Для подтверждения данной гипотезы на I этапе исследования пациенты были разделены на две группы в зависимости от степени восстановления таких параметров, как трехплоскостное смещение центра ротации и бедренного офсета оперированного сустава относительно здорового контралатерального сустава (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема дизайна I этапа исследования
Fig. 1. Flowchart of the I stage of the study

В группу 1 были включены 56 пациентов, у которых разница показателей смещения центра ротации и офсета не превышала 8 мм по каждому из параметров. В группу 2 были включены 138 пациентов, у которых хотя бы по одному из параметров разница была более 8 мм. Пороговое значение для распределения по группам именно в 8 мм и более было обусловлено проведенным статистическим ROC анализом.

Характеристика пациентов I этапа исследования приведена в таблице 1.

Распределение в зависимости от типа дефекта проводили по классификации AAOS [8]. В обеих группах преобладали дефекты типа 2 и 3.

В ходе проведения I этапа исследования был разработан способ предоперационного планирования, позволяющий определить хирургическую тактику при имплантации вертлужного компонента тотального эндопротеза. Для проведения анализа эффективности предложенного способа был выполнен II этап исследования. Для этого пациенты были разделены на две группы. В группу 1 были включены 45 пациентов, которым предоперационное планирование и выбор хирургической тактики осуществлялись с использованием предложенного способа в период с 2020 по 2022 г., а в группу 2 (сравнения) были

Характеристика пациентов I этапа исследования

Показатель	Группа 1 n = 56	Группа 2 n = 138
Средний возраст, лет, M±SD	52,55±11,68	52,24±13,66
Мужчины/женщины	41/15	104/33
Срок после травмы, лет, M±SD	3,81±0,34	5,17±0,49

Таблица 1

включены 149 пациентов, которым предоперационное планирование осуществлялось стандартными методами предоперационного планирования (плоскостные шаблоны, виртуальные программы-планировщики) в период с 2014 по 2019 г. (рис. 2). Половой и возрастной состав групп приведен в таблице 2.

Распределение пациентов в зависимости от типа дефекта проводили по классификации AAOS [8]. Во всех группах преобладали дефекты типа 2 и 3. Дефекты типа 5 были выявлены в 2 случаях в группе 1.



Рис. 2. Блок-схема дизайна II этапа исследования
Fig. 2. Flowchart of the II stage of the study

Характеристика пациентов II этапа исследования

Таблица 2

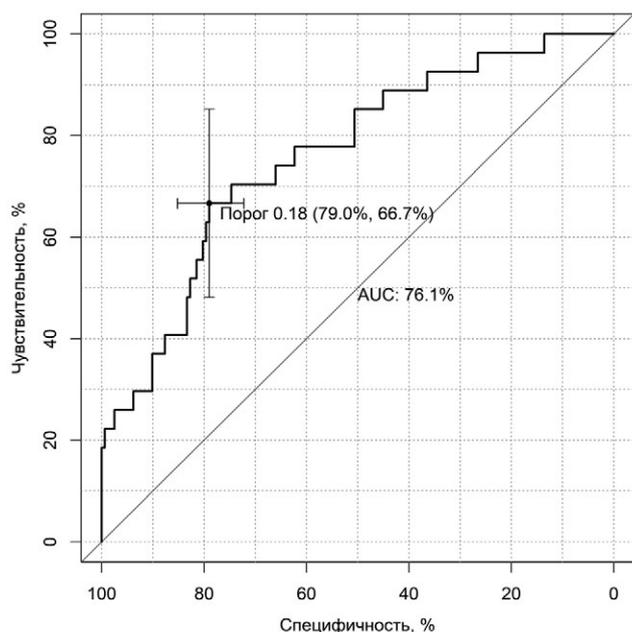
Показатель	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)
Средний возраст, лет, M±SD	53,74±12,55	51,89±13,26
Мужчин/женщин	34/11	113/36
Срок после травмы, лет, M±SD	5,23±7,16	4,63±5,45

Оценка результатов

Для оценки клинических результатов сравнивали продолжительность госпитализации, время оперативного вмешательства и объем интраоперационной кровопотери. Для сравнения функциональных результатов статистическому анализу были подвергнуты такие показатели, как уровень функции сустава по Harris Hip Score (HHS), уровень болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ). Данные показатели сравнивали во всех группах до операции и через 6 мес. после оперативного лечения. Отдельно была проанализирована структура осложнений.

Статистический анализ

Сравнение непрерывных показателей между группами проводилось с использованием U-критерия Манна–Уитни. Бинарные и категориальные показатели сравнивали с использованием точного двустороннего критерия Фишера. Выявление попарных ассоциаций между непрерывными показателями проводилось расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена с оценкой достигнутого уровня значимости p . Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p = 0,05$, т.е. различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$. Для оценки зависимости между осложнениями и величиной смещения центра ротации использовался ROC-анализ.



РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты I этапа исследования

Проанализировав общее количество осложнений, клинические и функциональные результаты лечения, методом построения логистической регрессии с определением коррелированных ковариант было выявлено, что величина изменения показателей вертикального и переднезаднего смещения центра ротации и изменения офсета более чем на 8 мм статистически значимо увеличивает вероятность развития осложнений на 17,9% с показателями чувствительности 66,7% и специфичности 79% (рис. 3).

В связи с выявлением порогового значения пространственного изменения центра ротации и офсета были сформированы две группы исследования: группа 1 – смещение менее 8 мм; группа 2 – смещение более 8 мм. Оценку клинических результатов при проведении I этапа исследования проводили, анализируя продолжительность госпитализации, объем кровопотери, время оперативного вмешательства (табл. 3).

Структура осложнений представлена в таблице 4. Функциональные результаты через 6 мес. после операции приведены в таблице 5.

Рис. 3. ROC-кривая (пороговое значение 17,9). Автоматическая многофакторная оптимальная прогностическая модель осложнений

Fig. 3. Receiver operating characteristic (ROC) curve (threshold value 17.9). Automatic multifactorial optimal predictive model of complications

Таблица 3

Клинические результаты лечения на I этапе исследования (M±SD, Me, min-max)

Показатель	Группа 1 (смещение менее 8 мм)	Группа 2 (смещение более 8 мм)	p
Продолжительность госпитализации, койко-день	9,20±3,46 8 3–22	11,01±6,01 9 4–43	0,013*
Объем кровопотери, мл	310,89±150,72 300 100–700	374,09±237,49 300 200–2000	0,104
Продолжительность оперативного вмешательства, мин.	85,80±41,56 75 35–300	89,39±40 80 40–300	0,390

* — здесь и далее: результат считается статистически значимым.

Таблица 4
Структура осложнений на I этапе исследования, %

Тип осложнения	Группа 1 (смещение менее 8 мм)	Группа 2 (смещение более 8 мм)
ИОХВ	0	4,3
Рецидивирующий вывих	0	3,2
Асептическое расшатывание	0	2,1
Нейропатия	0	9,7
Перипротезный перелом	2,4	5,4

Таблица 5
Функциональные результаты через 6 мес. на I этапе исследования, баллы

Шкала	Группа 1	Группа 2	p
ВАШ	2,66±1,28	2,47±1,26	0,334
HHS	84,87±9,18	78,12±9,01	<0,001*

Анализ полученных результатов I этапа исследования показал, что статистической разницы в таких показателях, как время операции и кровопотеря, не было. Такой результат обусловлен тем, что все оперативные вмешательства проводили одни и те же хирурги по одинаковой методике. Разница в продолжительности госпитализации обусловлена увеличением количества осложнений в группе 2 (пациенты, у которых анатомические взаимоотношения в оперированном суставе были

восстановлены в меньшей степени). Особого внимания заслуживает тот факт, что в группе 1 отсутствовали такие осложнения, как рецидивирующий вывих и нейропатия различных порций седалищного и бедренного нервов. При проведении анализа функции сустава по шкале HHS было получено статистически значимое улучшение результатов лечения в группе пациентов, у которых анатомические взаимоотношения в суставе были восстановлены наиболее близко к здоровому контралатеральному суставу. Проводя детальное изучение результатов восстановления таких параметров, как офсет и пространственное смещение центра ротации, было выявлено наличие значимой корреляции между степенью изменения офсета и функцией сустава (рис. 4).

Полученные на первом этапе результаты показали необходимость тщательного предоперационного планирования и интраоперационного восстановления анатомических параметров в оперируемом суставе. В ходе проведения первого этапа исследования, по мере накопления клинического материала и промежуточного анализа результатов, для восстановления анатомических показателей и тщательного предоперационного планирования, а также для выбора типа оперативного вмешательства для имплантации вертлужного компонента был разработан способ предоперационного планирования, основанный на этапной верификации патологических структурных изменений вертлужной впадины, заключающихся в определении двух параметров — степени деформации и величины дефекта вертлужной впадины.

Первым этапом выполняется МСКТ таза с тазобедренными суставами. Обязательным условием является интактность противоположного сустава. Строятся пространственные оси таза, определяются референтные углы и линии путем зеркального переноса ориентиров на патологическую сторону. Изучаемые параметры — смещение центра ротации, деформация вертлужной впадины и дефект опороспособной костной ткани вертлужной впадины по сегментам. Определение деформации — смещения стенок вертлужной впадины — проводится после определения плотности костной ткани по шкале Хаунсфилда в диапазоне 200–400 HU. После определения нативного анатомического центра ротации здорового тазобедренного сустава определяется полусфера здорового сустава. Полусфера делится на три сектора, соответствующих лонной, седалищной и надацетабулярной частям верт-

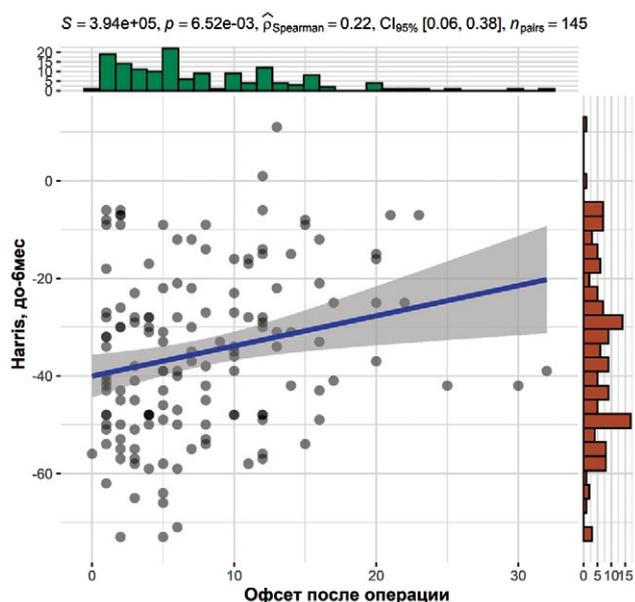


Рис. 4. Корреляция между офсетом после операции и изменением функции сустава по шкале HHS

Fig. 4. Correlation between offset after surgery and joint function changes on the Harris Hip Score

лужной впадины. Данные секторы обозначаются буквами P (*pubis*), Il (*ilium*) и Is (*ischiatum*). Для определения сектора соответствующего размера проводится подбор геометрической фигуры из сформированной библиотеки с размерным рядом с шагом в 1 мм. Сектор пространственно располагается таким образом, чтобы не менее 75% поверхности его основания находилось в контакте с опороспособной плотной костной тканью, а вершина соответствовала центру ротации. После подбора правильно ориентированного сектора с известными показателями объема и площади поверхности эти параметры описываются для каждого сектора, соответствующего лонной, седалищной и надацетабулярной поверхностям вертлужной впадины (рис. 5).

После определения количественных показателей (площадь, объем сектора) проводится зеркальный перенос полученных параметров на патологическую сторону путем переноса центра ротации, который является точкой отсчета для пространственного расположения геометрических фигур. Полученная графическая составляющая является нормой для данного сустава. Эти параметры обозначаются как нормальные. От зеркально перенесенного центра ротации проводится измерение патологических секторов каждой поверхности. Патологические секторы определяются путем подбора виртуальных секторов с условием, чтобы не менее 75% поверхности фигуры контактировало с опороспособной костной тканью сегмента. Для осуществления данной идеи сформирована виртуальная библиотека полусфер и секторов с шагом радиуса в 2 мм. Так как геометрия дефекта области ацетабулярной впадины уникальна в каждом кон-

кретном случае, для осуществления предлагаемой технологии оценки дефекта методом виртуального проектирования сформирована линейка секторов с шагом в 2 мм (рис. 6).

Формирование библиотеки примерочных секторов осуществлено методом масштабирования с использованием стандартного набора функций программного продукта NetFabb (Autodesk, США). Технология применения секторов заданного размера и объема для оценки дефекта костей таза, а именно области ацетабулярной впадины, не требует специфических знаний и доступна для применения на любой платформе, совместимой с форматом файла *.stl. Главным преимуществом наличия такой библиотеки является простота обработки и получения данных о дефекте. Полученные количественные данные сравниваются с нормальными параметрами. Разность площади в процентном соотношении обозначается как деформация опороспособной костной ткани, а разность объема — как дефект патологического сегмента. По степени выраженности деформации и дефекта между патологическим и здоровым сегментами изменения делятся на пять типов: до 25%, от 26 до 40%, от 41% до 60%, от 61% до 80% и свыше 80%.

После определения параметров составляется характеристика деформации и дефекта в виде количественного цифрового описания параметров отдельно для каждого сегмента вертлужной впадины: для лонного сегмента — P, седалищного — Is, подвздошного — Il.

На основании клинического опыта учреждения, а также отечественных и зарубежных публикаций были сформированы показания к использованию различных типов и способов фиксации

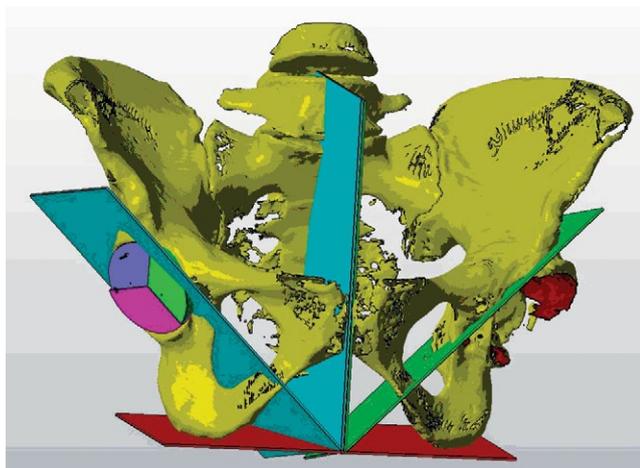


Рис. 5. Виртуальная модель с построенными плоскостями и осями для проведения количественных измерений

Fig. 5. Virtual model with plotted planes and axes for quantitative measurements

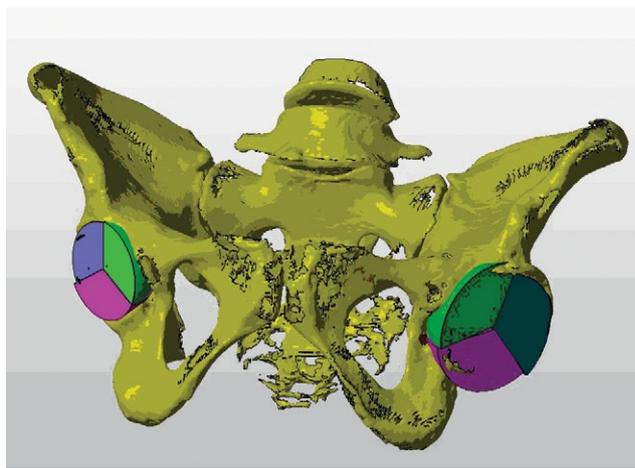


Рис. 6. Виртуальная модель после проведения подбора секторов для проведения измерения

Fig. 6. Virtual model after the selection of sectors for measurement

вертлужных компонентов в зависимости от степени деформации и дефекта вертлужной впадины. основополагающим принципом при проведении эндопротезирования мы считаем восстановление анатомо-механических взаимоотношений в суставе — центра ротации, ацетабулярного офсета путем достижения стабильной фиксации компонента с опорой на три опорных точки вертлужной впадины и замещением костного дефекта.

При *дефекте типа P I*, учитывая незначительную потерю костной ткани и сохранение опороспособности передней колонны вертлужной впадины, возможно достижение *press-fit* фиксации и использование стандартных серийных вертлужных компонентов бесцементной фиксации. Костная пластика выполняется при наличии дефицита костной ткани в области основания лонной кости. Возможно как использование костной крошки из головки бедренной кости, так и аллопластика. Использование фиксирующих винтов остается на усмотрение хирурга в случаях сопутствующих дефектов остальных отделов вертлужной впадины.

Дефекты типа Is I также относятся к незначительным, требуют опциональной костной пластики либо аутокостью при сохранной головке бедренной кости, либо аллопластики. Учитывая достаточный объем опороспособной костной ткани задней колонны, необходимо стремиться к достижению *press-fit* фиксации с использованием бесцементного вертлужного компонента.

При наличии *дефекта типа II I* структура вертлужной впадины сохранна, замещение дефекта такого типа не требует использования костной пластики. Показано использование вертлужного компонента бесцементной фиксации, при необходимости хирург может использовать винты для достижения лучшей стабильности.

Тип I соответствует незначительным изменениям. Количество сохранной опороспособной костной ткани вертлужной впадины является достаточным для того, чтобы достичь *press-fit* фиксации, костная пластика используется опционально — только при локализации дефекта в области передней или задней колонны. Проведение оперативного вмешательства не вызывает технических трудностей, возможно использование стандартных вертлужных компонентов.

При *дефектах типа P II* потеря костной ткани относится к умеренной, однако при сочетании потери костной ткани передней и задней колонн необходима фиксация винтами с проведением последних не только секторально в надвертлужную область, но и в лонную и седалищные кости, то есть требуется использование вертлужных компонентов бесцементной фиксации с наличием большого количества отверстий с возможностью полиаксиального введения винтов. При сочетании умерен-

ного дефекта передней колонны и незначительных дефектов других секторов возможно достижение *press-fit* фиксации путем имплантации стандартного вертлужного компонента большого размера.

Дефект типа Is II также относится к умеренным. При отсутствии дефектов других секторов используется вертлужный компонент большого размера либо вертлужный компонент с возможностью полиаксиального введения винтов. Однако при сочетании умеренных дефектов всех областей необходима реконструкция задней колонны путем замещения дефекта задней колонны опорным аугментом для достижения эффекта расклинивания. Костная пластика является опциональной, так как использование структурного трансплантата не позволит достичь стабильной *press-fit* фиксации.

При выявлении *дефекта типа II II* необходимо замещение дефекта надацетабулярного массива либо опорным трансплантатом из головки бедренной кости, либо, при ее неудовлетворительном качестве, полусферическим аугментом. В случае сохранности задней колонны рекомендовано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением фиксирующих винтов.

Дефекты типа II относятся к умеренным. При их наличии возможно проведение оперативного вмешательства с использованием стандартных конструкций. Однако дефекты надацетабулярного массива и задней колонны требуют замещения для достижения *press-fit* фиксации. Костная пластика рекомендована только в случаях дефекта надацетабулярного массива. Во всех случаях невозможно использование компонентов цементной фиксации, так как наличие умеренных дефектов приведет к нарушению техники цементного эндопротезирования и отсутствию стабильной фиксации вертлужного компонента.

Дефект типа P III относится к значительным вследствие выраженного отсутствия опороспособной кости в области передней колонны вертлужной впадины. При изолированном дефекте P III возможно использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным проведением фиксирующих винтов и их обязательным введением во все сегменты вертлужной впадины для достижения стабильной фиксации. При сочетании со значительными дефектами секторов рекомендовано использование индивидуального вертлужного компонента, по возможности простой геометрии для упрощения обработки ацетабулярной впадины и повышения вариативности его позиционирования интраоперационно. Костная пластика выполняется только с использованием костной крошки, так как использование структурного трансплантата не позволит добиться опороспособности передней колонны.

Дефект Is III является значительным и при сочетании значительного дефекта задней колонны и незначительных либо умеренных дефектов других секторов требуется реконструкция задней колонны с использованием опорного аугмента, либо сочетания опорного и полусферического аугментов. При наличии изолированного дефекта типа Is III показано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным проведением фиксирующих винтов и их обязательным введением во все сегменты вертлужной впадины для достижения стабильной фиксации. При сочетании значительных дефектов всех трех секторов рекомендована имплантация индивидуального вертлужного компонента преимущественно простой геометрии. Костная пластика структурными трансплантатами не используется.

Дефект II III относится к значительным дефектам, при которых доля опороспособной кости составляет до 60%. В данной ситуации в случае изолированного дефекта наацетабулярного массива обязательным условием достижения стабильной фиксации является замещение дефекта полусферическим аугментом либо выполнение костной пластики и использование вертлужного компонента бесцементной фиксации. При сочетании значительного дефекта наацетабулярного массива и умеренных дефектов передней и задней колонн рекомендовано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением винтов во все зоны впадины. При сочетании значительных дефектов всех секторов предлагается использование индивидуального вертлужного компонента преимущественно простой геометрии с обязательным предоперационным планированием направления и длины фиксирующих винтов.

Дефекты типа P IV относятся к субтотальным. При наличии изолированного либо сочетанного дефицита опороспособной кости в области передней колонны рекомендуется использование индивидуального вертлужного компонента с замещением дефекта лонного сектора и обязательной винтовой фиксацией за другие области вертлужной впадины. Главным требованием к такому компоненту является наличие отверстий для полиаксиального введения винтов в участки наиболее плотной костной ткани, так как стандартные компоненты не позволяют гарантированно добиться стабильной фиксации. Предпочтение отдается компонентам простой геометрии, так как сложные конструкции при наличии даже небольшой технической погрешности при изготовлении или планировании потребуют значительной доработки костного ложа, что может привести к позициони-

рованию компонента, отличному от предоперационного планирования. Альтернативным методом является этапное оперативное лечение с проведением реконструкции передней колонны внутритазовым доступом с фиксацией передней колонны пластинами.

При дефектах типа Is IV использование стандартных вертлужных компонентов также невозможно. Методом выбора является использование индивидуальных компонентов с замещением дефекта задней колонны и достижением полиаксиальной винтовой фиксации за другие области вертлужной впадины. В таком случае обязательным является тщательное предоперационное планирование и моделирование направления проведения винтов. Рекомендовано использование не только индивидуального компонента, но и индивидуального направителя при формировании канала для проведения винтов. Альтернативным методом является этапное оперативное лечение с реконструкцией задней колонны пластинами.

Дефекты типа II IV требуют обязательного замещения субтотального дефекта наацетабулярного массива. При изолированном дефекте возможно использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением винтов, однако такой способ потребует использования системы аугментов — как опорных, так и полусферических большой толщины. При наличии дефицита костной ткани в области наацетабулярного массива в сочетании со значительными или субтотальными дефектами других областей ацетабулярной впадины предпочтение должно отдаваться индивидуальным вертлужным компонентам с полиаксиальным введением винтов.

Дефекты типа V относятся к тотальным. При наличии такого дефекта нарушается целостность вертлужной впадины, и в одном из секторов либо во всех секторах отсутствует возможность фиксации стандартного вертлужного компонента. Основным патологическим нарушением при дефектах такого типа является разрушение запирающего отверстия либо тотальное разрушение подвздошной кости, что приводит к нарушению стабильности тазового кольца. Единственным вариантом эндопротезирования при таких дефектах является использование индивидуальных вертлужных компонентов сложной геометрии с внеацетабулярной фиксацией за сохранные части таза. Например, использование компонентов с фиксацией за крестец, контралатеральную лонную кость и прочее. Решение об использовании такого типа индивидуальных компонентов требует тщательного предоперационного планирования.

Результаты II этапа исследования

На втором этапе исследования был выполнен анализ результатов использования предложенного способа. Клинические результаты представлены в таблице 6, структура осложнений — в таблице 7.

Анализ клинических результатов лечения показал, что продолжительность госпитализации была статистически значимо больше в группе пациентов, которым планирование проводилось с помощью стандартных методик. Данный показатель обусловлен увеличением количества осложнений на 10%. Для подтверждения гипотезы о том, что предложенный способ позволяет эффективнее и точнее восстановить анатомические взаимоотношения в тазобедренном суставе, мы сравнили

показатели степени смещения центра ротации и офсета в обеих группах (табл. 8).

Данные, представленные в таблицах, позволяют сделать вывод о том, что оптимальное предоперационное планирование и использование алгоритма выбора вертлужного компонента и способа его фиксации позволяет точнее восстановить анатомические взаимоотношения в оперированном суставе.

Для оценки функциональных результатов на втором этапе исследования были проанализированы показатели ВАШ и NHS (табл. 9).

Приведенные результаты так же, как и на первом этапе исследования, показывают зависимость изменения функции сустава от восстановления центра ротации и офсета.

Таблица 6

Клинические результаты лечения на II этапе исследования (M±SD, Me, min-max)

Показатель	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)	p
Продолжительность госпитализации, койко-день	9,89±6,91 8 5–38	10,67±4,92 8 7–43	0,020*
Объем кровопотери, мл	392,39±198,60 350 150–1000	344,29±222,42 300 100–2000	0,067
Продолжительность оперативного вмешательства, мин.	96,74±43,57 85 50–80	85,73±39,12 75 35–300	0,090

Таблица 7

Структура осложнений в группах II этапа исследования, n

Тип осложнения	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)
Любое осложнение	3	25
ИОХВ	2	3
Вывих	1	4
Нейропатия	0	9
Нестабильность	0	2
Другое	0	7

Таблица 8

Смещение анатомических маркеров по сравнению со здоровым контралатеральным суставом, мм (M±SD)

Показатель	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)	p
Вертикальное смещение	3,72±3,69	10,2±6,77	<0,001*
Горизонтальное смещение	5,87±3,96	9,4 ±6,25	<0,001*
Переднезаднее смещение	2,09±1,21	4,48±4,65	0,027*
Офсет	4,2±2,85	7,76±6,25	<0,001*

Таблица 9

Функциональные результаты через 6 мес. после операции на II этапе исследования, баллы

Шкала	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)	p
ВАШ	2,65±0,92	2,48±1,36	0,112
NHS	85,91±6,15	78,21±9,69	<0,001*

ОБСУЖДЕНИЕ

Распространенная в США классификация AAOS позволяет достаточно точно описать дефект любой этиологии (как посттравматический, так и постимплантационный) и представить его характер, однако данная классификация не отражает тяжести изменений и в незначительной степени определяет тактику замещения дефекта и технику имплантации вертлужного компонента [12]. Для достижения хорошего результата, помимо прочной фиксации компонентов и замещения дефектов, необходимо учитывать несколько ключевых моментов, таких как тщательное восстановление бедренного офсета, длины конечностей и центра ротации [13, 14].

Известен ряд публикаций, посвященных тактике ведения больных с посттравматическими деформациями вертлужной впадины [15, 16, 17]. Наиболее близкими к предлагаемому являются способы, описанные А.В. Цыбиным с соавторами [4] и Д.В. Мартыненко с соавторами [18]. В публикации Р.М. Тихилова авторы на основе данных о степени смещения головки бедренной кости выделяют три степени посттравматической деформации вертлужной впадины [19]. В зависимости от степени выраженности патологического процесса авторы предлагают различные варианты выбора типа и способа фиксации вертлужного компонента. Данный способ основан на анализе данных плоскостных рентгенограмм и является обобщенным. Кроме того, степень смещения головки не всегда возможно детально описать ввиду ее отсутствия или выраженной деструкции.

Д.В. Мартыненко с соавторами предложили способ описания деформаций вертлужной впадины по двумерным плоскостным рентгенограммам, основанный на определении вертлужного квадрата — места стандартного расположения в вертлужной впадине сферичной головки бедренной кости или полусферичного вертлужного компонента [18]. Недостатками метода является его поливариативность. Авторами предложено 25 вариантов деформаций вертлужной впадины, что затрудняет рутинное клиническое использование данного метода. Кроме того, оценка проводится только по плоскостным двумерным рентгенограммам, что снижает диагностическую ценность метода. Оценка степени выраженности деформации является довольно субъективной и не дает точной количественной характеристики посттравматического дефекта и деформации вертлужной впадины.

Для увеличения точности анализа деформации вертлужной впадины и создания верифицированного подхода к хирургическому лечению А.В. Цыбиным с соавторами был предложен способ, на который получен патент на изобретение — создание описательной системы ASPID [4]. В данном способе степень смещения определяется на основе данных компьютерной томографии, а диагностика основана на трех критериях: локализация (по стенкам вертлужной впадины), степень смещения и целостность тазового кольца (нарушена или сохранена). Главными отличиями предлагаемого нами способа являются этапность определения компонентов деформации (степень смещения не только отдельных стенок вертлужной впадины, но и центра ротации), а также принцип определения смещения стенок вертлужной впадины. В отличие от изобретения А.В. Цыбина [4], для анализа используются не просто данные компьютерной томографии, а уже сформированные 3D-модели, то есть изображения, очищенные от посторонних шумов, металлоконструкций, а также визуализированные по шкале Хаунсфилда в диапазоне 200–400 HU.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного нами исследования показали наличие корреляции между степенью восстановления анатомических взаимоотношений в оперируемом суставе и функциональными результатами лечения. Пороговым значением, после которого можно прогнозировать рост осложнений и ухудшение функциональных результатов, является смещение центра ротации или бедренного офсета на 8 мм и более. Проведение тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины требует тщательного предоперационного планирования и относится к случаям сложного первичного эндопротезирования. Представленный метод объемной визуализации позволяет качественно и количественно описать патологические изменения костной ткани вертлужной впадины. В зависимости от степени смещения центра ротации, стенок вертлужной впадины и характера дефекта опороспособной костной ткани хирург может определять тактику оперативного лечения. Анализ использования данного способа показывает снижение общего количества осложнений на 10%, улучшение функциональных и клинических результатов лечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Заявленный вклад авторов**

Пронских А.А. — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Романова С.В. — сбор и обработка данных.

Лукинов В.Л. — статистическая обработка данных.

Базлов В.А. — сбор материала, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Мамуладзе Т.З. — разработка дизайна исследования, редактирование данных.

Корыткин А.А. — сбор материала, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Павлов В.В. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Sloan M., Premkumar A., Sheth N.P. Future Demand for Total Joint Arthroplasty Drives Renewed Interest in Arthroplasty Fellowship. *HSS J.* 2020;16(Suppl 2):210-215. doi: 10.1007/s11420-019-09678-y.
- Zahar A., Papik K., Lakatos J., Cross M.B. Total hip arthroplasty with acetabular reconstruction using a bulk autograft for patients with developmental dysplasia of the hip results in high loosening rates at mid-term follow-up. *Int Orthop.* 2014;38(5):947-951. doi: 10.1007/s00264-014-2280-7.
- Morales De Cano J.J., Guillamet L., Perez Pons A. Acetabular reconstruction in paprosky type III defects. *Acta Ortop Bras.* 2019;27(1):59-63. doi: 10.1590/1413-785220192701187313.
- Цыбин А.В., Любчак В.В., Сивков В.С., Шильников В.А., Малыгин Р.В., Шубняков М.И. Обоснование использования оригинальной классификации посттравматических деформаций вертлужной впадины при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Гений ортопедии.* 2021;(5):508-513. Tsybin A.V., Lubchak V.V., Sivkov V.S., Shilnikov V.A., Malygin R.V., Shubnyakov M.I. [Rationale for the use of the original classification of posttraumatic acetabular deformities in primary total hip replacement]. *Genij Ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2021;(5):508-513. (In Russian). doi:10.18019/1028-4427-2021-27-5-508-513.
- Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., Karam M.D., Kellam J.F. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma.* 2018;32 Suppl 1: S1-S170. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063.

DISCLAIMERS**Author contribution**

Pronskikh A.A. — study design, evaluation and interpretation of the data, text editing.

Romanova S.V. — collection and processing of data.

Lukinov V.L. — data statistical processing.

Bazlov V.A. — evaluation and interpretation of the data, preparation of the text.

Mamuladze T.Z. — study design, text editing.

Korytkin A.A. — evaluation and interpretation of the data, text editing.

Pavlov V.V. — study design, data interpretation.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

- Burgess A.R., Eastridge B.J., Young J.W., Ellison T.S., Ellison P.S. Jr, Poka A. et al. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols. *J Trauma.* 1990;30(7):848-856.
- Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70(1):1-12. doi: 10.1302/0301-620X.70B1.3276697.
- D'Antonio J.A., Capello W.N., Borden L.S., Bargar W.L., Bierbaum B.F., Boettcher W.G. et al. Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(243):126-137.
- Bettin D., Katthagen B.D. [The German Society of Orthopedics and Traumatology classification of bone defects in total hip endoprostheses revision operations]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1997;135(4):281-284. (In German). doi: 10.1055/s-2008-1039389.
- Saleh K.J., Holtzman J., Gafni ASaleh L., Jaroszynski G., Wong P., Woodgate I. et al. Development, test reliability and validation of a classification for revision hip arthroplasty. *J Orthop Res.* 2001;19(1):50-56. doi: 10.1016/S0736-0266(00)00021-8.
- Paprosky W.G., Perona P.G., Lawrence J.M. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty.* 1994;9(1):33-44. doi: 10.1016/0883-5403(94)90135-x.
- Ahmad A.Q., Schwarzkopf R. Clinical evaluation and surgical options in acetabular reconstruction: A literature review. *J Orthop.* 2015;12(Suppl 2):S238-243. doi: 10.1016/j.jor.2015.10.011.

13. Knafo Y., Houfani F., Zaharia B., Egrise F., Clerc-Urmès I., Mainard D. Value of 3D Preoperative Planning for Primary Total Hip Arthroplasty Based on Biplanar Weightbearing Radiographs. *Biomed Res Int.* 2019;2019:1932191. doi: 10.1155/2019/1932191.
14. Mainard D., Barbier O., Knafo Y., Belleville R., Mainard-Simard L., Gross J.B. Accuracy and reproducibility of preoperative three-dimensional planning for total hip arthroplasty using biplanar low-dose radiographs: A pilot study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017; 103(4):531-536. doi: 10.1016/j.otsr.2017.03.001.
15. Милуков А.Ю. Классификация повреждений вертлужной впадины. *Медицина и образование в Сибири.* 2012;(2). Режим доступа: https://mos.ngmu.ru/article/text_full.php?id=680.
Milyukov A.Y. [Classification of damages of cotyloid cavity]. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri* [Medicine and Education in Siberia]. 2012;(2). (In Russian). Available from: https://mos.ngmu.ru/article/text_full.php?id=680.
16. Гудз А.И., Денисов А.О., Ласунский С.А., Шубняков И.И., Шильников В.А., Сорокин Е.П. и др. Лечение сложных переломов вертлужной впадины и их последствий. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2017;(2):70-76. doi: 10.17116/hirurgia2017270-76.
Gudz A.I., Denisov A.O., Lasunskiy S.A., Shubnyakov I.I., Shilnikov V.A., Sorokin E.P. et al. [Management of complex acetabulum fractures and their consequences]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* [Pirogov Russian Journal of Surgery] 2017;(2):70-76. (In Russian). doi: 10.17116/hirurgia2017270-76.
17. Тихилов Р.М., Шаповалов В.М., Артюх В.А., Сивков В.С. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава после перелома вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России.* 2005;(3):30-35.
Tikhilov R.M., Shapovalov V. M., Artjuh V.A., Sivkov V.S. [Hip arthroplasty features after acetabular fracture]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2005;(3):30-35. (In Russian).
18. Мартыненко Д.В., Волошин В.П., Шерман Л.А., Шевырев К.В., Ошкуков С.А., Степанов Е.В. Определение деформации вертлужной впадины при предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(3):153-164. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-153-164.
Martynenko D.V., Voloshin V.P., Sherman I.A., Shevryev K.V., Oshkukov S.A., Stepanov E.V. [Assessment of Acetabulum Deformity During Preoperative Planning for Hip arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):153-164. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-153-164.
19. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Чиладзе И.Т., Плиев Д.Г., Шорустамов М.Т., Артюх В.А. и др. Выбор способа имплантации вертлужного компонента на основе рабочей классификации последствий переломов вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России.* 2011;(2):37-43.
Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Chiladze I.T., Pliev D.G., Shorustamov M.T., Artyukh V.A. et al. [Choice of surgical approach for acetabular component's implantation using current classification for arthritis following acetabular fracture]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(2):37-43. (In Russian).

Сведения об авторах

✉ Романова Светлана Вячеславовна
Адрес: Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17
<https://orcid.org/0000-002-7014-2763>
e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Пронских Александр Андреевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-1197-556x>
e-mail: proal_88@mail.ru

Лукинов Виталий Леонидович — канд. физ.-мат. наук
<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>
e-mail: Vitaliy.L.lukinov@sci-boost.com

Базлов Вячеслав Александрович
<https://orcid.org/0000-0001-8989-5516>
e-mail: sbazlov@yandex.ru

Мамуладзе Тариэл Зурабович
<https://orcid.org/0000-0001-8891-535X>
e-mail: gromadina@inbox.ru

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>
e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Authors' information

✉ Svetlana V. Romanova
Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia
<https://orcid.org/0000-002-7014-2763>
e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Aleksandr A. Pronskikh — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-1197-556x>
e-mail: proal_88@mail.ru

Vitaliy L. Lukinov — Cand. Sci. (Phys.-Mat.)
<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>
e-mail: Vitaliy.L.lukinov@sci-boost.com

Vyacheslav A. Bazlov
<https://orcid.org/0000-0001-8989-5516>
e-mail: sbazlov@yandex.ru

Tariel Z. Mamuladze
<https://orcid.org/0000-0001-8891-535X>
e-mail: gromadina@inbox.ru

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>
e-mail: pavlovdoc@mail.ru



Оценка травматичности хирургических доступов при выполнении тройной остеотомии таза у детей с диспластической нестабильностью тазобедренного сустава

П.И. Бортулёв, Т.В. Баскаева, Д.Б. Барсуков, И.Ю. Поздникин

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. Инвазивность и травматичность хирургических доступов при проведении операций на тазобедренном суставе в первую очередь определяется величиной мышечной травмы. На сегодняшний день для осуществления остеотомий костей таза и реориентации вертлужной впадины ортопедами используется от одного до трех хирургических доступов. Анализ мировой и отечественной научной литературы показал отсутствие исследований, посвященных сравнению травматичности различных хирургических доступов для выполнения тройной остеотомии таза у детей.

Цель исследования — определить степень мышечной травматизации при выполнении тройной остеотомии таза различными доступами у пациентов с дисплазией тазобедренных суставов.

Материал и методы. В исследование вошли 70 пациентов (70 тазобедренных суставов) в возрасте от 12 до 18 лет ($15,2 \pm 1,4$) с дисплазией тазобедренных суставов I степени по классификации Crowe, получавших лечение в период с 2020 по 2021 г. Все дети были разделены на две группы: I группу составили 35 пациентов (35 тазобедренных суставов), которым тройную остеотомию таза выполняли из переднебокового доступа, II группу — 35 пациентов (35 тазобедренных суставов), которым тройная остеотомия таза была выполнена из двух доступов — медиального трансдукторного и «бикини». Помимо стандартной рентгенометрии тазобедренных суставов, до операции и на 3-и, 7-е сутки после ее выполнения оценивали выраженность болевого синдрома по ВАШ и уровень маркеров мышечной травматизации: аспаргатаминотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и С-реактивного белка (СРБ).

Результаты. Интенсивность болевого синдрома по ВАШ была более выраженной ($p < 0,05$) у пациентов, которым операция выполнялась из переднебокового доступа, а значения показателей КФК и СРБ значительно ($p < 0,05$) превышали аналогичные у пациентов, которым тройная остеотомия таза была выполнена из двух хирургических доступов. Полученные данные свидетельствуют о большей травматизации мышц области тазобедренного сустава в ходе выполнения передне-бокового доступа для осуществления тройной остеотомии таза.

Заключение. Сравнительный анализ травматичности хирургических доступов, основанный на оценке биохимических показателей маркеров мышечной травмы и интенсивности болевого синдрома в послеоперационном периоде показал, что передне-боковой доступ при выполнении тройной остеотомии таза у детей с дисплазией тазобедренных суставов I степени по Crowe приводит к большей травматизации мышечной ткани ($p < 0,05$), чем применение двух хирургических доступов (медиального трансдукторного и «бикини»), о чем свидетельствуют значительное повышение КФК и СРБ в крови, а также более выраженный болевой синдром в ближайшем после операционном периоде.

Ключевые слова: дисплазия тазобедренных суставов, дети, хирургические доступы, тройная остеотомия таза, болевой синдром, биохимические маркеры мышечной травматизации.

Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю. Оценка травматичности хирургических доступов при выполнении тройной остеотомии таза у детей с диспластической нестабильностью тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):79-89. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1981>.

Бортулёв Павел Игоревич; e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Рукопись получена: 10.08.2022. Рукопись одобрена: 30.09.2022. Статья опубликована онлайн: 12.10.2022.

© Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., 2022



Surgical Approaches for Triple Pelvic Osteotomy in Children With Hip Dysplastic Instability: Assessment of Muscle Damage

Pavel I. Bortulev, Tamila V. Baskaeva, Dmitriy B. Barsukov, Ivan Yu. Pozdnikin

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

Background. The invasiveness of surgical approaches for hip surgeries is primarily determined by the severity of the muscle injury. To date, surgeons use from one to three surgical approaches for osteotomy of the pelvic bones and acetabulum reorientation. An analysis of the scientific literature showed the lack of studies comparing the muscle trauma at different surgical approaches for triple pelvic osteotomy in children.

The aim of this study – to evaluate the degree of muscle injury during triple pelvic osteotomy through various surgical approaches in patients with developmental dysplasia of the hip (DDH).

Methods. The study included 70 patients (70 hip joints) aged 12–18 years (15.2 ± 1.4) with Crowe type I DDH treated between 2020 and 2021. All children were divided into two groups: group I consisted of 35 patients (35 hip joints) who underwent triple pelvic osteotomy using an anterolateral approach, group II – 35 patients (35 hip joints) who underwent triple pelvic osteotomy through two approaches (medial and bikini). In addition to standard radiometry of hip joints, pain severity based on the visual analog scale (VAS) and blood markers levels of muscle injury (lactate dehydrogenase, creatine phosphokinase, aspartate aminotransferase and C-reactive protein) were evaluated before and at 3rd and 7th days after surgery.

Results. Pain severity assessment by VAS was more pronounced ($p < 0.05$) in patients who underwent surgery using an anterolateral access. Values of CPK and C-reactive protein significantly ($p < 0.05$) exceeded those in patients who underwent triple pelvic osteotomy through two surgical approaches. The results of the study indicate greater hip muscles trauma during the anterolateral approach for triple pelvic osteotomy.

Conclusion. The use of anterior-lateral approach when performing triple pelvic osteotomy in children with Crowe type I DDH causes more ($p < 0.05$) muscle tissue trauma compared to two surgical approaches (medial and bikini). This is evidenced by a significant increase of creatine phosphokinase and C-reactive protein, as well as a more severe pain syndrome in the immediate postoperative period.

Keywords: developmental dysplasia of the hip, surgical approaches, triple pelvic osteotomy, pain syndrome, biochemical markers of muscle trauma.

Cite as: Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu. [Surgical Approaches for Triple Pelvic Osteotomy in Children With Hip Dysplastic Instability: Assessment of Muscle Damage]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):79–89. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1981>.

✉ Pavel I. Bortulev; e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Submitted: 10.08.2022. Accepted: 30.09.2022. Published Online: 12.10.2022.

© Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Частота возникновения дисплазии тазобедренных суставов не имеет тенденции к снижению с течением времени и, несмотря на современные возможности ее максимально раннего выявления, процент гиподиагностики сохраняется на достаточно высоком уровне [1, 2, 3, 4]. Недоразвитие свода вертлужной впадины создает условия для краниального смещения головки бедренной кости с формированием подвывиха бедра, а его первые клинические симптомы проявляются уже в подростковом периоде в связи с наличием участка локальной патологической нагрузки на гиалиновый хрящ [5, 6, 7].

Множество отечественных и зарубежных авторов научно доказали высокую эффективность тройной остеотомии таза в комплексном лечении диспластического подвывиха бедра и коксартроза у детей, подростков и молодых взрослых [8, 9, 10, 11, 12, 13]. Для осуществления остеотомий костей таза и реориентации вертлужной впадины ортопедами используется от одного до трех хирургических доступов [14, 15, 16, 17]. Кроме того, имеются работы, посвященные выполнению тройной остеотомии из малоинвазивных доступов [18, 19, 20, 21]. Однако необходимо отметить, что на сегодняшний день существуют противоречия в понятии «малоинвазивный доступ». Так, у ряда авторов сложилось мнение, что малоинвазивным или малотравматичным является доступ с разрезом кожных покровов до 10 см даже при условии значимого повреждения околоуставных мышц [22, 23, 24, 25]. В противоположность этому мнению другие авторы считают, что под термином «малоинвазивный/малотравматичный доступ» подразумевается хирургический доступ, при котором не проводится рассечение мышц и сухожилий, а протяженность разреза кожи не имеет особого значения [26, 27]. Кроме того, ряд авторов, которые выполняют тройную остеотомию таза более чем из одного, незначительного по длине разреза кожи, также считают эту методику малоинвазивной [28]. Вместе с тем инвазивность и травматичность доступа в первую очередь определяется величиной мышечной травмы, одним из способов определения которой является оценка биохимических маркеров мышечной травматизации: аспартаминотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и С-реактивного белка (СРБ) [29].

Нами был проведен анализ зарубежной и отечественной научной литературы, посвященной сравнению травматичности различных хирургических доступов для выполнения тройной остеотомии таза, который показал отсутствие такого рода исследований, что подчеркивает актуальность его проведения.

Цель исследования — оценить степень мышечной травматизации при выполнении тройной остеотомии таза с использованием различных доступов у пациентов с дисплазией тазобедренных суставов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Выполнено моноцентровое когортное проспективное сравнительное контролируемое исследование.

Исследование основано на результатах клинико-лабораторного обследования в пред- и послеоперационном периодах 70 пациентов (70 тазобедренных суставов) с дисплазией тазобедренных суставов I степени по Crowe в возрасте от 12 до 18 лет ($15,2 \pm 1,4$), которым в период с 2020 по 2021 г. была выполнена тройная остеотомия таза. Все пациенты в зависимости от используемого хирургического доступа были разделены на две равнозначные группы. Группу I составили 35 пациентов (35 тазобедренных суставов), которым тройная остеотомия таза выполнялась общепринятым в Центре переднебоковым доступом. Пациентов женского пола было 30, мужского — 5. В группу II вошли 35 пациентов (35 тазобедренных суставов), у которых использовались два хирургических доступа: медиальный трансдукторный и доступ «бикини». Пациентов женского пола было 28, мужского — 7.

Критерии включения в исследование:

- наличие нестабильности тазобедренного сустава в виде подвывиха бедра (I степень по классификации Crowe);
- отсутствие необходимости выполнения корригирующих вмешательств на проксимальном отделе бедренной кости;
- отсутствие неврологических, системных и генетических заболеваний;
- согласие пациента или его законного представителя на участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования:

- наличие нестабильности тазобедренного сустава в виде маргинального, надацетабулярного и подвздошного вывиха бедра (степени II–IV по Crowe);
- необходимость выполнения внутрисуставных манипуляций и корригирующей остеотомии бедренной кости;
- наличие неврологических, системных и генетических заболеваний;
- отказ от заполнения информированного согласия для принятия участия в исследовании;
- возникновение инфекций хирургической раны в послеоперационном периоде.

Техника операции

Переднебоковой доступ. Положение пациента на операционном столе — лежа на контралатеральном пораженному суставу боку. Выполняется углообразный разрез кожи и подкожно-жировой клетчатки от передне-верхней ости подвздошной кости до уровня границы верхней трети диафиза бедра длиной 15–20 см. Рассечение *tensor fascia lata* повторяет разрез кожи с дополнительным поперечным сечением кзади на уровне большого вертела с целью проведения манипуляций на седалищной кости. После препаровки промежутка между *m. gluteus medius* и *m. tensor fascia lata* и выделения крыла подвздошной кости осуществляется рассечение хрящевого апофиза

гребня подвздошной кости с последующим поднадкостничным выделением тела подвздошной кости, в которую проводится проволочная пила. Следующим этапом выполняются поднадкостничное выделение и остеотомия лонной кости медиальнее Y-образного хряща или гребневидного бугорка максимально близко к вертлужной впадине. После выделения на протяжении *n. ischiadicus* выполняются поднадкостничное выделение и периацетабулярная остеотомия седалищной кости краниальнее места прикрепления *lig. sacrotuberosus*. После этого проводится остеотомия тела подвздошной кости с последующей реориентацией либерализованной вертлужной впадины (рис. 1).

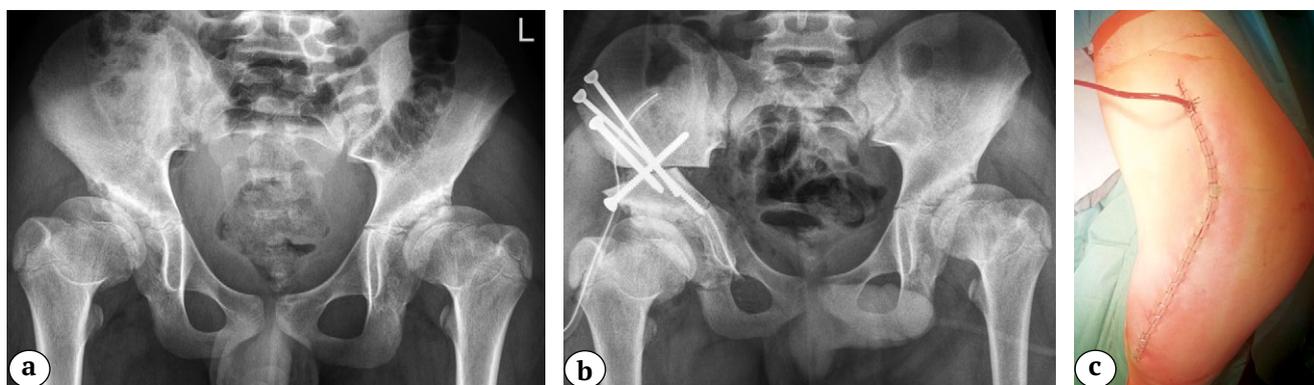


Рис. 1. Выполнение тройной остеотомии таза из переднебокового хирургического доступа: а — рентгенограмма пациента 12 лет с дисплазией тазобедренных суставов I степени по Crowe до операции; б — рентгенограмма после восстановления корректных соотношений между тазовым и бедренным компонентами тазобедренного сустава методом реориентирующей тройной остеотомии таза справа; с — фото хирургического доступа после ушивания

Fig. 1. A triple pelvic osteotomy through an anterolateral surgical approach: а — X-ray of patient 12 y.o. with Crowe type I developmental dysplasia of the hip before surgery; б — X-ray after restoring the correct ratios between the pelvic and femoral hip components by reorientation triple pelvic osteotomy; с — surgical access after suturing

Медиальный трансдукторный доступ и доступ «бикини». Положение пациента на операционном столе — лежа на спине. На нижней конечности в положении сгибания и разведения на стороне вмешательства выполняется поперечный разрез кожи и подкожно-жировой клетчатки в проекции сухожилия *m. adductor longus* длиной до 4 см. Тупо в межмышечном промежутке формируется канал до седалищной кости. После поднадкостничного выделения долотом выполняется ее периацетабулярная остеотомия. Следующим этапом производится разрез кожи и подкожно-жировой клетчат-

ки на 1 см ниже крыла подвздошной кости вдоль паховой складки длиной до 15 см. После рассечения фасции визуализируется, выделяется на протяжении и смещается *n. cutaneous femoris lateralis*. В промежутке между *m. tensor fascia lata* и *m. sartorius* выделяется крыло подвздошной кости с последующим рассечением его хрящевого апофиза, поднадкостничным выделением тела подвздошной кости и проведением проволочной пилы в седалищную вырезку. Дальнейшие манипуляции не имели отличий от аналогичных, выполняемых из переднебокового доступа (рис. 2).

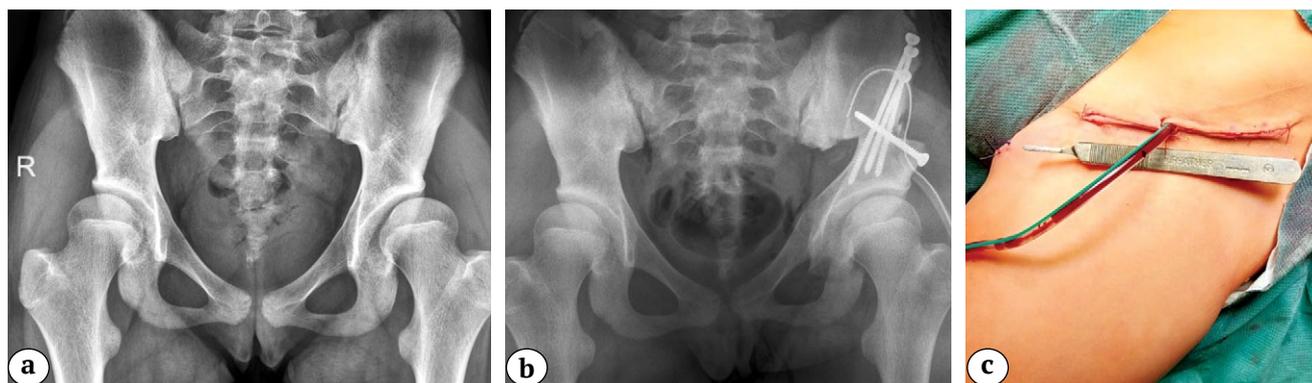


Рис. 2. Выполнение тройной остеотомии таза из двух хирургических доступов:
 а — рентгенограмма пациента 16 лет с дисплазией тазобедренных суставов I степени по Crowe до операции;
 б — рентгенограмма после восстановления корректных соотношений между тазовым и бедренным компонентами тазобедренного сустава методом реориентирующей тройной остеотомии таза слева;
 с — вид хирургического доступа после ушивания

Fig. 2. A triple pelvic osteotomy from two surgical approaches:
 а — X-ray of patient 16 y.o. with Crowe type I developmental dysplasia of the hip before surgery;
 б — X-ray after restoring the correct ratios between the pelvic and femoral components by reorientation triple pelvic osteotomy;
 с — surgical access after suturing

Методы исследования

Помимо общепринятого клинического обследования с заполнением анкеты ВАШ и лучевых методов исследования, которые включали в себя рентгенографию в переднезадней и аксиальной проекциях и компьютерную томографию тазобедренных суставов, всем пациентам проводился анализ биохимических маркеров мышечной травматизации до операции и на 3-и и 7-е сут. послеоперационного периода: ЛДГ, КФК, АСТ, СРБ. Помимо этого проводился анализ длительности операции и объема интраоперационной кровопотери.

Статистический анализ

Статистический анализ осуществлялся с помощью программного комплекса IBM SPSS v. 26. Анализ показателей в процессе лечения внутри групп пациентов проводился при помощи непараметрического критерия Вилкоксона, сравнение показателей в группах при различных используемых хирургических доступах — с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни с уровнем вероятности ошибки первого рода менее 5% ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Пациенты обеих групп при поступлении в клинику предъявляли типичные для диспластической нестабильности тазобедренного сустава жалобы на боли интенсивностью $4,5 \pm 0,8$ баллов по ВАШ. Нарушение походки в виде хромоты отмечалось у 100% пациентов, а средняя величина укороче-

ния нижней конечностей составила $1,4 \pm 0,3$ см. Избыточные ротационные движения, положительный тест на импинджмент (FADIR) выявлен у 29 (83%) пациентов в первой группе и у 30 (85%) пациентов во второй.

Полученные после проведения рентгенометрии основные показатели состояния тазового и бедренного компонентов сустава, а также их соотношения, представлены в таблице 1.

Рентгенанатомическое строение тазобедренного сустава у пациентов обеих групп характеризовалось типичными для диспластического характера патологии изменениями и не имело статистически значимого ($p > 0,05$) межгруппового различия [13, 30].

Проведенное биохимическое исследование вышеобозначенных маркеров мышечной травматизации, результаты которого представлены в таблице 2, показало, что их значения до операции находились в пределах референсного интервала и не имели статистически значимых отличий ($p > 0,05$) между группами пациентов.

Все хирургические вмешательства проводились опытными хирургами.

Среднее время операции и величина кровопотери в I группе составили 93 ± 10 мин. и $200,4 \pm 36,2$ мл; во II группе — 92 ± 8 мин. и $166,7 \pm 38,0$ мл соответственно. Средняя продолжительность хирургического вмешательства не имела различий ($p > 0,05$). В то же время объем интраоперационной кровопотери у пациентов, которым тройная остеотомия таза выполнялась из двух доступов, был статистически значимо ниже ($p < 0,05$), чем в группе

пациентов, которым аналогичное вмешательство выполнялось из переднебокового хирургического доступа. Ни в одном случае нами не были получены осложнения, носящие нейроциркуляторный характер.

В результате проведенного хирургического лечения у всех пациентов обеих групп исследования достигнута стабильность тазобедренного сустава (табл. 3).

Таблица 1

Значения основных рентгенометрических параметров, характеризующих анатомическое строение и пространственную ориентацию вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости, до операции, $M \pm SD$ (min-max); Me (25–75%)

Показатель	Группа I	Группа II
Угол Sharp, град.	53,3±3 (50–58); 52 (51–57)	53,6±3,5 (50–57); 54 (50–57)
Угол Tonnis, град.	22,4±2,6 (18–27); 22 (20–25)	23,1±2,5 (20–28); 23 (21–25)
Угол Wiberg, град.	5,0±2,6 (1–9); 5 (3–7)	4,6±2,7 (2–11); 4 (2–6)
Степень костного покрытия, %	52,4±4,1 (45–59); 52 (50–56)	50,6±3,8 (46–53); 51 (46–53)
Краниальное смещение, мм	8±4 (2–16); 7 (5,0–10,5)	8,0±3,7 (3±15); 7,5 (5,0–11,8)
ШДУ, град.	138,5±5,8 (125–150); 140 (135,0–141,8)	139,4±6,4 (125–150); 140 (135–142)
УА, град.	35,5±3,7 (24–40); 36,7 (32,7–38,0)	36±4 (24–42); 36,8 (33,0–38,6)

ШДУ — шеечно-диафизарный угол; УА — угол антеторсии.

Таблица 2

Значения биохимических маркеров мышечной травматизации до операции, $M \pm SD$ (min-max); Me (25–75%)

Показатель	Группа I	Группа II
ЛДГ, Ед/л	244±15 (189–272); 242 (236–258)	247,0±12,8 (226–276); 247 (238–257)
КФК, Ед/л	98,4±30,4 (62–169); 87 (78–114)	97,0±28,3 (68–172); 89 (74–104)
Креатинин, мкмоль/л	61,0±7,8 (61–169); 61 (54–67)	60,1±9 (45–78); 59 (53–67)
АСТ, Ед/л	20,9±5,8 (11–32); 21 (15–25)	19,8±5,6 (10–32); 19 (15–24)
СРБ, мг/л	0,8±0,3 (0,3–1,2); 0,9 (0,5–1,0)	0,7±0,3 (0,2–1,3); 0,8 (0,5–1,0)

Таблица 3

Значения основных рентгенометрических параметров, характеризующих анатомическое строение и пространственную ориентацию вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости после операции, $M \pm SD$ (min-max); Me (25–75%)

Показатель	Группа I	Группа II
Угол Sharp, град.	35,3±4,9 (28–45); 35 (31–38)	36,2±4,8 (30–45); 36 (32–40)
Угол Tonnis, град.	6,1±1,9 (3–9); 6 (5–8)	5,4±2,1 (2–9); 5 (4–7)
Угол Wiberg, град.	31,4±7,0 (18–40); 31 (27–39)	32,7±3,9 (28–40); 33 (30–35)
Степень костного покрытия, %	93,3±5,9 (80–100); 95 (90–100)	94,7±5,2 (85–100); 95 (90–100)
Краниальное смещение, мм	–	–
ШДУ, град.	138,5±5,8 (125–150); 140 (135,0–141,8)	139,4±6,4 (125–150); 140 (135–142)
УА, град.	35,5±3,7 (24–40); 36,7 (32,7–38,0)	36±4 (24–42); 36,8 (33,0–38,6)

ШДУ — шеечно-диафизарный угол; УА — угол антеторсии.

В результате хирургического лечения у всех пациентов в обеих группах достигнута стабильность тазобедренного сустава со значениями основных рентгенометрических индексов, отражающих анатомическое строение и пространственную ориентацию вертлужной впадины, а также ее соотношение с бедренной костью, находящимися в пределах нормативных рефересных интервалов. Это, на наш взгляд, крайне важно в плане как возможного дальнейшего развития фемороацетабулярного импинджмента типа “pincer”, так и сложности позиционирования и имплантации чашки эндопротеза при необходимости выполнения

тотальной артропластики тазобедренного сустава во взрослом возрасте в результате гиперкоррекции положения ацетабулярного фрагмента [13, 31].

Проведенный анализ выраженности болевого синдрома по ВАШ в послеоперационном периоде, а также динамики его изменения показал наличие статистически значимых различий ($p < 0,05$) между группами пациентов (рис. 3).

Так, пациенты I группы на 3-и сут. после операции отмечали сильные боли, в то время у пациентов II группы болевые ощущения носили умеренный характер. На 7-е сут. после операции болевые ощущения постепенно купировались, однако сохранялись статистически значимые отличия в выраженности болевого синдрома между пациентами I и II групп ($p < 0,05$).

Изменения в показателях маркеров мышечной травматизации представлены в таблице 4.

Анализ данных, представленных в таблице 4, показал, что у пациентов, которым тройная остеотомия таза была выполнена из переднебокового хирургического доступа, отмечается значительное ($p < 0,05$) повышение значений КФК и СРБ по сравнению с пациентами, которым тройная остеотомия таза была выполнена из двух доступов.

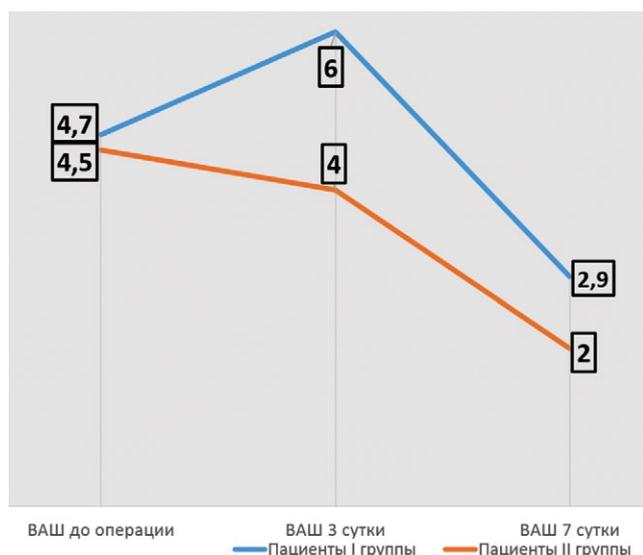


Рис. 3. Динамика изменения болевого синдрома по ВАШ в послеоперационном периоде у пациентов обеих групп

Fig. 3. Dynamics of pain syndrome in the postoperative period in patients of study groups

Таблица 4

Динамика изменений в биохимических показателях маркеров мышечной травматизации в послеоперационном периоде, M±SD (min-max); Me (25–75%)

Показатель	Группа I	Группа II
<i>3-и сутки</i>		
ЛДГ, Ед/л	266,0±14,7(240–291); 267 (254–278)	262±12 (241–282); 264 (253–273)
КФК, Ед/л	753,0±123,2 (540–1012)*; 751 (657–845)	358,0±82,6 (180–493)*; 368 (321–413)
Креатинин, мкмоль/л	59,0±9,9 (42–81); 57 (53–64)	58,6±10,9 (39–85); 57 (51–67)
АСТ, Ед/л	34,7±6,8 (20–46); 35 (29–41)	34±5 (23–42); 34 (31–39)
СРБ, Мг/л	177,0±17,6 (146–222)*; 178 (164–187)	67±24 (20–112)*; 69 (46–84)
<i>7-е сутки</i>		
ЛДГ, Ед/л	248,0±22,8 (151–285); 251 (243–261)	253±14 (226–282); 254 (245–264)
КФК, Ед/л	193,3±50,6 (75–278)*; 198 (163–234)	164,4±31,6 (75–234)*; 1649 (143–186)
Креатинин, мкмоль/л	58,7±11,7 (41–81); 56 (49–69)	60,8±10,0 (39–81); 62 (53–69)
АСТ, Ед/л	23,0±7,2 (11–42); 22 (17–26)	21,6±5,4 (11–30); 22 (18–26)
СРБ, мг/л	29,0±13,6 (8–51)*; 29 (16–39)	16,5±8,0 (1,3–32,1)*; 14,6 (10,2–23,4)

Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения; * $p < 0,05$.

Этот факт позволяет сделать заключение, что в ходе проведения всех хирургических манипуляций на костях таза из переднебокового доступа происходит значительно большая травматизация мышц, что может оказать негативное влияние на статико-динамическую функцию в отдаленном послеоперационном периоде. По остальным показателям биохимических маркеров травматизации мы не выявили статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

D. Tönnis в 1981 г. впервые описал свою модификацию тройной остеотомии таза, получившую большую популярность по всему миру для лечения детей с дисплазией тазобедренных суставов и болезнью Пертеса, для выполнения которой использовалось три отдельных доступа и существовала необходимость изменения положения пациента на столе в ходе проведения операции [32]. С тех пор эта хирургическая методика получила многочисленные модификации, которые в первую очередь касаются количества доступов к костям таза [14, 15, 16, 17]. На сегодняшний день все чаще появляются публикации об использовании малоинвазивных хирургических методов для выполнения тройной остеотомии таза [18, 19, 20, 21].

Так, В. Balakumar с соавторами описывают выполнение тройной остеотомии таза из доступа типа «бикини» с длиной разреза 5–7 см, а W.B. Lehman с соавторами и вовсе выполняют данную операцию из двух «практически чрескожных» косметических доступов [18, 19]. Одновременно с этим необходимо отметить, что об эффективности тройной остеотомии таза, выполненной из малоинвазивных доступов, судят лишь по степени достигнутой коррекции и протяженности разреза кожи. Анализ наносимой мышечной травмы не проводился ни в одной изученной нами публикации. Вместе с тем подобного рода исследования не являются редкостью при сравнении стандартных и малоинвазивных доступов при проведении первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава у взрослых пациентов [29, 33, 34, 35, 36, 37]. Однако результаты этих исследований носят достаточно противоречивый характер, поскольку некоторые авторы заявляют о нанесении меньшей травмы мышцам при выполнении малоинвазивных доступов по сравнению со стандартными. Другие авторы, проводя схожий биохимический анализ, не находят достоверных различий в показателях маркеров мышечной травматизации. Н.У. Zhao с соавторами, проведя сравнение переднего и заднелатерального хирургических доступов к тазобедренному суставу, пришли к выводу, что выполнение переднего доступа связано с нанесением меньшей мышечной травмы, о чем

свидетельствовали различия как в данных биохимического анализа крови, так и в менее интенсивном послеоперационном болевом синдроме и, как следствие, меньшей потребности в приеме обезболивающих препаратов [35]. Коллектив авторов из Румынии, проведя изучение травматичности переднего и латерального доступов, не нашли существенных различий в биохимическом анализе, однако доказали меньшую травматичность переднего доступа по выраженности болевого синдрома после операции и необходимости применения наркотических анальгетиков [36]. Ортопеды из НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, проведя масштабное исследование травматичности различных малоинвазивных и стандартных доступов при первичном и ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава, пришли к выводу, что несмотря на отсутствие статистически значимых различий в биохимических маркерах мышечной травмы малоинвазивный переднелатеральный доступ является приоритетным для лиц молодого возраста в связи с наименьшим по интенсивности болевым синдромом в послеоперационном периоде. Кроме того, авторы делают заключение о том, что величина интраоперационной мышечной травмы зависит, прежде всего, не от возможного отсечения с последующей рефиксацией сухожилий мышц области тазобедренного сустава, а от давления инструментов на эти мышцы для обеспечения адекватной визуализации операционной раны [29].

Несмотря на тот факт, что у многих хирургов-ортопедов в нашей стране сложилось мнение, что травматичность тройной остеотомии таза зависит в первую очередь от количества хирургических доступов, полученные в нашем исследовании результаты свидетельствуют об обратном. Так, у пациентов, у которых был применен переднебоковой доступ, выполненный из одного разреза кожи, значения показателя КФК, имеющего высокую специфичность к любым изменениям со стороны мышечной ткани человека, на 3-и и 7-е сут. после операции были в 2 раза выше аналогичных значений КФК в группе пациентов, которым тройная остеотомия таза была выполнена из двух хирургических доступов. Значения СРБ в I группе пациентов превышали аналогичные у группы II в 2,6 раза на 3-и сут. после операции и в 1,8 раз — на 7-е сут. Кроме того, интенсивность болевого синдрома у пациентов, прооперированных с использованием переднебокового доступа, была значительно выраженнее по сравнению с пациентами, у которых использовались два доступа. Полученные в ходе проведенного исследования результаты сопоставимы с данными Н.У. Zhao с соавторами и D.V. Nistor с соавторами [35, 36], поскольку, на наш взгляд, прямой доступ и доступ

«бикини», несмотря на разное направление разрезов кожи, во многом идентичны по работе в межмышечных промежутках. Кроме того, мы считаем, что, помимо давления инструментами на мышцы, о влиянии которого на величину мышечной травматизации делает заключение А.Д. Синеокий с соавторами [29], травматичность доступа зависит также и от протяженности и локализации препаровки бессосудистых межмышечных промежутков. Так, при переднебоковом доступе препарируется на достаточно большом протяжении (от большого вертела до передневерхней ости подвздошной кости) промежуток между объемной и важной для статико-динамической функции средней ягодичной мышцей и мышцей, напрягающей широкую фасцию бедра, а при доступе «бикини» выполняется расслоение промежутка между портняжной мышцей и мышцей, напрягающей широкую фасцию бедра на относительно небольшом протяжении — до 10 см, отводящая бедро группа мышц при этом доступе остается интактной.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Бортулёв П.И. — дизайн исследования, аналитический обзор литературы, сбор и статистический анализ данных, написание текста рукописи.

Баскаева Т.В. — сбор данных.

Барсуков Д.Б. — сбор данных.

Поздникин И.Ю. — сбор данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации (НИР № 121031700122-6).

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

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, протокол № 21-3 от 04 августа 2021 г.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Čustović S., Šadić S., Vujadinović A., Hrustić A., Jašarević M., Čustović A. et al. The predictive value of the clinical sign of limited hip abduction for developmental dysplasia of the hip (DDH). *Med Glas (Zenica)*. 2018;15(2):174-178. doi: 10.17392/954-18.
2. Kotlarsky P., Haber R., Bialik V., Eidelman M. Developmental dysplasia of the hip: What has changed in the last 20 years? *World J Orthop*. 2015;6(11):886-901. doi: 10.5312/wjo.v6.i11.886.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный сравнительный анализ травматичности хирургических доступов при выполнении тройной остеотомии таза у детей с дисплазией тазобедренных суставов I степени по Crowe, основанный на оценке биохимических показателей маркеров мышечной травмы и интенсивности болевого синдрома в послеоперационном периоде, показал, что применение переднебокового доступа статистически значимо ($p < 0,05$) оказывает большее травмирование мышечной ткани, чем применение двух хирургических доступов (медиальный транс-аддукторный и «бикини»), о чем свидетельствуют значительное повышение уровня КФК и СРБ в крови, а также более выраженный болевой синдром в ближайшем послеоперационном периоде. Наш взгляд, для выполнения тройной остеотомии у пациентов с дисплазией тазобедренных суставов I степени по Crowe предпочтительнее проведение операции из медиального транс-аддукторного доступа и доступа «бикини».

DISCLAIMERS

Author contribution

Bortulev P.I. — study design, literature review, data collection and analysis, manuscript writing.

Baskaeva T.V. — collection of material.

Barsukov D.B. — collection of material.

Pozdnikin I.Yu. — collection of material.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. State budgetary funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, protocol No 21-3, 04.08.2021.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of children for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

3. Сертакова А.В., Морозова О.Л., Рубашкин С.А., Тимаев М.Х., Норкин И.А. Перспективы молекулярной диагностики дисплазии тазобедренных суставов у детей. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2017;72(3):195-202. doi: 10.15690/vramn806. Sertakova A.V., Morozova O.L., Rubashkin S.A., Timaev M.Kh., Norkin I.A. [Challenges of molecular-based diagnosis developmental dysplasia of the hip in childhood]. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Annals of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2017;72(3):195-202 (In Russian). doi: 10.15690/vramn806.
4. Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Волошин С.Ю., Барсуков Д.Б., Краснов А.И., Познович М.С. и др. Ошибки диагностики и начала консервативного лечения детей с врожденным вывихом бедра. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2017;5(2):42-51. doi: 10.17816/PTORS5242-51. Pozdnikin I.Y., Baskov V.E., Voloshin S.Y., Barsukov D.B., Krasnov A.I., Poznovich M.S. [Errors of diagnosis and the initiation of conservative treatment in children with congenital hip dislocation]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2017;5(2):42-51. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS5242-51.
5. Камоско М.М., Григорьев И.В. Остеотомии таза в лечении диспластической патологии тазобедренного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2010;(1):90-93. Kamosko M.M., Grigor'ev I.V. [Pelvic osteotomies at treatment of dysplastic hip pathology]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [Bulletin of Traumatology and Orthopedics them. N.N. Priorov]. 2010;(1):90-93. (In Russian).
6. Zhang X., Meng Q., Ma R., Chen G., Cheng L., Shen J. Early acetabular cartilage degeneration in a rabbit model of developmental dysplasia of the hip. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8(8):14505-14512.
7. Fujii M., Nakashima Y., Jinguishi S., Yamamoto T., Noguchi Y., Suenaga E. et al. Intraarticular findings in symptomatic developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop*. 2009;29(1):9-13. doi: 10.1097/BPO.0b013e318190a0be.
8. Соколовский О.А. Результаты тройной остеотомии таза при дисплазии тазобедренного сустава у подростков. *Вестник ВГМУ*. 2012;11(4):74-49. Sokolovskii O.A. [Results of triple pelvic osteotomy for hip dysplasia in adolescents]. *Vestnik VGMU* [Vestnik of Vitebsk State Medical University]. 2012;11(4):74-49. (In Russian).
9. Кожевников В.В., Ворончихин Е.В., Григоричева Л.Г., Лобанов М.Н., Буркова И.Н. Показания и эффективность лечения детей с остаточной дисплазией тазобедренного сустава путем тройной остеотомии таза. *Детская хирургия*. 2017;21(4):197-201. doi: 10.18821/1560-9510-2017-21-4-197-201. Kozhevnikov V.V., Voronchikhin E.V., Grigoricheva L.G., Lobanov M.N., Burkova I.N. [Indications for and efficiency of treatment of children with residual hip joint dysplasia by triple pelvic osteotomy]. *Detskaya khirurgiya* [Children surgery]. 2017;21(4):197-201. doi: 10.18821/1560-9510-2017-21-4-197-201.
10. Konya M.N., Tuhanioğlu Ü., Aslan A., Yıldırım T., Bursalı A., Şahin V. et al. [A comparison of short-term clinical and radiological results of Tönnis and Steel pelvic osteotomies in patients with acetabular dysplasia]. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi*. 2013;24(2):96-101. (In Turkish). doi: 10.5606/ehc.2013.22.
11. Farsetti P., Caterini R., De Maio F., Potenza V., Efremov K., Ippolito E. Tönnis triple pelvic osteotomy for the management of late residual acetabular dysplasia: mid-term to long-term follow-up study of 54 patients. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28(3):202-206. doi: 10.1097/BPB.0000000000000575.
12. Li Y., Xu H., Slongo T., Zhou Q., Liu Y., Chen W. et al. Bernese-type triple pelvic osteotomy through a single incision in children over five years: a retrospective study of twenty eight cases. *Int Orthop*. 2018;42(12):2961-2968. doi: 10.1007/s00264-018-3946-3.
13. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Познович М.С. Применение индивидуальных шаблонов при тройной остеотомии таза у детей с диспластическим подвывихом бедра (предварительные результаты). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):47-56. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-47-56. Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Poznovich M.S. [Patient specific templates for triple pelvic osteotomy in children with dysplastic hip subluxation (preliminary results)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):47-56. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-47-56.
14. Pailhé R., Cavaignac E., Murgier J., Cahuzac J.P., de Gauzy J.S., Accadbled F. Triple osteotomy of the pelvis for Legg-Calvé-Perthes disease: a mean fifteen year follow-up. *Int Orthop*. 2016;40(1):115-122. doi: 10.1007/s00264-015-2687-9.
15. Kumar D., Bache C.E., O'Hara J.N. Interlocking triple pelvic osteotomy in severe Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(4):464-470.
16. Rahimi H., Kachooei A.R., Hallaj-Moghaddam M., Gharedaghi M., Mirkazemi M, Shahpari O. et al. A modified triple pelvic osteotomy for the treatment of hip hypoplasia. *Arch Bone Joint Surg*. 2013;1(1):31-34.
17. Wu J., Yang Y., Wang X., Zhou X., Zhang C. Modified triple pelvic osteotomy for adult symptomatic acetabular dysplasia: clinical and radiographic results at midterm follow-up. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):236. doi: 10.1186/s13018-018-0922-y.
18. Lehman W.B., Mohaideen A., Madan S., Atar D., Feldman D.S., Scher D. Surgical technique for an 'almost' percutaneous triple pelvic osteotomy for femoral head coverage in children 6-14 years of age. *J Pediatr Orthop B*. 2004;13(1):57-62. doi: 10.1097/00009957-200401000-00011.
19. Balakumar B., Racy M., Madan S. Minimally invasive (MIS) Tönnis osteotomy- A technical annotation and review of short term results. *J Orthop*. 2018;15(1):253-258. doi: 10.1016/j.jor.2018.01.043.
20. Sankar W.N., Zaltz I. Single-incision Extraperiosteal Triple Innominate Osteotomy: Outcomes of an Updated Technique. *J Pediatr Orthop*. 2020;40(10):e1005-e1009. doi: 10.1097/BPO.0000000000001647.
21. Lyu X., Yang Z., Wang Y., Zhang T., Lu M., Bian Z. Novel Minimally-Invasive Triple Pelvic Osteotomy: JiShuiTan Minimally-Invasive Approach. *J Pediatr Orthop*. 2022; 42(2):e154-e162. doi: 10.1097/BPO.0000000000002019.
22. Wenz J.F., Gurkan I., Jibodh S.R. Mini-incision total hip arthroplasty: a comparative assessment of perioperative outcomes. *Orthopedics*. 2002;25(10):1031-1043. doi: 10.3928/0147-7447-20021001-14.
23. DiGioia A.M. 3rd., Plakseychuk A.Y., Levison T.J., Jaramaz B. Mini-incision technique for total hip arthroplasty with navigation. *J Arthroplasty*. 2003;18(2):123-128. doi: 10.1054/arth.2003.50025.

24. Sherry E., Egan M., Warnke P.H., Henderson A., Eslick G.D. Minimal invasive surgery for hip replacement: a new technique using the NILNAV hip system. *ANZ J Surg.* 2003;73(3):157-161. doi: 10.1046/j.1445-2197.2002.02597.x.
25. Woolson S.T., Mow C.S., Syquia J.F., Lannin J.V., Schurman D.J. Comparison of primary total hip replacements performed with a standard incision or a mini-incision. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(7):1353-1358. doi: 10.2106/00004623-200407000-00001.
26. Pflüger G., Junk-Jantsch S., Schöll V. Minimally invasive total hip replacement via the anterolateral approach in the supine position. *Int Orthop.* 2007;31 Suppl 1(Suppl 1): S7-S11. doi: 10.1007/s00264-007-0434-6.
27. Tudor A., Ruzic L., Vuckovic M., Prpic T., Rakovac I., Madjarevic T. et al. Functional recovery after muscle sparing total hip arthroplasty in comparison to classic lateral approach - A three years follow-up study. *J Orthop Sci.* 2016;21(2):184-190. doi: 10.1016/j.jos.2015.12.010.
28. Ghanem I. Surgical technique for an 'almost' percutaneous triple pelvic osteotomy for femoral head coverage in children 6-14 years of age. *J Pediatr Orthop B.* 2005;14(1):61; author reply 61. doi: 10.1097/01202412-200501000-00011.
29. Синеокий А.Д., Плиев Д.Г., Гуацаев М.С., Ефимов Н.Н., Стафеев Д.В., Михайлов К.С. и др. Сравнительный анализ биохимических маркеров тканевой травматизации в зависимости от используемого хирургического доступа при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Современные проблемы науки и образования.* 2020. (4). Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30092>.
- Sineokey A.D., Pliev D.G., Guatsaev M.S., Efimov N.N., Stafeev D.V., Mikhaylov K.S. et al. [Comparative analysis of muscle trauma markers depending on approaches in revision hip arthroplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2020. (4). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30092>. (In Russian).
30. Басков В.Е., Камоско М.М., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Кожевников В.В., Григорьев И.В. и др. Транспозиция вертлужной впадины после подвздошно-седалищной остеотомии таза при лечении дисплазии тазобедренного сустава у детей. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2016;4(2):5-11.
- Baskov V.E., Kamosko M.M., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Kozhevnikov V.V., Grigor'ev I.V. et al. [Transposition of the acetabulum after iliac ischial osteotomy in the treatment of hip dysplasia in infants]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2016;(2)4:5-11. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS425-11.
31. Yacovelli S., Abdelaal M., Fillingham Y., Sutton R., Madding R., Parvizi J. Prior Pelvic Osteotomy Affects the Outcome of Subsequent Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2021;36(2):600-604. doi: 10.1016/j.arth.2020.07.080.
32. Tönnis D., Behrens K., Tscharani F. A modified technique of the triple pelvic osteotomy: early results. *J Pediatr Orthop.* 1981;1(3):241-249. doi: 10.1097/01241398-198111000-00001.
33. Müller M., Tohtz S., Springer I., Dewey M., Perka C. Randomized controlled trial of abductor muscle damage in relation to the surgical approach for primary total hip replacement: minimally invasive anterolateral versus modified direct lateral approach. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(2):179-189. doi: 10.1007/s00402-010-1117-0.
34. Rykov K., Reininga I.H.F., Sietsma M.S., Knobben B.A.S., Ten Have B.L.E.F. Posterolateral vs Direct Anterior Approach in Total Hip Arthroplasty (POLADA Trial): A Randomized Controlled Trial to Assess Differences in Serum Markers. *J Arthroplasty.* 2017;32(12):3652-3658.e1. doi: 10.1016/j.arth.2017.07.008.
35. Zhao H.Y., Kang P.D., Xia Y.Y., Shi X.J., Nie Y., Pei F.X. Comparison of Early Functional Recovery After Total Hip Arthroplasty Using a Direct Anterior or Posterolateral Approach: A Randomized Controlled Trial. *J Arthroplasty.* 2017;32(11):3421-3428. doi: 10.1016/j.arth.2017.05.056.
36. Nistor D.V., Caterev S., Bolboacă S.D., Cosma D., Lucaciu D.O.G., Todor A. Transitioning to the direct anterior approach in total hip arthroplasty. Is it a true muscle sparing approach when performed by a low volume hip replacement surgeon? *Int Orthop.* 2017;41(11): 2245-2252. doi: 10.1007/s00264-017-3480-8.
37. Landgraeber S., Quitmann H., Güth S., Haversath M., Kowalczyk W., Kecskeméthy A. et al. A prospective randomized peri- and post-operative comparison of the minimally invasive anterolateral approach versus the lateral approach. *Orthop Rev (Pavia).* 2013;5(3):e19. doi: 10.4081/or.2013.e19.

Сведения об авторах

✉ Бортулёв Павел Игоревич — канд. мед. наук
Адрес: Россия, 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин,
ул. Парковая, д. 64-68
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>
e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Баскаева Тамила Владимировна
<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>
e-mail: tamila-baskaeva@mail.ru

Барсуков Дмитрий Борисович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>
e-mail: dbbarsukov@gmail.com

Поздникин Иван Юрьевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>
e-mail: pozdnikin@gmail.com

Authors' information

✉ Pavel I. Bortulev — Cand. Sci. (Med.)
Address: 64-68, Parkovaya st., St. Petersburg, Pushkin,
196603, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>
e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Tamila V. Baskaeva
<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>
e-mail: tamila-baskaeva@mail.ru

Dmitriy B. Barsukov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>
e-mail: dbbarsukov@gmail.com

Ivan Yu. Pozdnikin — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>
e-mail: pozdnikin@gmail.com



Тактика хирургического лечения пациентов с юношеским эпифизолизом головки бедренной кости при хроническом смещении эпифиза легкой степени

Д.Б. Барсуков, П.И. Бортулёв, В.Е. Басков, И.Ю. Поздникин, Т.В. Мурашко, Т.В. Баскаева

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. Появление данных о феморо-ацетабулярном импинджменте (ФАИ) сам-типа у пациентов с последствиями юношеского эпифизолиза головки бедренной кости, характеризующегося хроническим смещением эпифиза легкой степени, требует, наряду с фиксацией проксимального эпифиза бедренной кости, моделирования перехода «головка – шейка» с использованием артроскопической техники. Однако после фиксации эпифиза вследствие продолжающегося энхондрального и экхондрального роста может произойти полное ремоделирование эпиметафиза и, следовательно, исчезновение морфологического субстрата потенциального ФАИ. В связи с этим вопрос о показаниях к внутрисуставным вмешательствам у пациентов с юношеским эпифизолизом головки бедренной кости и его последствиями на сегодняшний день остается открытым.

Цель исследования — определить частоту встречаемости феморо-ацетабулярного импинджмента в послеоперационном периоде у пациентов с юношеским эпифизолизом головки бедренной кости, характеризующимся хроническим смещением эпифиза легкой степени, и оценить потребность в проведении последующего хирургического лечения.

Материал и методы. Проанализированы результаты обследования 32 больных с хроническим смещением эпифиза легкой степени в типичном направлении кзади книзу, которым выполнена фиксация эпифиза канюлированным винтом, на предмет выраженности ремоделирования эпиметафиза и наличия ФАИ в послеоперационном периоде. В работе использованы клинический, рентгенологический, магнитно-резонансный и статистический методы исследования.

Результаты. В возрасте 18–19 лет ФАИ обнаружен у 9 (28,1%) пациентов, у 8 из них не произошло даже частичное ремоделирование бедренного компонента сустава, еще 9 (28,1%) больных не страдали от болевого синдрома в повседневной жизни, но имели иные клинические, а также рентгенологические и МР-признаки деформации сам-типа. Полное или практически полное ремоделирование проксимального эпиметафиза бедренной кости произошло у 14 (43,8%) пациентов.

Заключение. По нашему мнению, лечебно-диагностическая артроскопия тазобедренного сустава с целью моделирования перехода «головка – шейка» в возрасте 18–19 лет показана более чем одной четверти (28,1%) обследованных ввиду наличия у них достоверных признаков ФАИ.

Ключевые слова: юношеский эпифизолиз головки бедренной кости, тазобедренный сустав, феморо-ацетабулярный импинджмент, фиксация проксимального эпифиза бедренной кости, канюлированный винт, артроскопия тазобедренного сустава.

Барсуков Д.Б., Бортулёв П.И., Басков В.Е., Поздникин И.Ю., Мурашко Т.В., Баскаева Т.В. Тактика хирургического лечения пациентов с юношеским эпифизолизом головки бедренной кости при хроническом смещении эпифиза легкой степени. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):90-101. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1774>.

✉ Барсуков Дмитрий Борисович; e-mail: dbbarsukov@gmail.com

Рукопись получена: 25.04.2022. Рукопись одобрена: 17.11.2022. Статья опубликована онлайн: 08.12.2022.

© Барсуков Д.Б., Бортулёв П.И., Басков В.Е., Поздникин И.Ю., Мурашко Т.В., Баскаева Т.В., 2022



Tactics of Surgical Treatment of Slipped Capital Femoral Epiphysis Associated With Mild Chronic Epiphyseal Displacement

Dmitriy B. Barsukov, Pavel I. Bortulev, Vladimir E. Baskov, Ivan Yu. Pozdnikin, Tatyana V. Murashko, Tamila V. Baskaeva

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

Background. The appearing of data on cam-type FAI in patients with sequelae of slipped capital femoral epiphysis characterized by mild chronic epiphyseal displacement suggests that along with fixation of the proximal femoral epiphysis, modeling of the head-neck transition and restoration of the femoral offsets using arthroscopic techniques should be performed. Meanwhile, it is well known that after epiphyseal fixation, complete remodeling of the epimetaphysis and, consequently, disappearance of the morphological substrate of potential FAI can occur due to the ongoing enchondral and echondral growth. In this regard, the issue of indications for intraarticular interventions in studied patients remains currently open.

The aim of the study was to determine the incidence of FAI in the postoperative period in patients with slipped capital femoral epiphysis characterized by mild chronic epiphyseal displacement, and to estimate the requirement of further surgical treatment.

Methods. The results of the examination of 32 patients with mild chronic epiphyseal displacement in the typical posterior inferior direction who underwent cannulated epiphyseal screw fixation were analyzed for the severity of epimetaphysis remodeling and the presence of FAI in the postoperative period. Clinical, radiological, magnetic resonance, and statistical methods were used.

Results. At the age of 18-19 years, FAI with pain syndrome in everyday life was found in 9 (28.1%) patients — 8 of them did not have even partial remodeling of the femoral component of the joint, another 9 (28.1%) patients did not suffer from pain syndrome in everyday life, but had other clinical, radiological and MR signs of cam-type FAI. Complete or almost complete remodeling of the proximal femoral epimetaphysis occurred in 14 (43.8%) patients.

Conclusion. In our opinion, therapeutic and diagnostic arthroscopy of the hip joint for the purpose of modeling the head-neck transition at the age of 18-19 years is indicated for more than one quarter (28.1%) of the investigated patients because of the presence of reliable signs of FAI.

Keywords: slipped capital femoral epiphysis, hip joint, femoroacetabular impingement, hip arthroscopy.

Cite as: Barsukov D.B., Bortulev P.I., Baskov V.E., Pozdnikin I.Yu., Murashko T.V., Baskaeva T.V. [Tactics of Surgical Treatment of Slipped Capital Femoral Epiphysis Associated With Mild Chronic Epiphyseal Displacement]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):90-101.(In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1774>.

✉ Dmitriy B. Barsukov; e-mail: dbbarsukov@gmail.com

Submitted: 25.04.2022. Accepted: 17.11.2022. Published Online: 08.12.2022.

© Barsukov D.B., Bortulev P.I., Baskov V.E., Pozdnikin I.Yu., Murashko T.V., Baskaeva T.V., 2022

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве клинических наблюдений юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости (ЮЭГБК) проявляется хроническим смещением эпифиза в типичных направлениях — кзади книзу или только кзади, которое разделяется по степени выраженности на легкое, среднетяжелое и тяжелое. Под легкой степенью, как правило, подразумевается анатомическая ситуация, когда смещение кзади не превышает 30° [1, 2, 3]. По мнению большинства хирургов, сложившемуся за несколько десятилетий, при хроническом смещении эпифиза в типичных направлениях легкой степени не требуется восстановления пространственного положения эпифиза — достаточно лишь его фиксации *in situ* [4, 5, 6, 7]. Между тем, работами многих авторов убедительно доказано, что даже незначительная, на первый взгляд, деформация проксимального эпиметафиза бедренной кости может стать причиной феморо-ацетабулярного импинджмента (ФАИ) *cap*-типа и развития коксартроза [8, 9, 10, 11, 12, 13]. Поэтому в настоящее время возобновился поиск оптимальной тактики лечения рассматриваемого контингента больных, позволяющей, с одной стороны, не допустить появления выраженных дегенеративных изменений в пораженном суставе в молодом возрасте, а с другой — избежать необоснованного увеличения объема хирургического вмешательства при легком смещении эпифиза. Некоторые специалисты предлагают дополнять фиксацию эпифиза *in situ* артроскопическим моделированием шейки бедренной кости, в частности места ее перехода в головку, для исключения хронической травматизации *labrum acetabuli* [14, 15, 16]. Другие авторы по-прежнему не рекомендуют предпринимать внутрисуставные вмешательства, надеясь на процесс ремоделирования бедренного компонента сустава после фиксации эпифиза в ходе продолжающегося роста [17, 18, 19]. Текущая дискуссия может быть завершена только после появления ответов на вопросы: как часто в суставах с неустраненным хроническим смещением эпифиза легкой степени происходит полное послеоперационное ремоделирование эпиметафиза, в каком возрасте при неполном ремоделировании (или его отсутствии) начинается характерный для ФАИ болевой синдром и как быстро прогрессируют дегенеративные изменения в пораженном суставе?

Цель исследования — определить частоту встречаемости феморо-ацетабулярного импинджмента в послеоперационном периоде у пациентов с юношеским эпифизеолизом головки бедренной кости, характеризующимся хроническим смещением эпифиза легкой степени, и оценить потребность в проведении последующего хирургического лечения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный анализ результатов пред- и послеоперационного обследования 32 пациентов (22 мальчиков и 10 девочек), страдающих ЮЭГБК с хроническим смещением эпифиза в типичном направлении кзади книзу легкой степени с одной стороны и без смещения эпифиза — с другой, на предмет выраженности послеоперационного ремоделирования проксимального эпиметафиза бедренной кости, а также наличия ФАИ в послеоперационном периоде.

Критерии включения пациентов в исследование:

- возраст от 13 до 15 лет;
- отсутствие синостозирования (частичного и полного) на уровне зоны роста проксимального эпифиза бедренной кости с двух сторон;
- хроническое смещение эпифиза в типичном направлении кзади книзу при наличии сочетания смещения кзади более 15° (от 16° до 30°) и книзу более 5° (от 6° до 15°);
- наличие костного выступа на передней поверхности шейки бедренной кости на рентгенограмме тазобедренных суставов в проекции Лауэнштейна;
- наличие положительного симптома «сегмента» на рентгенограмме тазобедренных суставов в переднезадней проекции — касательная к верхней поверхности шейки бедренной кости, продленная вверх, не отсекает от эпифиза его латеральный сегмент, как это происходит в норме;
- отсутствие ранних осложнений заболевания — хондролита тазобедренного сустава и асептического некроза головки бедренной кости;
- начальная стадия заболевания (предсоскальзывание) в контралатеральном суставе;
- отсутствие предшествующего хирургического лечения;
- отсутствие технических ошибок при выполнении вмешательств.

Критерии исключения:

- возраст менее 13 и более 15 лет;
- наличие частичного или полного синостозирования на уровне зоны роста проксимального эпифиза бедренной кости с одной или с двух сторон;
- хроническое смещение эпифиза в типичном направлении кзади книзу при отсутствии сочетания смещения кзади более 15° (от 16° до 30°) и книзу более 5° (от 6° до 15°);
- хроническое смещение эпифиза в типичном направлении только кзади и в атипичных направлениях;
- острое смещение эпифиза (первично острое и острое на фоне хронического).

Таким образом, у всех 32 пациентов имела место легкая степень смещения эпифиза, но при этом наименьший потенциал ремоделирования ввиду их возраста (не менее 13 лет) и максимальной выраженности анатомических нарушений в рамках легкой степени смещения.

Техника операции

Все дети получили хирургическое лечение, заключающееся в фиксации проксимальных эпифизов обеих бедренных костей с использованием

электронно-оптического преобразователя (ЭОП) рентгеновского изображения. Для фиксации применялись самонарезающие канюлированные винты диаметром 7,0 мм с наружной резьбовой нарезкой на конце, занимающей около одной четверти общей длины. Винт вводился в эпифиз с передненаружной поверхности бедренной кости через шейку и центр ростковой пластинки, при этом головка винта не опиралась на кортикальный слой, а отстояла от бедренной кости на 5–10 мм (рис. 1).

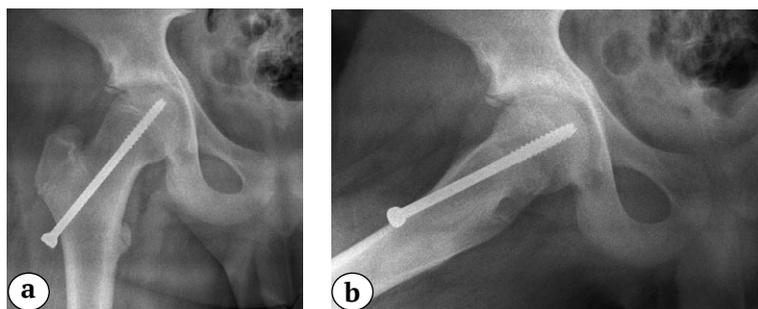


Рис. 1. Рентгенограммы правого тазобедренного сустава в переднезадней проекции (а) и в проекции Лауэнштейна (b) пациента 13 лет 11 мес. непосредственно после операции. Объяснение в тексте

Fig. 1. X-rays of the right hip in the anteroposterior projection (a) and in the Lauenstein projection (b) of patient 13 years 11 months old, immediately after surgery. Interpretation is in the text

Всего проведено 64 подобные операции — каждый ребенок оперирован на обоих тазобедренных суставах в одну хирургическую сессию. Во всех наблюдениях металлоконструкции удалялись после завершения синостозирования эпифиза и метафиза — в возрасте от 17 до 18 лет.

Предоперационное обследование

В предоперационном периоде всем детям проводились клиническое и рентгенологическое исследования, последнее включало рентгенографию и мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) тазобедренных суставов. В ходе клинического обследования, проводившегося только в горизонтальном положении пациента, основное внимание уделялось оценке амплитуды движений бедер, в частности наличие и выраженности

симптома Дремена. В связи с высокой вероятностью отрыва эпифиза импинджмент-тест (FADIR) не проводился.

По рентгенограммам в переднезадней проекции и в проекции Лауэнштейна с двух сторон определялись значения проекционного шеечно-диафизарного угла (ШДУ), проекционного эпифизо-диафизарного угла (ЭДУ), эпифизарного угла (ЭУ), исключались признаки частичного и полного синостозирования на уровне эпифизарной зоны роста. На стороне деформации определяли значения углов смещения эпифиза кзади и книзу, подтверждали наличие положительного симптома «сегмента», костного выступа на передней поверхности шейки бедренной кости, отсутствие смещения эпифиза с контралатеральной стороны (рис. 2).



Рис. 2. Рентгенограммы правого тазобедренного сустава в переднезадней проекции (а) и в проекции Лауэнштейна (b) пациентки 14 лет 9 мес. перед операцией: отсутствие признаков синостозирования на уровне эпифизарной зоны роста, положительный симптом «сегмента», костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости

Fig. 2. X-rays of the right hip in the anteroposterior (a) and the Lauenstein projection (b) of patient 14 years 9 months old, before the surgery: no signs of synostosis at the level of the epiphyseal growth plate, positive “segment” symptom, bone prominence on the anterior surface of the femoral neck

Угол смещения эпифиза кзади рассчитывался по разнице ЭУ в суставе без смещения (индивидуальная норма) и в суставе со смещением, угол смещения книзу — по разнице ШДУ и ЭДУ в суставе со смещением.

МСКТ выполнялась с целью обнаружения признаков частичного синостозирования эпифиза и метафиза, являющихся основанием для отказа от оперативного вмешательства и исключения пациента из исследования.

В послеоперационном периоде клиничко-рентгенологическое исследование, за исключением МСКТ, проводилось непосредственно после вмешательства, через 3, 6 и 12 мес. после операции, а в дальнейшем не реже одного раза в 18 мес. до 19-летнего возраста. В отличие от предоперационного периода, клиническое исследование включало оценку импинджмент-теста (FADIR), а рентгенологическое — оценку стабильности фиксации эпифиза. В возрасте 18–19 лет, кроме клиничко-рентгенологического исследования, всем пациентам выполнялась магнитно-резонансная томография (МРТ) тазобедренных суставов для исключения в суставе с легкой степенью смещения эпифиза МР-признаков ФАИ sam-типа.

Оценка стабильности фиксации эпифиза осуществлялась путем сравнения значений проекционного ЭДУ и ЭУ на рентгенограммах в вышеупомянутых проекциях, выполненных на операционном столе непосредственно после хирургического вмешательства, и при появлении первых признаков синостозирования на уровне эпифизарной зоны роста в возрасте от 13,5 до 15,5 лет — в зависимости от возраста ребенка на момент операции.

Как известно, начальным МР-признаком ФАИ sam-типа является деформация перехода «головка–шейка», определяющаяся в виде избытка костно-хрящевой массы в передневерхней части перехода, из-за которой исчезает нормальная вогнутость последнего и нарушается сферичность головки бедренной кости. Данная деформация визуализировалась в косо́й аксиальной плоскости, включающей ось шейки бедренной кости, и на радиальных срезах, произведенных на соответствующем уровне перпендикулярно оси шейки. Для количественной оценки деформации перехода «головка–шейка» определяли величину передневерхнего угла α . Помимо этого, определяли наличие или отсутствие одно- или многокамерных кист (или так называемых фиброцист), локализующихся вдоль передневерхнего края шейки бедренной кости прямо на краю суставной поверхности, в месте столкновения. В ходе МР-исследования также исключались/подтверждались некоторые признаки ФАИ sam-типа в вертлужном компоненте пораженного сустава, а именно отделение перед-

неверхнего отдела губы вертлужной впадины от покровного хряща суставной впадины на уровне хондро-лабрального перехода, истончение гиалинового хряща в передневерхнем квадранте вертлужной впадины или образование его дефекта (трещины), дегенерация и разрыв губы вертлужной впадины.

Статистический анализ

Накопление и систематизацию исходной информации осуществляли в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ проводили в программе STATISTICA v. 13.3. Количественные показатели оценивали на соответствие нормальному распределению, для этого применяли критерий Шапиро–Уилка. Для описания количественных показателей, имеющих нормальное распределение, рассчитывали средние арифметические величины (M) и стандартные отклонения (SD) — результаты представлены в виде $M \pm SD$. Совокупности количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, описывались при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Номинальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Для проверки различий между двумя сравниваемыми парными выборками применялся W-критерий Уилкоксона. Для сравнения независимых совокупностей использовали U-критерий Манна–Уитни. Полученные значения сравнивались с критическими при уровне значимости $p = 0,05$. Если рассчитанное значение было меньше или равно критическому, делался вывод о наличии статистической значимости различий сравниваемых выборок. Сравнение двух групп по количественному показателю, имеющему нормальное распределение, при неравных дисперсиях выполнялось с помощью t-критерия Уэлча.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клиническое исследование в предоперационном периоде показало, что на стороне смещения у всех детей отмечались периодические боли, связанные с ходьбой, локализующиеся в области коленного сустава — 18 (56,3%) наблюдений, бедра — 8 (25,0%) или тазобедренного сустава — 6 (18,7%) наблюдений. Во всех случаях выявлено отсутствие или ограничение амплитуды внутренней ротации бедра — 23 (71,9%) и 9 (28,1%) наблюдений соответственно. У 19 (59,4%) из 23 пациентов с отсутствием внутренней ротации обнаружен положительный симптом Дремена. На контралатеральной стороне у всех детей болевой синдром отсутствовал, амплитуда движений бедра находилась в пределах нормы, а симптом Дремена был отрицательным.

Таблица 1

Предоперационные значения проекционных ШДУ, ЭДУ, ЭУ и углов смещения эпифиза кзади и книзу, Me (Q1–Q3)

Тазобедренный сустав	Средние значения углов, град.				
	Проекционный ШДУ (n = 64)	Проекционный ЭДУ (n = 64)	ЭУ (n = 64)	Угол смещения кзади (n = 32)	Угол смещения книзу (n = 32)
Без смещения эпифиза (n = 32)	136 (132–138)	136 (132–138)	82 (80–84)	–	–
Со смещением эпифиза (n = 32)	142 (138–144)	134 (131–137)	63 (60–64)	21 (18–24)	10 (8–12)

Данные таблицы 1 показывают, что среднее смещение эпифиза кзади составило 21 (18–24)°, а книзу — 10 (8–12)°. Средняя величина проекционного ШДУ в суставах со смещением эпифиза была больше, чем в суставах без смещения на 6°, что обусловлено нарушением укладки соответствующей конечности (неустранимое наружно-ротационное положение) у детей с положительным симптомом Дремена. Признаки частичного синостозирования эпифиза и метафиза на МСКТ не были выявлены ни в одном из 32 наблюдений (64 суставов).

Таким образом, до хирургического лечения у всех детей на стороне смещения эпифиза отмечались болевой синдром, ограничение амплитуды движений бедра, типичное смещение эпифиза кзади и книзу легкой степени, костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости и положительный симптом «сегмента».

Рентгенографическое исследование в послеоперационном периоде показало, что фиксация эпифиза оказалась стабильной во всех наблюдениях — ни в одном из 64 суставов не было отмечено

статистически значимого уменьшения величины проекционного ЭДУ ($p > 0,05$) и/или ЭУ ($p > 0,05$), свидетельствующего о появлении смещения или его прогрессировании.

При анализе МРТ, выполненной на 19-м году жизни, установлено, что вышеописанная деформация перехода «головка – шейка» различной выраженности присутствовала в 25 (78,1%) из 32 суставов со смещением эпифиза, величина передневерхнего угла α при этом варьировала в диапазоне от 46° до 71°, в среднем $60,6 \pm 7,7^\circ$ (рис. 3, 4).

Фиброцисты в наших наблюдениях отчетливо визуализировались в 8 (25,0%) из 32 суставов со смещением эпифиза, величина передневерхнего угла α в каждом из этих 8 суставов превышала 55° (рис. 5).

Из всех вышеупомянутых признаков ФАИ сап-типа в тазовом компоненте сустава мы наблюдали только истончение гиалинового хряща в передневерхнем квадранте впадины — в 3 (9,4%) из 32 суставов со смещением эпифиза. Величина передневерхнего угла α в каждом из этих 3 суставов превышала 65°.

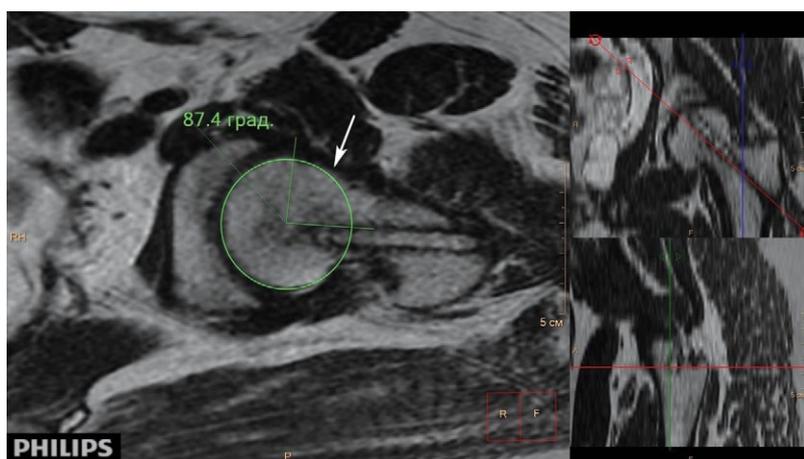


Рис. 3. МРТ левого тазобедренного сустава пациентки 18 лет 2 мес. через 4 года 7 мес. после операции, косая аксиальная проекция, T2-взвешенное изображение. Деформация перехода «головка – шейка» (обозначена стрелкой) — отсутствие нормальной вогнутости перехода и увеличенный передневерхний угол α — 87,4°

Fig. 3. MRI of the left hip (oblique axial projection, T2 weighted image) of patient 18 years 2 months old, 4 years 7 months after surgery. Deformation of head-neck junction (indicated by an arrow) — lack of normal concavity of transition and increased anterior-superior angle α to 87.4°

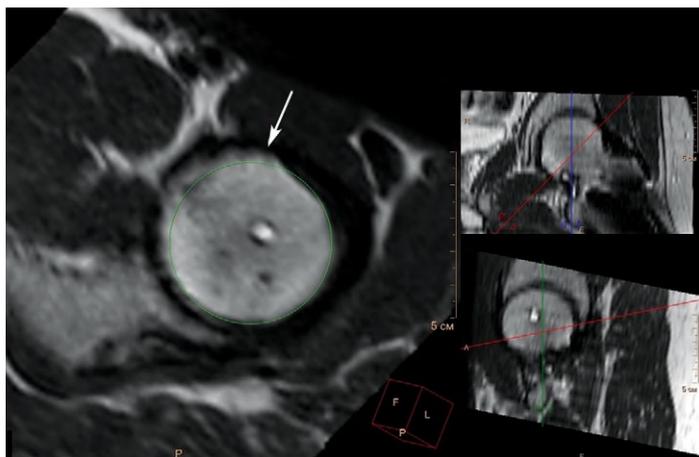


Рис. 4. МРТ левого тазобедренного сустава пациента 18 лет 7 мес. через 5 лет 2 мес. после операции, радиальный срез на уровне перехода «головка – шейка», перпендикулярный оси шейки бедренной кости, T2-взвешенное изображение). Деформация перехода «головка – шейка» (обозначена стрелкой) — избыток костной массы в передневерхней части перехода, нарушающий сферичность головки бедренной кости

Fig. 4. MRI of the left hip (radial section at the level of head-neck junction perpendicular to the femoral neck axis, T2 weighted image) of patient 18 years 7 months old; 5 years 2 months after surgery: deformation of head-neck junction (indicated by an arrow) — excess bone mass in the anterior-superior part of the transition, which damages sphericity of the femoral head

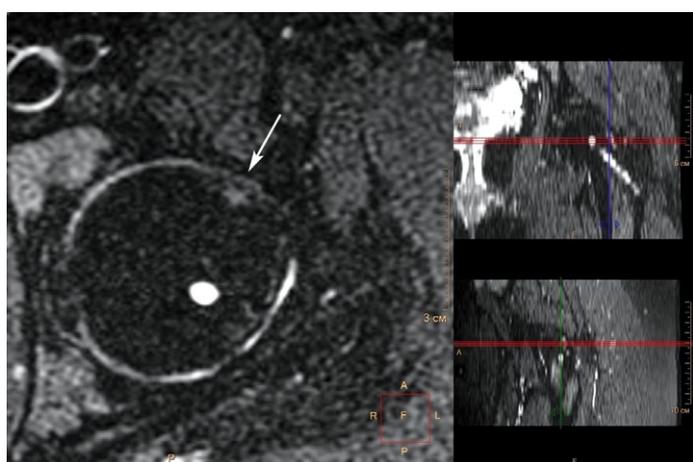


Рис. 5. МРТ левого тазобедренного сустава пациентки 18 лет 4 мес. через 4 года 5 мес. после операции, аксиальная проекция, режим с жироподавлением. Фиброциста (обозначена стрелкой), локализуемая у передневерхнего края шейки бедренной кости на краю суставной поверхности, в месте столкновения

Fig. 5. MRI of the left hip (axial projection, fat suppression image) of patient 18 years 4 months old, 4 years 5 months after surgery: fibrocyst (indicated by an arrow) localized at the anterior superior margin of the femoral neck at the edge of the articular surface (at the area of impact)

В ходе последнего исследования на 19-м году жизни, когда определялись признаки полного синостозирования на уровне эпифизарной зоны роста, все пациенты были разделены на 4 группы по степени выраженности ремоделирования и форме проксимального эпиметафиза бедренной кости на стороне смещения:

- I группа — 7 (21,9%) детей с полным ремоделированием и отсутствием деформации (величина передневерхнего угла α на МРТ — 40–45°);
- II группа — 7 (21,9%) детей с неполным ремоделированием и незначительной остаточной деформацией (величина передневерхнего угла α на МРТ — 46–55°);
- III группа — 10 (31,2%) детей с неполным ремоделированием и значительной остаточной деформацией (величина передневерхнего угла α на МРТ — 56–65°);
- IV группа — 8 (25,0%) детей с отсутствием ремоделирования и деформацией прежней выраженности (величина передневерхнего угла α на МРТ — 66–71°).

Каждая группа характеризовалась сочетанием ряда признаков.

I группа — болевой синдром в повседневной жизни (когда не допускаются регулярные чрезмерные нагрузки — бег, поднятие тяжестей, прыжки) отсутствует; амплитуда движений бедра нормальная; FADIR-тест отрицательный, симптом «сегмента» отрицательный; костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости отсутствует; признаки деформации сам-типа на МРТ отсутствуют (средняя величина передневерхнего угла α — 42,9±1,7°).

II группа — болевой синдром в повседневной жизни отсутствует; амплитуда движений бедра нормальная (4 из 7 детей) или имеется едва заметное (в пределах 10°) ограничение внутренней ротации (3 из 7 детей); FADIR-тест отрицательный; симптом «сегмента» отрицательный; костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости отсутствует; имеются недостоверные признаки деформации сам-типа на МРТ в виде незначительных изменений перехода «головка – шейка» (средняя величина передневерхнего угла α — 50,1±3,3°).

III группа — болевой синдром в повседневной жизни отсутствует (9 из 10 детей); имеется ограничение амплитуды движений бедра; FADIR-тест положительный; симптом «сегмента» положительный; костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости присутствует (выраженность выступа у 5 из 10 детей прежняя, а у других 5 — уменьшилась); имеются достоверные признаки деформации сат-типа на МРТ в виде значительных изменений перехода «головка–шейка» (средняя величина передневерхнего угла α — $61,9 \pm 3,0^\circ$) и наличие фиброцист (3 из 10 детей).

IV группа — болевой синдром в повседневной жизни присутствует; имеется ограничение ампли-

туды движений бедра; FADIR-тест положительный; симптом «сегмента» положительный; костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости присутствует (выраженность выступа прежняя); имеются достоверные признаки деформации сат-типа на МРТ в виде значительных изменений перехода «головка–шейка» (средняя величина передневерхнего угла α — $68,3 \pm 1,5^\circ$); наличие фиброцист (5 из 8 детей) и истончение гиалинового хряща в передневерхнем квадранте вертлужной впадины (3 из 8 детей). Был проведен анализ зависимости между величиной передневерхнего угла α , результатом FADIR-теста и наличием болевого синдрома в повседневной жизни (табл. 2).

Таблица 2

Величина передневерхнего угла α , результат FADIR-теста и наличие болевого синдрома в повседневной жизни у обследованных пациентов

Показатель		<i>n</i>	Передневерхний угол α , град. M \pm SD (min, max)	<i>p</i>	Болевой синдром «+» / «-»	<i>p</i>
FADIR-тест	«-»	14	46,5 \pm 4,6 (40, 55)	<0,001	0/14	<0,001
	«+»	18	64,7 \pm 4,0 (56, 71)		9/9	
Болевой синдром	«-»	23	52,4 \pm 8,5 (40, 65)	<0,001	–	–
	«+»	9	67,9 \pm 1,8 (65, 71)		–	

Из таблицы следует, что болевой синдром присутствовал только у пациентов с положительным результатом FADIR-теста ($p < 0,001$). Пациенты, сообщившие о наличии болевого синдрома, имели повышенное значение угла α ($p < 0,001$). У всех пациентов с величиной угла $\alpha \geq 56^\circ$ был положительный результат FADIR-теста ($p < 0,001$), а подавляющее большинство страдали от болевого синдрома ($p < 0,001$).

Форма проксимального эпиметафиза бедренной кости на контралатеральной стороне оказалась нормальной во всех 32 наблюдениях. В качестве примера отсутствия ремоделирования проксимального эпиметафиза бедренной кости в послеоперационном периоде могут служить рентгенограммы пациента из IV группы (рис. 6). На предоперационных рентгенограммах визуализируются смещение эпифиза кзади на 17° и книзу на 8° , положительный симптом «сегмента» и костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости. На рентгенограммах, выполненных на 19-м году жизни, определяется типичная деформация сат-типа, сохраняются положитель-

ный симптом «сегмента» и костный выступ на передней поверхности шейки бедренной кости исходной выраженности.

Таким образом, ФАИ обнаружен у 9 (28,1%) из 32 обследованных пациентов. Следует отметить, что у 8 из этих 9 детей не произошло даже частичного ремоделирования бедренного компонента сустава — они относились к IV группе. Всем этим 9 больным рекомендовано проведение комплексного обследования для решения вопроса о необходимости артроскопического вмешательства на тазобедренном суставе с целью устранения морфологического субстрата ФАИ. За остальными 9 пациентами III группы, не страдавшими от болевого синдрома в повседневной жизни, но имевшими другие клинические, рентгенологические и МР-признаки деформации сат-типа, продолжено динамическое наблюдение. Полное или практически полное ремоделирование проксимального эпиметафиза бедренной кости произошло в 14 (43,8%) из 32 суставов со смещением эпифиза у пациентов I и II групп.



Рис. 6. Рентгенограммы правого тазобедренного сустава в переднезадней проекции и в проекции Лауэнштейна пациента 14 лет 9 мес.: a, b — непосредственно перед операцией; c, d — через 2,5 года после операции перед удалением металлоконструкций; e, f — через 3,5 года после операции при заключительном обследовании на 19-м году жизни

Fig. 6. X-rays of the right hip in the anteroposterior and in the Lauenstein projections of patient 14 years 9 months old: a, b — before the surgery; c, d — 2,5 years after surgery, before removal of hardware; e, f — 3,5 years after surgery, at the final examination at the 19th year of life

ОБСУЖДЕНИЕ

Механизмы ремоделирования проксимального эпиметафиза бедренной кости при юношеском эпифизеолизе головки бедренной кости за счет продолжающегося экхондрального и энхондрального роста раскрыты еще в середине прошлого века [20, 21]. Мы рассматривали их в наших предыдущих статьях [22, 23]. Между тем, данные литературы о частоте встречаемости и степени выраженности ремоделирования немногочисленны и противоречивы [24, 25]. Появившиеся в последние годы сведения о ФАИ сам-типа, наблюдающемся в суставах с легкой остаточной деформацией эпиметафиза после перенесенного ЮЭГБК, заставили некоторых хирургов задуматься о ликвидации морфологического субстрата ФАИ — артроскопическом моделировании перехода «головка — шейка» для воссоздания его нормальной вогнутости. При этом одни авторы предлагают выполнять такое моделирование сразу после фиксации эпифиза [26, 27], а другие — вторым этапом после завершения процесса синостозирования на уровне эпифизарной ростковой пластинки [28, 29]. Однако в большинстве публикаций на обсуждаемую тему проблеме ФАИ по-прежнему не придается должного значения [30, 31, 32, 33]. Проанализировав данные настоящего исследования, мы пришли к выводу о целесообразности проведения лечебно-диагностической артроскопии пораженного сустава избирательно в качестве последующего этапа хирургического лечения. По нашим данным, такая необходимость в возрасте 18–19 лет существует более чем у одной четверти пациентов.

Проявления ФАИ сам-типа на МРТ у взрослых пациентов, в частности рассмотренная деформа-

ция перехода «головка — шейка» в виде избытка костно-хрящевой массы в передневерхней части перехода, довольно подробно описаны в современной литературе [8, 9, 10, 34]. Выяснено, что фиброцисты, визуализирующиеся вдоль передневерхнего края шейки бедренной кости, могут иметь размеры от 2 до 15 мм, и наибольшее их количество отмечается в суставах с большими значениями угла α [34]. На сегодняшний день доказано, что в вертлужном компоненте пораженного сустава под влиянием хронической травматизации со временем может начаться отделение передневерхнего отдела губы вертлужной впадины от покровного хряща суставной впадины на уровне хондро-лабрального перехода. Кроме того, может происходить истончение гиалинового хряща в передневерхнем квадранте вертлужной впадины или образование его дефекта (трещины), что в конечном итоге может привести к отслоению покровного хряща от подлежащей кости с образованием лоскута. Значительно позже при ФАИ сам-типа могут наблюдаться дегенерация и разрыв губы вертлужной впадины — они более характерны для pincer-типа импинджмента [6, 8, 16]. Перечисленные МР-признаки ФАИ сам-типа в тазовом компоненте сустава гораздо чаще встречаются у взрослых пациентов. У детей они обычно не успевают проявиться в полной мере по причине непродолжительного существования деформации бедренного компонента, что полностью подтверждается нашим исследованием. Возможно, именно поэтому в детском возрасте клинические проявления ФАИ обычно бывают более скудными. Недостаточное внимание к проблеме деформации сам-типа у детей, перенесших

ЮЭГБК с хроническим смещением эпифиза легкой степени, обусловлено, по-видимому, отсутствием у большинства из них характерного болевого синдрома. В доступной литературе мы не нашли данных о частоте встречаемости ФАИ у рассматриваемого контингента больных. По нашим данным, в возрасте 18–19 лет достоверные МР-признаки деформации сам-типа имеются у 56,2% пациентов, а у 28,1% больных на фоне этой деформации в повседневной жизни отмечается характерный для ФАИ болевой синдром.

Следует напомнить, что из пациентов с легкой степенью смещения эпифиза для настоящего исследования нами были отобраны дети с наименьшим потенциалом ремоделирования эпиметафиза ввиду их возраста (не менее 13 лет) и максимальной выраженности анатомических нарушений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полное или частичное ремоделирование проксимального эпиметафиза бедренной кости при юношеском эпифизеолизе головки бедренной кости с хроническим смещением эпифиза лег-

кой степени после фиксации последнего самонарезающим канюлированным винтом отмечено в 75,0% клинических случаев (I, II и III группы), в 25,0% наблюдений (IV группа) ремоделирование отсутствовало.

Достоверные признаки деформации сам-типа на МРТ тазобедренных суставов, выполненной на 19-м году жизни, обнаружены в 56,2% клинических случаев (III и IV группы). Между тем, только в 28,1% наблюдений (IV группа и один пациент III группы) эта деформация в повседневной жизни проявлялась характерным для ФАИ болевым синдромом.

В нашем исследовании лечебно-диагностическая артроскопия тазобедренного сустава с целью моделирования перехода «головка – шейка» для воссоздания его нормальной вогнутости в возрасте 18–19 лет показана 28,1% пациентов (IV группа и один пациент III группы) с достоверными клиническими, рентгенологическими и МР-признаками ФАИ, а в 21,9% наблюдений (I группа) она не требуется по причине полного ремоделирования проксимального эпиметафиза бедренной кости.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Барсуков Д.Б. — дизайн исследования, написание текста, сбор и анализ данных, обзор литературы.

Бортулёв П.И. — редактирование текста статьи, сбор и анализ данных.

Басков В.Е. — сбор и анализ данных.

Поздник И.Ю. — сбор и анализ данных.

Мурашко Т.В. — сбор и анализ данных.

Баскаева Т.В. — сбор и анализ данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации (НИР № 121031700122-6).

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

Этическая экспертиза. Проведенное исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера» Минздрава России, протокол № 22-2 от 02.02.2021 г.

Информированное согласие на публикацию. Законные представители пациентов дали согласие на участие в исследовании и публикацию его результатов.

DISCLAIMERS

Author contribution

Barsukov D.B. — study design, collection and processing of data, literature review, writing the draft.

Bortulev P.I. — text editing, collection and processing of material.

Baskov V.E. — collection and processing of data.

Pozdnikin I.Yu. — collection and processing of data.

Murashko T.V. — collection and processing of data.

Baskaeva T.V. — collection and processing of data.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. State budgetary.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, protocol No 22-2, 02.02.2021.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of children for publication of relevant medical information and all accompanying images within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Краснов А.И. Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости. В кн.: *Травматология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011. С. 989-994. Krasnov A.I. [Slipped capital femoral epiphysis]. In: *Traumatology: National Guide*. M.: GEOTAR-Media; 2011. P. 989-994. (In Russian).
2. Wensaas A., Svenningsen S., Terjesen T. Long-term outcome of slipped capital femoral epiphysis: a 38-year follow-up of 66 patients. *J Child Orthop*. 2011;5(2):75-82. doi: 10.1007/s11832-010-0308-0.
3. Шкатула Ю.В. Этиология, патогенез, диагностика и принципы лечения юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости (аналитический обзор литературы). *Вестник СумГУ*. 2007;2:122-135. Shkatula Ju.V. [Etiology, pathogenesis, diagnosis and treatment of slipped capital femoral epiphysis (the analytical review of the literature)]. *Vestnik Sum GU*. 2007;2:122-135. (In Russian).
4. Кречмар А.Н., Краснов А.И. Оперативное лечение шеечно-эпифизарных деформаций бедренной кости у детей и подростков. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1986;(3):18-20. Krechmar A.N., Krasnov A.I. [Surgical treatment of cervical-epiphyseal deformities of the femur in children and adolescents]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 1986;(3):18-20. (In Russian).
5. Green D.W., Reynolds R.A., Khan S.N., Tolo V. The delay in diagnosis of slipped capital femoral epiphysis: a review of 102 patients. *HSS J*. 2005;1(1):103-106. doi: 10.1007/s11420-005-0118-y.
6. Falciglia F., Aulisa A.G., Giordano M., Boldrini R., Guzzanti V. Slipped capital femoral epiphysis: an ultrastructural study before and after osteosynthesis. *Acta Orthop*. 2010;81(3):331-336. doi: 10.3109/17453674.2010.483987.
7. Abraham E., Gonzalez M.H., Pratap S., Amirouche F., Atluri P., Simon P. Clinical implications of anatomical wear characteristics in slipped capital femoral epiphysis and primary osteoarthritis. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(7):788-795. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181558c94.
8. Ganz R., Leunig M., Leunig-Ganz K., Harris W.H. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(2):264-272. doi: 10.1007/s11999-007-0060-z.
9. Siebenrock K.A., Ferner F., Noble P.C., Santore R.F., Werlen S., Mamisch T.C. The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(11):3229-3240. doi: 10.1007/s11999-011-1945-4.
10. Ziebarth K., Leunig M., Slongo T., Kim Y.J., Ganz R. Slipped capital femoral epiphysis: relevant pathophysiological findings with open surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(7):2156-2162. doi: 10.1007/s11999-013-2818-9.
11. Wylie J.D., McClincy M.P., Uppal N., Miller P.E., Kim Y.J., Millis M.B. et al. Surgical treatment of symptomatic post-slipped capital femoral epiphysis deformity: a comparative study between hip arthroscopy and surgical hip dislocation with or without intertrochanteric osteotomy. *J Child Orthop*. 2020;14(2):98-105. doi: 10.1302/1863-2548.14.190194.
12. Богопольский О.Е. Инструментальная диагностика и предоперационное планирование артроскопии тазобедренного сустава при фемороацетабулярном импинджмент-синдроме: лекция. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(4):155-168. doi: 10.21823/2311-2905-1636. Bogopolskiy O.E. [Instrumental Diagnosis and Preoperative Planning of Hip Arthroscopy in Femoroacetabular Impingement Syndrome: Lecture]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(4):155-168. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-1636.
13. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Плиев Д.Г., Богопольский О.Е., Гуацаев М.С. Возможности рентгенографии в ранней диагностике патологии тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):117-131. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-117-131. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Pliev D.G., Bogopolskiy O.E., Guatsaev M.S. [Roentgenography potentialities for early diagnosis of Hip pathologies]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):117-131. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-117-131.
14. Al-Nammari S.S., Tibrewal S., Britton E.M., Farrar N.G. Management outcome and the role of manipulation in slipped capital femoral epiphysis. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2008;16(1):131. doi: 10.1177/230949900801600134.
15. Accadbled F., Murgier J., Delannes B., Cahuzac J.P., de Gauzy J.S. In situ pinning in slipped capital femoral epiphysis: long-term follow-up studies. *J Child Orthop*. 2017;11(2):107-109. doi: 10.1302/1863-2548-11-160282.
16. Zaltz I., Kelly B.T., Larson C.M., Leunig M., Bedi A. Surgical treatment of femoroacetabular impingement: what are the limits of hip arthroscopy? *Arthroscopy*. 2014;30(1):99-110. doi: 10.1016/j.arthro.2013.10.005.
17. Sonnega R.J., van der Sluijs J.A., Wainwright A.M., Roposch A., Hefti F. Management of slipped capital femoral epiphysis: results of a survey of the members of the European Paediatric Orthopaedic Society. *J Child Orthop*. 2011;5(6):433-438. doi: 10.1007/s11832-011-0375-x.
18. Örtengren J., Björklund-Sand L., Engbom M., Siversson C., Tiderius C.J. Unthreaded Fixation of Slipped Capital Femoral Epiphysis Leads to Continued Growth of the Femoral Neck. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(5):494-498. doi: 10.1097/BPO.0000000000000684.
19. Arora S., Dutt V., Palocaren T., Madhuri V. Slipped upper femoral epiphysis: Outcome after in situ fixation and capital realignment technique. *Indian J Orthop*. 2013;47(3):264-271. doi: 10.4103/0019-5413.111492.
20. Billing L., Severin E. Slipping epiphysis of the hip; a roentgenological and clinical study based on a new roentgen technique. *Acta Radiol Suppl*. 1959;174:1-76.
21. O'Brien E.T., Fahey J.J. Remodeling of the femoral neck after in situ pinning for slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am*. 1977;59(1):62-68.
22. Барсуков Д.Б., Бортулёв П.И., Басков В.Е., Поздникин И.Ю., Мурашко Т.В., Баскаева Т.В. Некоторые аспекты фиксации проксимального эпифиза бедренной кости у детей с ранними стадиями юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2021;9(3):277-286. doi: 10.17816/PTORS75677.

- Barsukov D.B., Bortulev P.I., Baskov V.E., Pozdnykin I.Yu., Murashko T.V., Baskaeva T.V. [Selected aspects of proximal femoral epiphysis fixation in children with early stages of slipped capital femoral epiphysis]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2021;9(3):277-286. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS75677.
23. Барсуков Д.Б., Краснов А.И., Камоско М.М. Хирургическое лечение детей с ранними стадиями юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2016;(1):40-47. doi: 10.17816/PTORS6378-86. Barsukov D.B., Krasnov A.I., Kamosko M.M. [Surgical treatment of early stages of the slipped capital femoral epiphysis in children]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and orthopedics]. 2016;(1):40-47. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS6378-86.
24. Bellemans J., Fabry G., Molenaers G., Lammens J., Moens P. Slipped capital femoral epiphysis: a long-term follow-up, with special emphasis on the capacities for remodeling. *J Pediatr Orthop B*. 1996;5(3):151-157.
25. Jones J.R., Paterson D.C., Hillier T.M., Foster B.K. Remodelling after pinning for slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1990;72(4):568-573. doi: 10.1302/0301-620X.72B4.2380205.
26. Saillhan F., Courvoisier A., Brunet O., Chotel F., Berard J. Continued growth of the hip after fixation of slipped capital femoral epiphysis using a single cannulated screw with a proximal threading. *J Child Orthop*. 2011;5(2): 83-88. doi: 10.1007/s11832-010-0324-0.
27. Burke J.G., Sher J.L. Intra-operative arthrography facilitates accurate screw fixation of a slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(8):1197-1198. doi: 10.1302/0301-620x.86b8.14889.
28. Örtengren J., Björklund-Sand L., Engbom M., Tiderius C.J. Continued Growth of the Femoral Neck Leads to Improved Remodeling After In Situ Fixation of Slipped Capital Femoral Epiphysis. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(3):170-175. doi: 10.1097/BPO.0000000000000797.
29. Häggglund G. Pinning the slipped and contralateral hips in the treatment of slipped capital femoral epiphysis. *J Child Orthop*. 2017;11(2):110-113. doi: 10.1302/1863-2548-11-170022.
30. Swarup I., Shah R., Gohel S., Baldwin K., Sankar W.N. Predicting subsequent contralateral slipped capital femoral epiphysis: an evidence-based approach. *J Child Orthop*. 2020;14(2):91-97. doi: 10.1302/1863-2548.14.200012.
31. Häggglund G., Bylander B., Hansson L.I., Selvik G. Bone growth after fixing slipped femoral epiphyses: brief report. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70(5):845-846. doi: 10.1302/0301-620X.70B5.3192598.
32. Uglow M.G., Clarke N.M. The management of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(5):631-635. doi:10.1302/0301-620x.86b5.15058.
33. Lim Y.J., Lam K.S., Lee E.H. Review of the management outcome of slipped capital femoral epiphysis and the role of prophylactic contra-lateral pinning re-examined. *Ann Acad Med Singap*. 2008;37(3):184-187.
34. Leunig M., Beck M., Kalhor M., Kim Y.J., Werlen S., Ganz R. Fibrocystic changes at anterosuperior femoral neck: prevalence in hips with femoroacetabular impingement. *Radiology*. 2005;236(1):237-246. doi: 10.1148/radiol.2361040140.

Сведения об авторах

✉ Барсуков Дмитрий Борисович — канд. мед. наук
Адрес: Россия, 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин,
Парковая ул., д. 64-68

<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>
e-mail: dbbarsukov@gmail.com

Бортулёв Павел Игоревич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>
e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Басков Владимир Евгеньевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>
e-mail: dr.baskov@mail.ru

Поздныкин Иван Юрьевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>
e-mail: pozdnykin@gmail.com

Мурашко Татьяна Валерьевна
<https://orcid.org/0000-0002-0596-3741>
e-mail: popova332@mail.ru

Баскаева Тамилла Владимировна
<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>
e-mail: tamila-baskaeva@mail.ru

Authors' information

✉ Dmitriy B. Barsukov — Cand. Sci. (Med.)
Address: 64-68, Parkovaya st., St. Petersburg, Pushkin,
196603, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>
e-mail: dbbarsukov@gmail.com

Pavel I. Bortulev — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>
e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Vladimir E. Baskov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>
e-mail: dr.baskov@mail.ru

Ivan Yu. Pozdnykin — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>
e-mail: pozdnykin@gmail.com

Tatyana V. Murashko
<https://orcid.org/0000-0002-0596-3741>
e-mail: popova332@mail.ru

Tamila V. Baskaeva
<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>
e-mail: tamila-baskaeva@mail.ru



Сравнительная характеристика кинематических параметров ходьбы детей с ДЦП в зависимости от типа фиксации стопы и голеностопного сустава

А.А. Кольцов¹, А.Ю. Аксёнов², Э.И. Джомардлы¹

¹ ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России, г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

Актуальность. У пациентов с детским церебральным параличом (ДЦП) часто наблюдаются вторичные ортопедические деформации и нарушения паттерна ходьбы, с целью коррекции которых применяют различные методы лечения, в том числе — ортезирование. За рубежом наиболее часто в клинической практике используются ортезы (АФО) на голеностопные суставы, тогда как в России — сложная ортопедическая обувь. Вместе с тем работы по сравнительному анализу влияния указанных ортопедических средств на биомеханические параметры походки отсутствуют.

Цель исследования — сравнить кинематические параметры ходьбы детей с ДЦП в зависимости от типа фиксации стопы и голеностопного сустава.

Материал и методы. Проведены 25 биомеханических исследований (9 тестов босиком; 7 тестов в ортопедической обуви; 9 тестов в АФО) 9 пациентам с уровнями нарушения глобальных моторных функций GMFCS 2 и GMFCS 3.

Результаты. Анализ показал, что ношение АФО по сравнению с ходьбой босиком независимо от уровня GMFCS положительно влияет на пространственно-временные характеристики ходьбы, на кинематику голеностопного и коленного суставов, без существенного влияния на функцию тазобедренного сустава. В связи с этим отмечено улучшение интегрального показателя — индекса походки. Использование ортопедической обуви у пациентов с уровнями глобальных моторных функций GMFCS 2 и GMFCS 3 привело к улучшению кинематики ГСС и КС. Вместе с тем у пациентов в группе GMFCS 2 применение ортопедической обуви обеспечило улучшение большего количества составляющих индекса походки, тогда как в группе GMFCS 3 количество таких переменных было значительно меньше. Сравнительный анализ результатов показал, что кинематические параметры ходьбы в ортопедической обуви лучше у пациентов группы GMFCS 2, но в группе GMFCS 3 существенно лучше при использовании АФО.

Заключение. Выбор типа фиксации стопы у пациентов с ДЦП с учетом уровня нарушения глобальных моторных функций может существенно влиять на коррекцию биомеханических параметров ходьбы.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, биомеханика ходьбы, ортез, ортопедическая обувь, голеностопный сустав.

Кольцов А.А., Аксёнов А.Ю., Джомардлы Э.И. Сравнительная характеристика кинематических параметров ходьбы детей с ДЦП в зависимости от типа фиксации стопы и голеностопного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):102-113. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1682>.

Кольцов Андрей Анатольевич; e-mail: katandr2007@yandex.ru

Рукопись получена: 15.10.2021. Рукопись одобрена: 08.11.2022. Статья опубликована онлайн: 15.12.2022.

© Кольцов А.А., Аксёнов А.Ю., Джомардлы Э.И., 2022



Kinematic Comparison of Orthopedic Shoes and Ankle-Foot Orthoses in Children With Cerebral Palsy

Andrey A. Koltsov¹, Andrey Yu. Aksenov², Elnur I. Dzhomardly¹

¹ Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled n. a. G.A. Albrecht, St. Petersburg, Russia

² National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics, Kurgan, Russia

Background. In patients with cerebral palsy (CP), secondary orthopedic deformities and violations of the walking pattern are often observed, so various methods of treatment are used for its correction, including orthosis. Abroad, orthoses (AFO) for ankle joints are most often used in clinical practice, whereas in Russia complex orthopedic shoes are used. At the same time, there are no comparative studies investigating the influence of these orthopedic products on the biomechanical parameters of gait.

The aim of the study was to compare the kinematic parameters of walking in children with cerebral palsy, depending on the type of fixation of the foot and ankle joint.

Methods. 25 biomechanical studies (9 barefoot tests; 7 tests in orthopedic shoes; 9 tests in AFO) were conducted in 9 patients with GMFCS 2 and GMFCS 3 levels of global motor function impairment.

Results. The analysis showed that using AFO compared to walking barefoot, regardless of the GMFCS level, positively affects the space-time characteristics of walking, the kinematics of the ankle and knee joints, without significantly affecting the function of the hip joint. In this regard, an improvement in the integral indicator – the gait index – was noted. The use of orthopedic shoes in patients with GMFCS 2 and GMFCS 3 levels of global motor functions led to an improvement in the kinematics of the ankle and knee joints. At the same time, in patients in the GMFCS 2 group, the use of orthopedic shoes provided an improvement in more components of the gait index, whereas in the GMFCS 3 group, the number of such variables was significantly less. A comparative analysis of the results showed that the kinematic parameters of walking in orthopedic shoes are better in patients of the GMFCS 2 group, but in the GMFCS 3 group it is significantly better when using AFO.

Conclusion. The choice of the type of foot fixation in patients with cerebral palsy, taking into account the level of global motor functions impairment, can significantly affect the correction of biomechanical parameters of walking.

Keywords: cerebral palsy, biomechanics, walking, orthosis, orthopedic shoes, ankle joint.

Cite as: Koltsov A.A., Aksenov A.Yu., Dzhomardly E.I. [Kinematic Comparison of Orthopedic Shoes and Ankle-Foot Orthoses in Children With Cerebral Palsy]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):102-113. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1682>.

✉ Andrey A. Koltsov; e-mail: katandr2007@yandex.ru

Submitted: 15.10.2021. Accepted: 08.11.2022. Published Online: 15.12.2022.

© Koltsov A.A., Aksenov A.Yu., Dzhomardly E.I., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Детский церебральный паралич — одно из наиболее частых неврологических заболеваний в педиатрической популяции, приводящее к частым вторичным ортопедическим нарушениям [1, 2, 3]. Одной из особенностей указанных нарушений является их прогрессирование с возрастом, в связи с этим такие больные постоянно находятся под наблюдением врача травматолога-ортопеда, который на этапе наблюдения с целью коррекции деформаций использует хирургические и консервативные методы лечения, в том числе ортезирование [4, 5, 6]. Ортезы на голеностопные суставы (Ankle Foot Orthosis — AFO) различных конструкций (Ground Reaction Ankle Foot Orthosis — GRAFO, leaf-spring AFO и т.д.) являются наиболее применяемыми в клинической практике [7, 8, 9]. Вместе с тем мы не обнаружили публикаций, в которых проводилось бы сравнительное исследование влияния AFO и сложной ортопедической обуви на биомеханические параметры ходьбы, несмотря на крайне широкое применение ортопедической обуви в России и множественные публикации о применении AFO в зарубежных источниках [7, 8, 9, 10]. Также редки исследования влияния AFO на биомеханику ходьбы у детей с ДЦП с учетом уровня нарушения глобальных моторных функций GMFCS (Gross Motor Function Classification System) [11].

Цель исследования — сравнить кинематические параметры ходьбы детей с ДЦП в зависимости от типа фиксации стопы и голеностопного сустава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено одномоментное контролируемое исследование «случай-контроль».

Были сформированы три группы пациентов: первая группа — обобщенная, в которую вошли пациенты с уровнями нарушения глобальных моторных функций GMFCS 2 и GMFCS 3; вторая группа — пациенты с уровнем GMFCS 2; третья — GMFCS 3.

По результатам клинического осмотра для проведения биомеханического обследования сформирована группа из 9 пациентов.

Критериями включения являлись:

- подтвержденный диагноз «ДЦП, спастическая диплегия» либо «ДЦП, спастический тетрапарез»;
- уровень глобальных моторных функций GMFCS 2 — GMFCS 3;
- уровень спастичности 2–3 по шкале Ashworth [12];
- возраст пациентов от 5 до 16 лет включительно (т.е. с уже сформировавшимся стереотипом ходьбы).

Критерии исключения:

- невозможность ходьбы даже с использованием средств дополнительной опоры (костылей, тростей, ходунков);
- значимые когнитивные и эмоциональные нарушения обследуемого, не позволяющие добиться с ним контакта для проведения биомеханического обследования;
- ботулинотерапия в анамнезе менее чем за 6 мес. до обследования;
- хирургическое лечение в анамнезе менее чем за 12 мес. до обследования.

Всем пациентам перед проведением биомеханического исследования выполнено комплексное клиническое обследование, включающее оценку паттернов ходьбы, которая осуществлялась по классификации J. Rodda и H.K. Graham для билатеральных спастических форм церебрального паралича [13].

Всем пациентам были проведены три теста: босиком; в сложной ортопедической обуви; в ортезе на голеностопный сустав, за исключением двух пациентов с уровнями GMFCS 2 и GMFCS 3, у которых на момент исследования сложной ортопедической обуви не было (рис. 1). Сложная ортопедическая обувь соответствовала следующим требованиям: изготавливалась индивидуально по меркам или слепкам; содержала в качестве обязательных элементов двусторонний либо круговой жесткий берц; использовалась пациентом не менее одного и не более 6 мес.; не имела дефицита внутриобувного пространства и не приводила к формированию болей, натоптышей и потертостей; не имела значимых признаков деформации.

Ортез на голеностопный сустав приобретался пациентом до поступления в стационар либо изготавливался в производственной лаборатории на этапе прохождения реабилитации в стационаре по решению медико-технической комиссии. В состав медико-технической комиссии входили три врача травматолога-ортопеда (председатель МТК, заведующий отделением, лечащий врач), научный сотрудник института протезирования и ор-



Рис. 1. Ортез на голеностопные суставы и сложная ортопедическая обувь

Fig. 1. Ankle orthosis and complex orthopedic shoes

тезирования, а также как минимум один техник-ортезист. Выбор типа конструкции ортеза на голеностопный сустав определялся согласно классификации J. Rodda и Н.К. Graham для билатеральных спастических форм церебрального паралича в зависимости от паттерна походки пациента [13]. Ортез использовался пациентом до исследования не менее 4 нед., при этом ношение изделия не вызывало дискомфорта.

Регистрация движений человека осуществлялась с помощью 12 оптических инфракрасных камер Miquis M5 (Швеция) с разрешением 4 Мп и частотой 100 Гц. Реконструкция движений тела осуществлялась с помощью светоотражающих маркеров диаметром 12,5 мм, которые устанавливались на анатомические точки с использованием методики IOR (Istituto Ortopedici Rizzoli — Институт ортопедии Ризоли, в честь которого названа методика установки и анализа положения маркеров) [14] (рис. 2).

Модель скелета построена в программной среде Visual3D на основе установленных маркеров (рис. 3).

После построения модели скелета задавались расчетные параметры, позволяющие произвести комплексную оценку функции ходьбы ребенка с ДЦП по трем основным направлениям/блокам.

Первый блок — исследование пространственно-временных параметров ходьбы: длина шага (м) для правой и левой нижней конечности; скорость шага (м/с); база шага (м). В качестве нормативной

базы для описанных параметров ходьбы использованы данные литературы [15, 16].

Второй блок — исследование кинематики крупных суставов нижних конечностей в двух плоскостях (сагиттальной и горизонтальной): сгибание и разгибание в тазобедренных суставах (угол бедра); сгибание и разгибание в коленных суставах (угол коленного сустава); положение плантарной поверхности стоп или подошвенной поверхности обуви относительно опорной поверхности — Foot pitch (сагиттальный угол движения стопы); положение стопы относительно вектора движения — foot progreton (угол разворота стопы). Анализ кинематики проводился в программах QTM (Qualisys), Visual3D (C-Motion) и с помощью клинического PAF Gait модуля, встроенного в программное обеспечение.

Третий блок — интегральный показатель — индекс походки (gait profile score — GPS), который рассчитан как глобально для правой и левой нижних конечностей, так и отдельно для тазобедренного (ТБС), коленного (КС), голеностопного суставов (ГСС) и положения стоп относительно вектора движения (foot progression). Методика расчета GPS описана в литературе [4, 17, 18].

Регистрация кинематики движений проводилась в программе QTM (Qualisys), а построение скелета и анализ данных — в программе Visual3D (C-Motion). Артефакты движения кожи, которые повлияли на кинематику движения маркеров, фильтровались с помощью низкочастотного фильтра четвертого порядка Баттерворта с частотой среза 12 Гц. Результаты кинематики анализировались в соответствии с международными стандартами с помощью клинического модуля PAF (Clinical Gait) компании Qualisys. Каждый испытуемый проходил период адаптации в лаборатории. Анализировались в среднем 20 шагов для каждого ортопедического средства. Шаги разделялись на циклы, где цикл шага представлялся как временной промежуток от начала касания пятки с опорой (0%) до следующего контакта пятки с опорой (100%). Производился анализ индекса ходьбы для различных суставов и в целом, который рассчитывается путем сравнения угловых показателей суставов с нормативной базой данных. При этом, чем больше значение индекса



Рис. 2. Фотофиксация исследования: установка маркеров на нижние конечности и таз

Fig. 2. Photofixation of the study: installation of markers on the lower extremity and pelvis

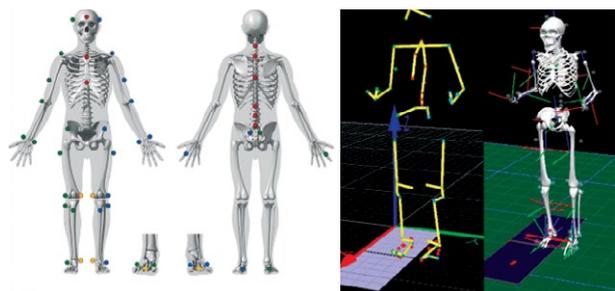


Рис. 3. Модель для реконструкции сегментов тела человека в Visual3D (C-Motion), используемая при анализе ходьбы, где желтые (калибровочные) маркеры снимаются при динамической регистрации походки (IOR модель)

Fig. 3. A model for reconstructing of human body segments in Visual3D (C-Motion), used in the analysis of walking, where yellow (calibration) markers are removed during dynamic gait registration (IOR model)

превышает показатели нормы, тем тяжелее функциональные нарушения ходьбы, а уменьшение индекса демонстрирует приближение угловых показателей к средним значениям нормативной базы (норма). Расчет индекса ходьбы более подробно описан в литературе [4, 18, 19]. Согласно данным литературы, нормативными данными по указанному индексу можно считать показатели ниже 8,5 [19, 20, 21].

Статистический анализ

Статистический анализ количественных показателей для обобщенной группы (т.е. без распределения на группы по классификации GMFCS) проведен непараметрическим методом для связанной выборки — Т-критерием Вилкоксона. Статистическая значимость зафиксирована на уровне вероятности ошибки $p < 0,05$. После распределения пациентов на группы (GMFCS 2 и GMFCS 3) применение статистических методов оказалось невозможным в связи с недостаточным числом пациентов в каждой группе. Поэтому в таблице 3 представлены только медианные значения с верхним и нижним квартилями в формате Me (LQ; UQ). Обработка данных выполнена с использованием пакетов прикладных программ Visual3D, Clinical Gait PAF (Qualisys), Statistica 10 и Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клиническая оценка паттернов ходьбы продемонстрировала, что у одного пациента имеется первый тип паттерна ходьбы — истинный эквинус; у двух пациентов — второй тип — «прыгающая» походка; у одного пациента — третий тип — кажущийся эквинус; у пяти пациентов — четвертый тип — «согнутая» походка.

Для выявления статистически значимого различия пространственно-временных характеристик ходьбы детей в тестах босиком, в сложной ортопедической обуви и в АФО выполнено попарное сравнение цифровых значений этих тестов (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, в тестах с ортопедической обувью и АФО по сравнению с тестом босиком статистически значимые различия выявлены только по переменной длины шага правой нижней конечности.

Результаты статистического попарного сравнения интегрального показателя (индекса походки) представлены в таблице 2.

Данные, представленные в таблице 2, указывают на статистически значимое различие по трем переменным при использовании ортеза на ГСС по сравнению с тестом босиком, тогда как ношение ортопедической обуви привело к улучшению только одной из переменных. Попарное сравнение АФО и ортопедической обуви выявило статистически значимое различие по двум переменным.

Результаты анализа медианных значений с верхними и нижними квартилями с учетом уровня глобальных моторных функций — GMFCS 2 и GMFCS 3 представлены в таблице 3.

Из данных, представленных в таблице 3, видно, что при использовании ортеза на ГСС у пациентов с уровнем GMFCS 2 по сравнению с ходьбой босиком отмечена положительная тенденция в улучшении показателей трех переменных, описывающих пространственно-временные характеристики ходьбы, и по 7 из 8 исследованных показателей индекса походки, тогда как у детей с уровнем GMFCS 3 — по всем отмеченным переменным. Анализ результатов тестов ходьбы босиком и в ортопедической обуви показал, что при использовании последней у пациентов с уровнем GMFCS 2 отмечалась положительная тенденция к улучшению базы и длины шага правой нижней конечностью, а также 7 из 8 показателей индекса походки, тогда как в группе GMFCS 3 положительная тенденция выявлена по всем трем анализируемым пространственно-временным показателям и по 4 из 8 показателей индекса походки.

Исследование кинематики движения крупных суставов нижних конечностей представлено на рисунке 4.

Таблица 1

Результаты попарного сравнения пространственно-временных характеристик ходьбы детей с ДЦП при выполнении различных тестов с применением критерия Вилкоксона

Параметр		Обобщенная группа, n = 9					
		Тест			Результаты сравнительного анализа, уровень p		
		босиком	орт. обувь	АФО	босиком и орт. обувь	босиком и АФО	орт. обувь и АФО
Длина шага, м	Левая	0,35±0,08	0,36±0,02	0,38±0,10	0,398	0,515	0,753
	Правая	0,30±0,11	0,40±0,05	0,36±0,09	0,028*	0,021*	0,866
Скорость шага, м/с		0,53±0,32	0,73±0,19	0,60±0,30	0,398	0,678	0,735
База шага, м		0,16±0,07	0,17±0,03	0,17±0,05	0,866	0,515	0,499

* Значение статистически значимо.

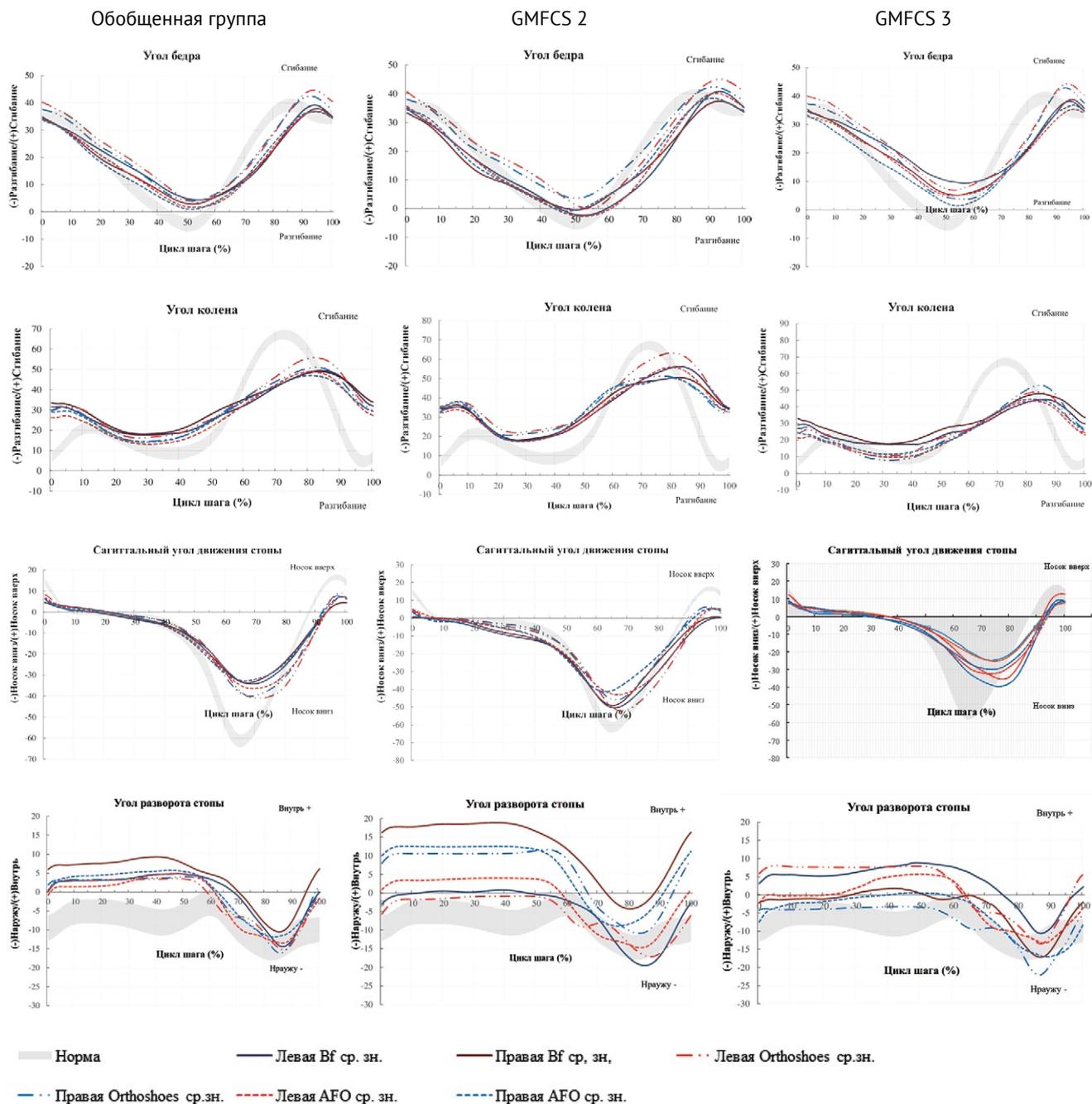


Рис. 4. Гониограммы крупных суставов нижних конечностей детей со спастическими формами ДЦП.
 Примечание: Bf – босиком; Orthoshoes – ортопедическая обувь; AFO – ортез на голеностопный сустав; «серая полоса» коридор значений – это допустимая норма; единицей измерения по оси ординат (Oy) являются градусы; по оси абсцисса (Ox) – процент от цикла шага, где весь цикл шага – 100%

Fig. 4. Goniograms of the lower extremity's large joints of children with spastic forms of cerebral palsy.
 Note: Bf – barefoot; Orthoshoes – orthopedic shoes; AFO – ankle orthosis; the «gray stripe» corridor of values is an acceptable norm; the unit of measurement on the ordinate (Oy) is degree; on the abscissa (Oh) is the percentage of the step cycle, where the entire step cycle is 100%

Таблица 2

Результаты статистического попарного сравнения индекса ходьбы детей с ДЦП в тестах босиком, в ортопедической обуви и в ортезе на голеностопный сустав с использованием критерия Вилкоксона

Параметр	Обобщенная группа, n = 9					
	Тест			Результаты сравнительного анализа, уровень p		
	босиком	орт. обувь	AFO	босиком и орт. обувь	босиком и AFO	орт. обувь и AFO
Индекс походки — левая нижняя конечность	14,8±2,9	14,8 ± 4,7	11,7 ± 2,6	0,345	0,008*	0,028*
Индекс походки — правая нижняя конечность	15,1±2,0	14,0±2,6	13,0±2,18	0,063	0,008*	0,499
Индекс походки — КС слева	22,5±6,4	23,7±8,4	19,1±6,1	0,499	0,008*	0,023*
Индекс походки — КС справа	22,4±5,8	22,3±8,0	19,8±5,3	0,933	0,093	1,000
Индекс походки — ГСС слева	14,8±4,1	17,0±8,5	12,4±4,8	0,176	0,374	0,237
Индекс походки — ГСС справа	16,7±6,0	15,5±7,5	14,7±4,4	0,866	0,26	0,753
Угол разворота стопы слева	17,1±6,5	15,4±9,1	13,0±5,7	0,753	0,263	0,345
Угол разворота стопы справа	18,3±10,5	13,7±9,2	15,1±8,8	0,028*	0,401	0,116

* Значение статистически значимо

Таблица 3

Результаты анализа исследованных переменных в условиях теста босиком, в стандартной и в ортопедической обуви с учетом уровня нарушения глобальных моторных функций GMFCS (Me (LQ ; UQ))

Переменные		Уровень нарушения глобальных моторных функций					
		GMFCS 2, n = 4			GMFCS 3, n = 5		
		Тест			Тест		
		босиком	орт. обувь	AFO	босиком	орт. обувь	AFO
Длина шага, м	Левая	0,36 (0,33; 0,41)	0,36 (0,33; 0,38)	0,40 (0,36; 0,45)	0,28 (0,27; 0,34)	0,34 (0,26; 0,46)	0,35 (0,31; 0,37)
	Правая	0,37 (0,35; 0,41)	0,43 (0,34; 0,44)	0,41 (0,39; 0,46)	0,26 (0,24; 0,31)	0,37 (0,27; 0,37)	0,33 (0,28; 0,34)
Скорость шага, м/с		0,83 (0,64; 0,97)	0,66 (0,59; 0,95)	0,85 (0,78; 0,92)	0,27 (0,21; 0,34)	0,31 (0,18; 0,59)	0,32 (0,29; 0,56)
База шага, м		0,14 (0,12; 0,20)	0,15 (0,14; 0,20)	0,16 (0,15; 0,19)	0,13 (0,1; 0,2)	0,15 (0,12; 0,22)	0,15 (0,11; 0,18)
Индекс походки — левая нижняя конечность		14,4 (12,5; 16,3)	10,2 (9,7; 16,4)	12,0 (9,2; 14,8)	16,2 (12,3; 16,4)	15,6 (13,0; 19,9)	12,1 (10,2; 12,1)
Индекс походки — правая нижняя конечность		16,3 (14,9; 16,9)	13,0 (13,0; 15,3)	14,0 (13,6; 14,7)	14,5 (14,0; 15,8)	14,5 (11,3; 17,1)	11,8 (10,1; 12,5)

Переменные	Уровень нарушения глобальных моторных функций					
	GMFCS 2, n = 4			GMFCS 3, n = 5		
	Тест			Тест		
	босиком	орт. обувь	AFO	босиком	орт. обувь	AFO
Индекс походки — КС слева	19,6 (16,2; 28,4)	15,5 (15,1; 35,2)	15,6 (14,2; 24,8)	21,7 (18,4; 26,5)	25,5 (19,6; 30,4)	18,6 (17,7; 19,0)
Индекс походки — КС справа	18,8 (14,9; 26,8)	14,9 (13,0; 31,2)	17,0 (15,4; 25,3)	24,4 (20,0; 25,5)	23,3 (18,4; 30,0)	18,5 (18,4; 19,0)
Индекс походки — ГСС слева	12,9 (11,7; 16,2)	13,7 (6,2; 22,0)	13,5 (9,8; 18,8)	13,8 (13,1; 19,4)	17,6 (12,4; 26,3)	10,6 (9,4; 13,2)
Индекс походки — ГСС справа	13,8 (9,0; 18,3)	8,2 (6,1; 22,5)	12,4 (11,5; 17,6)	17,7 (14,7; 24,0)	16,1 (13,5; 22,5)	13,0 (11,2; 18,2)
Индекс походки foot progreption слева	18,9 (15,0; 20,8)	9,0 (5,6; 20,1)	13,5 (8,6; 20,8)	16,9 (9,7; 23,0)	20,1 (8,6; 29,1)	9,9 (9,1; 13,5)
Индекс походки foot progreption справа	22,7 (13,4; 32,6)	12,4 (9,9; 31,7)	19,0 (12,0; 27,3)	11,2 (7,8; 19,5)	9,7 (5,8; 12,8)	8,8 (7,2; 13,8)

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из важных составляющих комплексного биомеханического обследования пациентов с ДЦП является оценка пространственно-временных показателей ходьбы, что особенно актуально при оценке эффективности ортезирования. В частности, по данным ряда исследователей, использование ортеза на ГСС увеличивает скорость ходьбы [22, 23, 24] и длину шага [25, 26, 27]. По нашим данным, статистически значимое различие при использовании ортопедической обуви и ортезов на ГСС по сравнению с ходьбой босиком наблюдалось только по переменной длины шага правой нижней конечности. В то же время попарное сравнение результатов ходьбы по указанным переменным не продемонстрировало статистически значимой разницы (см. табл. 1). Наши результаты соответствуют тенденциям, представленным по результатам единичных исследований [28, 29]. Данное противоречие, на наш взгляд, может быть обусловлено разными факторами, в том числе различием уровня двигательной активности испытуемых по классификации GMFCS и разными паттернами ходьбы. Более того, пациенты уровня GMFCS 3 в отличие от более «легких» больных использовали при ходьбе дополнительные средства опоры (трости, ходунки), влияющие на стереотип ходьбы. По этим причинам мы представили в настоящей работе оценку результатов влияния ортопедического обеспечения на биомеханику ходьбы у больных с ДЦП с учетом уровня глобальных моторных функций GMFCS.

Данные, представленные в таблице 2, указывают на статистически значимое различие в ходьбе по трем переменным (индекс ходьбы левой и пра-

вой нижних конечностей; индекс ходьбы левого КС) при использовании ортеза на ГСС по сравнению с тестом босиком, тогда как ношение ортопедической обуви привело к улучшению только одной (угол разворота правой стопы) из переменных. Попарное сравнение ходьбы в AFO и ортопедической обуви выявило статистически значимое различие по двум переменным (индекс ходьбы левой нижней конечности и индекс ходьбы левого коленного сустава).

После распределения пациентов на группы применение статистических методов оказалось невозможным ввиду недостаточности количества больных в каждой группе, в связи с этим в таблице 3 представлены только медианные значения исследуемых переменных с указанием верхнего и нижнего квартилей. Исходя из вышесказанного, обсуждение построено на основании указанных результатов. Так, данные, представленные в таблице 3, показали, что ношение AFO по сравнению с ходьбой босиком положительно влияет на пространственно-временные характеристики походки (длину и скорость шага) с различиями средних значений в диапазоне от 5,5 до 26,0%, в этом наши результаты согласуются с данными литературы [22, 23, 24, 25, 26, 27]. Примечательно, что эти различия тем больше, чем тяжелее уровень нарушения глобальных моторных функций. Так, у пациентов группы GMFCS 2 по указанным показателям выявлена разница до 10,0%, у пациентов группы GMFCS 3 — до 21,2%. Влияние ношения ортопедической обуви на пространственно-временные характеристики походки по сравнению с ходьбой босиком неоднозначны и зависят от выраженности нарушения глобальных моторных функций в соот-

ветствии с классификацией GMFCS : у детей с уровнем GMFCS 2 привело к снижению скорости ходьбы на четверть и увеличению длины шага справа без существенного изменения длины шага слева, тогда как у пациентов с уровнем GMFCS 3 положительно повлияло на все исследуемые пространственно-временные характеристики походки.

Анализ гониограмм, представленных на рисунке 3, показал, что у всех пациентов независимо от типа фиксации стопы начальная фаза периода опоры начинается не с контакта пятки, как в норме, а с опоры практически всей плантарной поверхностью стопы, о чем косвенно свидетельствуют данные, представленные на графике «сагиттальный угол движения стопы». Этот факт согласуется с данными литературы. В частности, Л.М. Смирнова с соавторами выявили, что у пациентов с уровнями нарушения глобальных моторных функций GMFCS 1–3 наблюдаются статистически значимые различия в показателе парциальной нагрузки на пятку при ходьбе в ортопедической обуви по сравнению со «стандартной» – снижение нагрузки на пятку по сравнению с ходьбой детей в норме [30]. Кроме этого, наблюдается пролонгация периода опоры во времени по сравнению с нормой с максимумом в группе GMFCS 3. Тот факт, что при сравнительном анализе высота отрыва пятки от опорной поверхности и амплитуда сгибания в голеностопном суставе в AFO оказалась меньше, чем в ортопедической обуви, обусловлен тем, что ортезы у некоторых испытуемых изначально конструктивно имели ограничение плантарной флексии. Объективными данными, подтверждающими вышеописанные факты, являются существенное увеличение длины и скорости шага у испытуемых в обобщенной группе и группе GMFCS 3.

У всех детей независимо от типа используемой обуви отмечается тенденция к внутриротационной установке нижних конечностей и развороту стоп вовнутрь, что подтверждается в некоторых зарубежных публикациях. Так, по данным R.K. Elnaggar с соавторами, у детей с ДЦП отклонение от нормы показателей кинематики движения в сагиттальной плоскости является частой проблемой и носит многоуровневый характер, включающий в том числе внутриротационное положение стоп [31]. В то же время тип фиксации, как видно на рисунке 3, может повлиять как на степень данной установки, так и на ее симметричность справа и слева. У пациентов с уровнем GMFCS 2 при использовании ортопедической обуви по сравнению с другими тестами отмечается наиболее близкое к норме положение стоп: левая стопа при использовании ортопедической обуви в течение всего периода переноса стопы находится в нормативном диапазоне, положение правой стопы в наименьшей степени отклонено от нормы. Следует отметить,

что левая стопа при тестах босиком и в AFO в период переноса находится в пределах нормы, однако асимметрия с контралатеральной конечностью значительно превышает асимметрию аналогичного показателя при ходьбе в ортопедической обуви. У пациентов с уровнем GMFCS 3 при использовании AFO в течение всего периода переноса стопы находятся в нормативном диапазоне. В тестах босиком и в ортопедической обуви левая стопа практически на всем протяжении цикла шага находится в положении внутренней ротации, тогда как кривая, описывающая траекторию правой стопы, лишь на незначительном протяжении периода переноса располагается в диапазоне нормы. Наши результаты не настолько однозначны, как у В. Damino с соавторами, утверждающих, что использование AFO привело к нарастанию внутриротационного положения стоп у испытуемых [32]. На наш взгляд, такая несогласованность результатов может быть обусловлена рядом факторов, в том числе отсутствием исследования изменения указанного параметра у детей с разными уровнями GMFCS. Кроме того, из текста работы авторов видно, что две трети детей с ДЦП имели уровень нарушения глобальных моторных функций GMFCS 1 и GMFCS 2, данные которых, вероятно, и внесли значительный вклад в конечный общий результат. Вместе с тем, наши результаты исследования детей с уровнем GMFCS 2 показывает схожую тенденцию, что и у вышеуказанных авторов.

У всех пациентов, вне зависимости от типа фиксации стопы, отмечена сгибательная установка в коленных суставах, аналогичную тенденцию отмечали и другие авторы. Например, Г.М. Чибиров с соавторами указывали, что у значительного числа пациентов с ДЦП как в опорный, так и в неопорный периоды цикла шага наблюдалась сгибательная установка в правом и левом коленных суставах [33]. Вместе с тем выраженность указанного эффекта, по нашим данным, зависела от тяжести нарушения глобальных моторных функций. Так, минимальная коррекция угла сгибательной установки в коленных суставах (до 6%) отмечена в группе GMFCS 2; максимальная (в AFO для левого коленного сустава на 26,8%, для правого — на 25,5% по сравнению с тестом босиком) в группе GMFCS 3. Полученные результаты имеют одностороннюю тенденцию с данными других авторов [34, 35]. Наши результаты полностью согласуются с данными Н. Böhm с соавторами, сообщающих, что использование AFO у пациентов с низким функциональным статусом (GMFCS 3 и GMFCS 4) позволяет достичь максимального положительного эффекта. Данный факт, как полагают авторы, обусловлен слабостью разгибателей стопы [35].

У детей в обобщенной группе при использовании AFO отмечается коррекция сгибательной

установки в коленных суставах на 16,7% слева и на 13,4% справа по сравнению с тестом босиком; в ортопедической обуви динамика выражена меньше и составила от 5,2 до 12,5% соответственно.

Изучение гониограмм тазобедренных суставов в сагиттальной плоскости не показало различия между тестами. Траектории кривых, описывающих кинематику суставов, практически соответствовали норме с общей тенденцией к ограничению разгибания в тазобедренных суставах, в большей степени — у пациентов с уровнем глобальных моторных функций GMFCS 3. Согласно данным W.K. Lam с соавторами, использование AFO приводит к статистически значимому увеличению угла сгибания в тазобедренных суставах в фазе контакта стопы с опорной поверхностью (initial contact). По данным ряда авторов, статистически значимое влияние использования AFO на кинематику коленных и тазобедренных суставов отсутствует [36, 37, 38].

Использование AFO по сравнению с ходьбой босиком продемонстрировало положительную тенденцию к изменению показателей индекса походки (табл. 3). В частности, максимальное улучшение в группе GMFCS 2 составило 29%, тогда как в группе GMFCS 3 — 51% (медиана 16% и 24% соответственно).

Анализ результатов тестов ходьбы босиком и в ортопедической обуви показал, что при использовании последней у пациентов с уровнем

GMFCS 2 отмечена положительная тенденция по 7 из 8 показателей, тогда как в группе GMFCS 3 положительная тенденция выявлена лишь по четырём переменным. Максимальное улучшение в группе GMFCS 2 составило 52%, тогда как в группе GMFCS 3 — 13% (Me 25% и 7% соответственно).

Сравнительный анализ результатов измерения индекса походки в тестах с ортопедической обувью и AFO показал положительную тенденцию к применению сложной ортопедической обуви по сравнению с AFO у 6 из 8 пациентов группы GMFCS, в двух случаях эффект сравниваемых технических изделий был сопоставимым. В группе GMFCS 3 во всех тестах выявлено преимущество использования AFO.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор способа фиксации стопы у пациентов со спастическими формами ДЦП с учетом уровня нарушения глобальных моторных функций имеет существенное значение в коррекции кинематических параметров опоры и передвижения. У пациентов с уровнем глобальных моторных функций GMFCS 2 при использовании ортопедической обуви и ортеза на голеностопный сустав улучшается кинематика ходьбы по сравнению с ходьбой босиком, положительный эффект оказался более значимым в тестах с ортопедической обувью. У пациентов группы GMFCS 3 максимально эффективным оказалось использование ортеза на голеностопный сустав.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Кольцов А.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование статьи.

Аксёнов А.Ю. — сбор и обработка данных, редактирование статьи.

Джомардлы Э.И. — обзор литературы, сбор и обработка данных, написание текста и редактирование статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Исследования были одобрены этическим комитетом при ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта», протокол № 3, 06.08.2021 г.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

DISCLAIMERS

Author contribution

Andrey A. Koltsov — study design, text editing.

Andrey Yu. Aksenov — collection and processing of material, text editing.

Elnur I. Dzhomardly — literature review, collection and processing of material, text writing and editing.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled n. a. G.A. Albrecht, protocol No 3, 06.08.2021.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of children for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Помников В.Г., Пенина О.Г., Владимирова О.Н., Колчева Ю.А., Адрианов А.В. Разработка новых критериев и классификации установления инвалидности у детей. *Нейрохирургия и неврология детского возраста*. 2017;16:8-16. Pomnikov V.G., Penina O.G., Vladimirova O.N., Kolcheva Yu.A., Adrianov A.V. [New classifications and criteria for determination of disability in children]. *Neurokhirurgiya i nevrologiya detskogo vozrasta* [Journal of Medical Research and Practice Pediatric Neurosurgery and Neurology]. 2017;16:8-16. (In Russian).
2. Almasri N.A., Saleh M., Abu-Dahab S., Malkawi S.H., Nordmark E. Functional profiles of children with cerebral palsy in Jordan based on the association between gross motor function and manual ability. *BMC Pediatr*. 2018;18(1):276. doi: 10.1186/s12887-018-1257-x.
3. Son H., Lee D., Hong S., Lee K. Lee G. Comparison of Gait Ability of a Child with Cerebral Palsy According to the Difference of Dorsiflexion Angle of Hinged Ankle-Foot Orthosis: A Case Report. *Am J Case Rep*. 2019;20:1454-1459. doi: 10.12659/AJCR.916814.
4. Skaaret I., Steen H., Huse A.B. Comparison of gait with and without ankle-foot orthoses after lower limb surgery in children with unilateral cerebral palsy. *J Child Orthop*. 2019;13(2):180-189. doi: 10.1302/1863-2548.13.180146.
5. Melanda A.G., Pauleto A.C., Iucksch D.D., Cunha R.F., Smaili S.M. Results of orthoses used on ambulatory patients with bilateral cerebral palsy. *Acta Ortop Bras*. 2020;28(5):137-141. doi: 10.1590/1413-785220202803228922.
6. Schwarze M., Block J., Kunz T., Alimusaj M., Heitzmann D.W.W., Putz C. et al. The added value of orthotic management in the context of multi-level surgery in children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2019;68:525-530. doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.01.006.
7. Wright E., DiBello S.A. Principles of Ankle-Foot Orthosis Prescription in Ambulatory Bilateral Cerebral Palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2020;31(1):69-89. doi: 10.1016/j.pmr.2019.09.007.
8. Kane K.J., Musselman K.E., Lanovaz J. Effects of solid ankle-foot orthoses with individualized ankle angles on gait for children with cerebral palsy and equinus. *J Pediatr Rehabil Med*. 2020;13(2):169-183. doi: 10.3233/PRM-190615.
9. Lintanf M., Bourseul J.S., Houx L., Lempereur M., Brochard S., Pons C. Effect of ankle-foot orthoses on gait, balance and gross motor function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2018;32(9):1175-1188. doi: 10.1177/0269215518771824.
10. Кольцов А.А., Джомардлы Э.И. Анализ динамики типов технических средств реабилитации и частоты их использования у пациентов с детским церебральным параличом. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2020;8(2):55-64. doi: 10.17816/PTORS18953. Koltsov A.A., Dzhomardly E.I. [Analysis of type and frequency dynamics of rehabilitation assistive devices in children with cerebral palsy]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2020;8(2):55-64. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS18953.
11. Palisano R., Rosenbaum P., Walter S., Russell D., Wood E., Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(4):214-223. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x.
12. Yam W.K., Leung M.S. Interrater reliability of Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in children with spastic cerebral palsy. *J Child Neurol*. 2006;21(12):1031-1035. doi: 10.1177/7010.2006.00222.
13. Rodda J.M., Graham H.K., Carson L., Galea M.P., Wolfe R. Sagittal gait patterns in spastic diplegia. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(2):251-258. doi: 10.1302/0301-620x.86b2.13878.
14. Leardini A., Sawacha Z., Paolini G., Ingrosso S., Nativo R., Benedetti M.G. A new anatomically based protocol for gait analysis in children. *Gait Posture*. 2007;26(4):560-571. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.12.018.
15. Voss S., Joyce J., Biskis A., Parulekar M., Armijo N., Zampieri C. et al. Normative database of spatiotemporal gait parameters using inertial sensors in typically developing children and young adults. *Gait Posture*. 2020;80:206-213. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.05.010.
16. Lythgo N., Wilson C., Galea M. Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults whilst walking barefoot and with shoes. *Gait Posture*. 2009;30(4):502-506. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.07.119.
17. Oudenhoven L.M., Booth A.T.C., Buizer A.I., Harlaar J., van der Krogt M.M. How normal is normal: Consequences of stride to stride variability, treadmill walking and age when using normative paediatric gait data. *Gait Posture*. 2019;70:289-297. doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.03.011.
18. Baker R., McGinley J.L., Schwartz M.H., Beynon S., Rozumalski A., Graham H.K. et al. The gait profile score and movement analysis profile. *Gait Posture*. 2009;30(3):265-269. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.05.020.
19. Rasmussen H.M., Nielsen D.B., Pedersen N.W., Overgaard S., Holsgaard-Larsen A. Gait Deviation Index, Gait Profile Score and Gait Variable Score in children with spastic cerebral palsy: Intra-rater reliability and agreement across two repeated sessions. *Gait Posture*. 2015;42(2):133-137. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.04.019.
20. Kiernan D., Malone A., O'Brien T., Simms C.K. The clinical impact of hip joint centre regression equation error on kinematics and kinetics during paediatric gait. *Gait Posture*. 2015;41(1):175-179. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.09.026.
21. Manousaki E., Esbjörnsson A.C., Mattsson L., Andriess H. Correlations between the Gait Profile Score and standard clinical outcome measures in children with idiopathic clubfoot. *Gait Posture*. 2019;71:50-55. doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.04.009.
22. Young J., Jackson S. Improved motor function in a pre-ambulatory child with spastic bilateral cerebral palsy, using a custom rigid ankle-foot orthosis-footwear combination: a case report. *Prosthet Orthot Int*. 2019;43(4):453-458. doi: 10.1177/0309364619852239.
23. Lintanf M., Bourseul J.S., Houx L., Lempereur M., Brochard S., Pons C. Effect of ankle-foot orthoses on gait, balance and gross motor function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2018;32(9):1175-1188. doi: 10.1177/0269215518771824.
24. Aboutorabi A., Arazpour M., Ahmadi Bani M., Saedi H., Head J.S. Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Ann Phys Rehabil Med*. 2017;60(6):393-402. doi: 10.1016/j.rehab.2017.05.004.

25. Radtka S.A., Skinner S.R., Dixon D.M., Johanson M.E. A comparison of gait with solid, dynamic, and no ankle-foot orthoses in children with spastic cerebral palsy. *Phys Ther.* 1997;77(4):395-409. doi: 10.1093/ptj/77.4.395.
26. Betancourt J.P., Eleeh P., Stark S., Jain N.B. Impact of ankle-foot orthosis on gait efficiency in ambulatory children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019;98(9):759-770. doi: 10.1097/PHM.0000000000001185.
27. Son I., Lee D., Hong S., Lee K., Lee G. Comparison of Gait Ability of a Child with Cerebral Palsy According to the Difference of Dorsiflexion Angle of Hinged Ankle-Foot Orthosis: A Case Report. *Am J Case Rep.* 2019;20:1454-1459. doi: 10.12659/AJCR.916814.
28. Meyns P., Kerkum Y.L., Brehm M.A., Becher J.G., Buizer A.I., Harlaar J. Ankle foot orthoses in cerebral palsy: Effects of ankle stiffness on trunk kinematics, gait stability and energy cost of walking. *Eur J Paediatr Neurol.* 2020;26:68-74. doi: 10.1016/j.ejpn.2020.02.009.
29. Kerkum Y.L., Buizer A.I., van den Noort J.C., Becher J.G., Harlaar J., Brehm M.A. The Effects of Varying Ankle Foot Orthosis Stiffness on Gait in Children with Spastic Cerebral Palsy Who Walk with Excessive Knee Flexion. *PLoS One.* 2015;10(11):e0142878. doi: 10.1371/journal.pone.0142878.
30. Смирнова Л.М., Джомардлы Э.И., Кольцов А.А. Межзональное распределение нагрузки на плантарную поверхность стопы при ходьбе пациентов с ДЦП как объективный критерий тяжести функциональных нарушений. *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(3):80-92. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-80-92.
- Smirnova L.M., Dzhomardly E.I., Koltsov A.A. [The Interzonal Distribution of the Load on the Plantar Surface of the Foot During Walking in the Patients with Cerebral Palsy as an Objective Criterion of Functional Impairment Severity]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):80-92. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-80-92
31. Elnaggar R.K. Relationship Between Transverse-plane Kinematic Deviations of Lower Limbs and Gait Performance in Children with Unilateral Cerebral Palsy: A Descriptive Analysis. *Gait Posture.* 2020;79:224-228. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.05.003.
32. Danino B., Erel S., Kfir M., Khamis S., Batt R., Hemo Y. et al. Influence of orthosis on the foot progression angle in children with spastic cerebral palsy. *Gait Posture.* 2015;42(4):518-522. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.08.006.
33. Чибилов Г.М., Долганова Т.И., Долганов Д.В., Попков Д.А. Анализ причин патологических паттернов кинематического локомоторного профиля по данным компьютерного анализа походки у детей со спастическими формами ДЦП. *Гений ортопедии.* 2019;25(4):493-500. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-493-500.
- Chibirov G.M., Dolganova T.I., Dolganov D.V., Popkov D.A. [Analysis of the causes of pathological patterns of the kinematic locomotor profile based on the findings of computer gait analysis in children with spastic CP types]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2019;25(4):493-500. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-493-500.
34. Ries A.J., Schwartz M.H. Ground reaction and solid ankle-foot orthoses are equivalent for the correction of crouch gait in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2019;61(2):219-225. doi: 10.1111/dmcn.13999.
35. Böhm H., Matthias H., Braatz F., Döderlein L. Effect of floor reaction ankle-foot orthosis on crouch gait in patients with cerebral palsy: What can be expected? *Prosthet Orthot Int.* 2018;42(3):245-253. doi: 10.1177/0309364617716240
36. Lam W.K., Leong J.C., Li Y.H., Hu Y., Lu W.W. Biomechanical and electromyographic evaluation of ankle foot orthosis and dynamic ankle foot orthosis in spastic cerebral palsy. *Gait Posture.* 2005;22(3):189-197. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.09.011.
37. Abel M.F., Juhl G.A., Vaughan C.L., Damiano D.L. Gait assessment of fixed ankle-foot orthoses in children with spastic diplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(2):126-135. doi: 10.1016/s0003-9993(98)90288-x.
38. Buckon C.E., Thomas S.S., Jakobson-Huston S., Moor M., Sussman M., Aiona M. Comparison of three ankle-foot orthosis configurations for children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol.* 2004;46(9):590-598. doi: 10.1017/s0012162204001008.

Сведения об авторах

✉ Кольцов Андрей Анатольевич — канд. мед. наук

Адрес: Россия, 195067, г. Санкт-Петербург, ул. Бестужевская, д. 50

<https://orcid.org/0000-0002-0862-8826>

e-mail: katandr2007@yandex.ru

Аксенов Андрей Юрьевич

<https://orcid.org/0000-0002-7180-0561>

e-mail: a.aksenov@hotmail.com

Джомардлы Эльнур Исфандиярович

<https://orcid.org/0000-0002-0281-3262>

e-mail: mamedov.ie@yandex.ru

Authors' information

✉ Andrey A. Koltsov — Cand. Sci. (Med.)

Address: 50, Bestuzhevskaya st., St. Petersburg, 195067, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0862-8826>

e-mail: katandr2007@yandex.ru

Andrey Yu. Aksenov

<https://orcid.org/0000-0002-7180-0561>

e-mail: a.aksenov@hotmail.com

Elnur I. Dzhomardly

<https://orcid.org/0000-0002-0281-3262>

e-mail: mamedov.ie@yandex.ru



Результаты консервативного и хирургического лечения пациентов с разрывом дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча

А.Е. Медведчиков^{1,2}, Е.А. Анастасиева^{1,2}, А.А. Корыткин¹, В.Л. Лукинов^{1,3},
И.А. Кирилова¹

¹ ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

² АНО «Клиника НИИТО», г. Новосибирск, Россия

³ ФГБУН «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН», г. Новосибирск, Россия

Актуальность. Интерес к изучению разрывов дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча (ДСДМП) в последнее десятилетие вызван развитием методов инструментальной диагностики, появлением новых спортивных дисциплин и усложнением технологической среды на рабочих местах. Основные концепции лечения зависят от сроков давности травмы, площади поражения сухожильной ткани, функциональных запросов пациента и его профессиональной деятельности, индекса коморбидности и делятся на консервативную и хирургическую.

Цель исследования — выявить наиболее эффективный метод лечения больных с разрывом дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча.

Материалы и методы. В исследования были включены 58 пациентов (все мужчины) с повреждением ДСДМП, которые были разделены на группы в зависимости от концепции лечения: группу консервативного лечения (Nc) — 20 (34%) пациентов и группу хирургического лечения (Ns) — 38 (66%). Группа хирургического лечения была разделена также на подгруппы: nD — открытый анатомический вариант с доступом Dobbie; nBA — малоинвазивный неанатомический вариант с доступом Boyd–Anderson; nMA — малоинвазивный анатомический вариант с передним доступом. Пациентам проводились физикальные тесты (O'Driscoll, Ruland и др.), УЗИ с целью сравнительного измерения проксимального радио-ульнарного пространства, степени мышечной ретракции, вовлеченности *lacertus fibrosus*, а также МРТ локтевого сустава. Для оценки полученных результатов использовались шкалы VAS, DASH и ASES. Результаты инструментальных методов диагностики оценивались с классификациями L. Perera (2012) и J. Fuente (2018).

Результаты. Оценка результатов в группах Ns и Nc по функциональным шкалам, DASH) и 36 мес. (ASES) позволила выявить: через 6 мес. по VAS — снижение выраженности болевого синдрома ≤ 1 балла, по DASH через 6 мес. — снижение до 21 и 43 баллов (в обеих группах $p < 0,001$; разница между группами $p = 0,005$; по ASES через 36 мес. — 91 и 71 балл (динамика в обеих группах, разница между группами $p < 0,001$). При использовании малоинвазивных доступов в сравнении с открытым доступом (nD) были получены лучшие функциональные результаты: по шкале DASH через 6 мес. — nBA vs nD $p = 0,007$ и nBA vs nD $p = 0,002$. Результаты внутригруппового анализа способов реинсерции: по VAS — nBA vs nMA $p = 0,264$; по DASH — nBA vs nMA = 0,856; по ASES — nBA vs nMA $p = 0,179$. Пиковые показатели без осложнений были достигнуты в срок ≤ 6 нед. при анатомическом варианте.

Заключение. Сравнение внутри подгрупп позволило выделить наиболее эффективную методику в виде комбинации малоинвазивного доступа с анатомическим вариантом интраканальной фиксации кортикальной пуговицей, обладающую низким уровнем рисков развития послеоперационные осложнений.

Ключевые слова: локтевой сустав, бицепс плеча, *lacertus fibrosus*, дистальное сухожилие, спортивная медицина, хирургические доступы, кортикальная пуговица.

Медведчиков А.Е., Анастасиева Е.А., Корыткин А.А., Лукинов В.Л., Кирилова И.А. Результаты консервативного и хирургического лечения пациентов с разрывом дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):114–125. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1997>.

Анастасиева Евгения Андреевна; e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com

Рукопись получена: 04.10.2022. Рукопись одобрена: 09.12.2022. Статья опубликована: 16.12.2022.

© Медведчиков А.Е., Анастасиева Е.А., Корыткин А.А., Лукинов В.Л., Кирилова И.А., 2022



Biceps Brachii Distal Tendon Ruptures: Conservative and Surgical Treatment Outcomes

Artem E. Medvedchikov^{1,2}, Evgeniya A. Anastasieva^{1,2}, Andrey A. Korytkin¹, Vitaliy L. Lukinov^{1,3}, Irina A. Kirilova¹

¹ Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

² Clinic NIITO, Novosibirsk, Russia

³ Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Background. Interest in the study of the distal biceps brachii tendon ruptures in the recent decade has been caused by the development of instrumental diagnostic methods, the new sports disciplines appear and by the technological workplace environment complication. The main concepts of treatment depend on the injury term, the tendon tissue damage area, the patient functional needs and his/her professional activities, the comorbidity index (CCI), so the concepts are divided into two: conservative and surgical.

The aim of the study – to identify the most effective method of treating patients with a biceps brachii distal tendon rupture.

Methods. The study included 58 patients (all men) with a biceps brachii distal tendon injury. They were divided into groups depending on the concept of treatment: a conservative treatment group – 20 (34%) patients and a surgical treatment group – 38 (66%). The surgical treatment group was also divided into subgroups according to surgical approaches, reinsertion methods and types of fixation. Patients underwent physical tests (O'Driscoll, Ruland, et al.), ultrasound to compare the proximal radio-ulnar space, degree of muscle retraction, lacertus fibrosus involvement, and MRI of the elbow joint. The functional scales VAS, DASH and ASES were used to evaluate the obtained results. The results of instrumental diagnostic methods were evaluated with the L. Perera (2012) and J. Fuente (2018) classifications.

Results. Evaluation of the results in the groups of surgical (Ns) and conservative (Nc) treatment according to functional scales after 6 (VAS, DASH) and 36 months (ASES) revealed: a decrease in subjective pain score ≤ 1 point, a decrease in DASH to 21 and 43 points (statistically significant decrease in both groups $p < 0.001$, difference between groups $p = 0.005$), ASES: 91 and 71 points (dynamics in both groups and difference between groups $p < 0.001$). Minimally invasive approaches compared with open access (nD) showed better functional outcomes according to the DASH scale: nBA vs nD – $p = 0.006$; nMA vs nD – $p = 0.013$ after 6 months, and according to the ASES scale: nBA vs nD – $p = 0.007$; nBA vs nD – $p = 0.002$ after 36 months. An reinsertion methods intragroup analysis revealed the achievement of peak indicators by ≤ 6 weeks without complications in the anatomical variant according to the VAS: nBA vs nMA – $p = 0.264$; DASH: nBA vs nMA – $p = 0.856$; ASES – nBA vs nMA $p = 0.179$.

Conclusion. Comparison within subgroups made it possible to identify the most effective technique – combination of minimally invasive access with an anatomical version of intracanal fixation with a cortical button. This technique has shown to have a low risk of postoperative complications.

Keywords: elbow joint, biceps brachii, lacertus fibrosus, distal tendon, sports medicine, surgical approach, cortical button.

Cite as: Medvedchikov A.E., Anastasieva E.A., Korytkin A.A., Lukinov V.L., Kirilova I.A. [Biceps Brachii Distal Tendon Ruptures: Conservative and Surgical Treatment Outcomes]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):114-125. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1997>.

✉ Evgeniya A. Anastasieva; e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com

Submitted: 04.10.2022. Accepted: 09.12.2022. Published: 16.12.2022.

© Medvedchikov A.E., Anastasieva E.A., Korytkin A.A., Lukinov V.L., Kirilova I.A., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность изучения разрывов дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча (ДСДМП) обусловлена, прежде всего, интенсивным развитием визуализирующих методов инструментальной диагностики и цифрового анализа биомеханики опорно-двигательного аппарата, появлением новых спортивных дисциплин и усложнением технологической среды на современных производствах, стабильным интересом общества к культуризму.

Частота встречаемости разрывов ДСДМП в США составляет от 2,55 до 5,35 клинических случаев на 100 000 населения в год [1]. Как правило, данные травмы являются результатом спонтанного эксцентрического воздействия сил на супинированное предплечье доминантной верхней конечности (86%) в положении 90° сгибания в локтевом суставе [2, 3]. Гендерная модальность практически отсутствует — более 95% обращающихся за специализированной помощью составляют мужчины среднего возраста (46,3 года), задействованные в области ручного труда, военнослужащие, а также профессиональные спортсмены контактных и силовых видов спорта [4, 5]. К числу основных предикторов травмы относят курение, ИМТ ≥ 25 , прием анаболических андрогенных стероидов и статинов, кубартроз, ранее существовавшие тендиозы или мукоидную дегенерацию ДСДМП [6].

В историческом контексте на редкость разрывов ДСДМП указывает тот факт, что за 36 лет, прошедших с публикации А.В. Johnson в 1891 г. первого клинического случая, не последовало ни единого упоминания об этой патологии в научной литературе [7]. Затем Т.М. Biancheri в 1925 г. исследовал частоту и типологию поражения сухожилий двуглавой мышцы плеча (ДМП): 96% были отнесены к разрывам проксимальной длинной головки, 1% случаев сопровождалась провокацией проксимальной короткой головки и, соответственно, отрывы дистального сухожилия составили 3% [8].

В силу редкой встречаемости и отсутствия единых клинико-диагностических алгоритмов большинство регистрируемых повреждений представляют собой полнослойные (авульсивные) разрывы с нарушением костно-сухожильной взаимосвязи лучевой бугристости проксимальной трети диафиза одноименной кости как с наличием фрагмента кортикального слоя, так и без него. Частичные (парциальные) разрывы встречаются реже и включают интерстициальные нарушения, объединенные единым паратеноном короткой и длинной головок. Случай парциального разрыва был опубликован К. Nielsen лишь в 1987 г. [9]. На текущий момент подобные разрывы оцениваются по площади сечения сухожильной ткани методами визуализирующей инструментальной диагностики. Клинические случаи парциаль-

ных разрывов ДСДМП, составляющих менее 50% сечения, имеют положительные перспективы консервативного лечения, а поражения, затрагивающие более 50%, потенциально рассматриваются как показания к хирургическому лечению активных категорий населения. Пристального внимания также заслуживает анатомическая роль *lacertus fibrosus* как динамического стабилизатора ДСДМП, восстановление которого, по последним данным, имеет важное значение для предотвращения рецидивов [10].

Внедрение в клиническую практику визуализирующих методов инструментальной диагностики, таких как МРТ 1,5–3,0 Тл и МСКТ с 3D-реконструкцией, адресных клинических тестов (супинационно-пронационный, тест пассивной пронации предплечья, тест O'Driscoll, тест Ruland, измерение интервала сгибания бицепса и коэффициента складки бицепса, тест на изгиб *lacertus fibrosus*) и клинико-диагностических алгоритмов позволяют врачам точно определять концепцию лечения на догоспитальном этапе [2]. С другой стороны, варибельный набор малоинвазивных опций (double incision доступов, гибкого инструментария) и эволюция кортикальных имплантатов делают хирургию безопаснее, а «анатомическая» классификация L. Perera [11] и «диагностическая» классификация J. Fuente [12] обеспечивают дифференцированный подход при разрывах, сочетанных с *lacertus fibrosus* или выраженной мышечной ретракцией, повышая конечную эффективность метода [13, 14, 15, 16].

Перед началом исследования была определена нулевая гипотеза о сравнительно лучших функциональных результатах после лечения хирургическим методом в зависимости от выбранного доступа к *fossa cubitalis*, способа реинсерции (анатомической и неанатомической) и вида имплантата.

Цель исследования — выявить наиболее эффективный метод лечения больных с разрывом дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено ретроспективное сравнительное когортное исследование историй болезни пациентов, находившихся на лечении в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России и АНО «Клиника ННИИТО» в период с 2012 по 2022 г.

Пациенты

В группу исследования были включены 58 пациентов (все мужчины) с повреждением ДСДМП. Ранжирование по возрасту составило 29–58 лет (43 [34; 51]). Все пациенты первично обращались в Клинико-диагностический центр с жалобами

на боль, экхимозы *fossa cubitalis*, снижение максимальной силы при нагрузках и деформацию брюшка ДМП, ограничение объема движений в травмированном локтевом суставе. Пациенты были разделены на группы в зависимости от вида травмы, срока ее давности, вида проведенного лечения.

По виду травмы пациенты регистрировались в базе данных как спортивная, бытовая и при выполнении физического труда. По давности травмы и соответствующим патогенезу воспалительным изменениям были условно определены сроки обращения к специалисту: 1) воспалительных изменений <21 сут.; 2) дегенеративных изменений >21 сут. и 3) патологических изменений 12 недель.

Основная когорта пациентов была разделена на две группы по концепции лечения, а хирургическая группа была также разделена на три подгруппы по хирургическим доступам и способам реинсерции. Пациенты группы хирургического лечения были разделены на подгруппы в зависимости от вида используемого имплантата с целью проведения внутрigrуппового анализа прочностных свойств фиксации и уровня послеоперационных осложнений (рис. 1).

Обследование пациентов

Согласно предварительно определенному алгоритму выбора тактики лечения при разрывах ДСДМП, пациентам проводились физикальные

тесты: O’Driscoll, Ruland, супинационно-пронационный, сравнительный изокинетический (ДК-100 кистевой динамометр), проводились измерения интервала сгибания бицепса, рассчитывался коэффициент складки бицепса. С целью определения объема повреждения сухожилия, измерения проксимального радио-ульнарного пространства (ПРУП), провокации *lacertus fibrosus* и степени жировой дегенерации ДМП в 49 (84,5%) случаях выполнялась сравнительная УЗ-диагностика локтевых суставов волярным/тыльным доступами и в 10 случаях (15,5%) — МРТ локтевого сустава 1,5–3,0 Тл (рис. 2). В 2 (3,4%) случаях при подозрении на нейропатию проводилась электронейромиография.

В качестве контрольного инструментального исследования после лечения было выбрано УЗИ травмированного и интактного локтевых суставов волярным и тыльным доступами в 52 (89,6%) случаях ввиду его доступности. Отсутствие вторичного повреждения и мышечной ретракции ДМП расценивалось как положительный результат лечения. Послеоперационные осложнения были внесены в базу данных и структурированы в четыре показателя для межгруппового анализа на 30-й и 90-й дни: гетеротопическая оссификация, нейропатия, тугоподвижность (десмогенная контрактура), гипотрофия мышц. При этом относительные величины, характеризующие частоту встречаемости или доли, выражали в процентах.



Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования

Fig. 1. Study flowchart

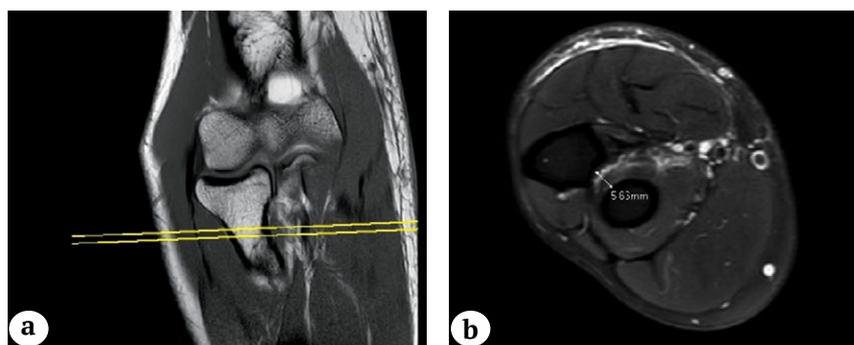


Рис. 2 (а, б). Пример измерения ПРУП при разрыве ДСДМП: а, б — МРТ (уровень средней трети “foot-print” лучевой бугристости)

Fig. 2. Radio-ulnar space measurement example during appointment of patient with the distal biceps brachii tendon rupture: а, б — MRI (the middle third level of the “foot-print” of radial tuberosity)

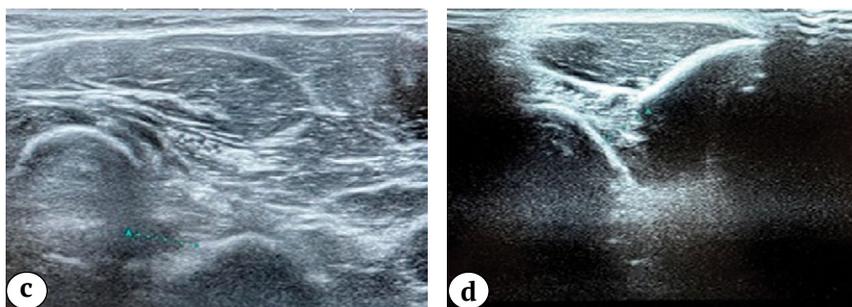


Рис. 2 (с, d). Пример измерения ПРУП при разрыве ДСДМП: с, d — УЗИ (волярный и тыльный доступы в положении пронации и супинации предплечья)
Fig. 2. Radio-ulnar space measurement example during appointment of patient with the distal biceps brachii tendon rupture: с, d — US (volar and dorsal accesses in pronation and supination positions of the forearm)

Оценка результатов

Для оценки полученных результатов использовались функциональные шкалы VAS, DASH и ASES. Дополнительно степень мышечной ретракции ДМП и вовлеченности *lacertus fibrosus* сравнивались с вышеуказанными классификациями L. Perera и J. Fuente.

Консервативное лечение

Консервативное лечение проводилось в 20 случаях только при парциальных разрывах (менее 50% площади сухожильного сечения, которые были выявлены методами УЗД или МРТ) без мышечной ретракции 0–1 ст. по классификации L. Perera. В Nc группу вошли пациенты моложе 30 и старше 60 лет, занимающиеся интеллектуальным трудом, с высоким индексом коморбидности (Charlson ≥ 3 баллов), наличием выраженного остеопороза по данным денситометрии (Т-критерий $\geq -2,5$), а также с длительным приемом кортикостероидов или иной гормональной терапией.

Пациентам назначался ортопедический режим (ограничение ротации, флексии/экстензии, силовые нагрузки после 6 нед.), иммобилизация sling-повязкой или стабилизирующим вариантом кинезиотейпа. При выраженном отеке с 1-го по 14-й день пациентам проводилась криотерапия аппаратом Kryotur (TUR Therapietechnik GmbH, Германия). С 2018 г. в 8 (40%) случаях применялся метод клеточной регенерации путем введения обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP — Platelet Rich Plasma) по ходу пальпируемого ДСДМП. Через 3 нед. назначались нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), индивидуальная кинезиотерапия с потенцированием нагрузок и физиотерапевтические процедуры [17].

Хирургическая техника

Показанием к оперативному лечению служили наличие характерной травмы в анамнезе, не менее двух положительных адресных клинических тестов (Ruland, O'Driscoll, сравнительный кинетический тест ДК-100) и разрыв ДСДМП, подтвержденный одним и более инструментальным методом диагностики.

В группе Ns 38 пациентам с полным разрывом и любой степенью мышечной ретракции ДМП потребовалось восстановление “foot-print” обеих головок сухожилия хирургическими доступами Dobbie, Boyd–Anderson или малоинвазивным передним доступом (передний “double incision” доступ) в сочетании с переменными имплантатами: анкерные фиксаторы — 4 (10%) случая, кортикальная пуговица — 30 (79%), комбинация кортикальной пуговицы и интерферентного винта — 3 (8%) и лигатурный тип — 1 (2%).

Послеоперационное ведение пациентов

Программа реабилитации оперированных пациентов подразумевала иммобилизацию sling-повязкой до снятия швов с последующим кинезиотейпированием в стабилизирующем варианте, ранние пассивные (с 2-й нед. Kinetec Centura) и активные движения (с 4-й нед.) в локтевом и плечевом суставах, ограничение осевой и тракционной нагрузки (турник, брусья) на верхнюю конечность в течение 12 нед., физиотерапию (криотерапия с 1-го по 7-й день, электромиостимуляцию бицепса/трицепса и дельтовидной мышцы после достижения симметричного объема движений), НПВП, ручную кинезиотерапию.

В позднем послеоперационном периоде (8–12 нед.) проводили занятия в бассейне и ЛФК с инструктором, используя гантели от 1 кг с еженедельным повышением нагрузок. Достижение симметричной функции при сравнительном осмотре обоих локтевых суставов по параметрам гониометрии, динамометрии (ДК-100) и функциональных шкал наблюдалось в пределах 6–12 нед. с момента операции.

Статистический анализ

Эмпирические распределения непрерывных показателей возраста, сроков госпитализации, длительности нетрудоспособности, баллов по VAS, DASH и ASES исследовались в группах на согласие с законом нормального распределения с применением критерия Шапиро–Уилка. Сопоставимость дисперсий проверялась с использованием F-критерия Фишера. Только сроки госпитализации и

нетрудоспособности оказались нормально распределенными, поэтому сравнение непрерывных показателей проводилось с использованием непараметрических критериев. Для сравнения показателей между группами в одной временной точке применялся U-критерий Манна–Уитни, сравнение динамики показателей внутри групп между временными точками проводилось с применением критерия Уилкоксона. Нормально распределенные показатели описывались как среднее \pm стандартное отклонение — $M \pm SD$, распределенные ненормально — в виде медианы — Me ($Q1$; $Q3$). Бинарные показатели количества событий описывались в виде числа событий и процента от размера группы — n (%). Для категориальных показателей степеней мышечной ретракции ДМП приводилось число пациентов с каждой степенью и процент от общего количества — n (%). Бинарные и категориальные показатели сравнивались между группами с использованием точного двустороннего критерия Фишера. Динамика бинарных показателей сравнивалась с использованием критерия Мак-Немара. Для всех достигнутых p -уровней при необходимости (при сравнении более двух групп и степеней мышечной ретракции ДМП) сделана поправка на множественные сравнения методом Бенджамини–Хохберга. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p = 0,05$, т.е. различие считалось статистически значимым при $p < 0,05$.

Все статистические расчеты проводились в программе RStudio (версия 2021.09.2 Build 382 — © 2009–2022 RStudio, Inc., США) на языке R (версия 4.0.2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

На контрольный осмотр через 6 и 36 мес. явились 52 (90%) пациента групп Nc и Ns. Шесть (10%) пациентов прийти не смогли, однако каждый из них сообщил в ходе онлайн-переписки о субъективном хорошем результате лечения и прошел тестирование по опросникам VAS, DASH через 6 мес. и ASES 36 мес. с обязательной регистрацией показателей в базе данных исследования.

Распределение пациентов по возрасту и виду травмы представлено на рисунке 3.

Пациентов с травмой ДСДМП, обратившихся в первые 3 нед., оказалось больше — Nc = 18 (90%) и Ns = 20 (53%), ($p = 0,008$) в сравнении с теми, кто обратился через 3–6 нед. — Nc = 2 (10%) и Ns = 10 (26%), ($p = 0,187$) и 12 нед. — Nc = 0 (0%), Ns = 8 (21%), ($p = 0,041$) соответственно.

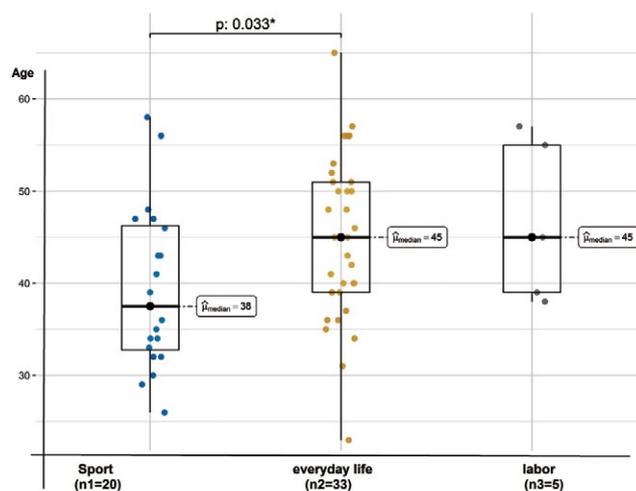


Рис. 3. Корреляция возраста пациентов с видом травмы: n1 — спортивная; n2 — бытовая; n3 — производственная

Fig. 3. Age parameters of the patients, depending on the type of the injury: n1 — sport; n2 — everyday life; n3 — industrial accident

Степень мышечной ретракции ДМП оценивалась по результатам УЗИ или МРТ, затем сверялась с классификациями Perera и Fuente:

- 0 ст. — Nc = 12 (60%); Ns = 0 (0%), $p < 0,001$;
- 1 ст. — Nc = 6 (30%); Ns = 13 (34%), $p > 0,999$;
- 2 ст. — Nc = 0 (0%); Ns = 11 (29%), $p = 0,011$;
- 3 ст. — Nc = 2 (10%); Ns = 14 (37%), $p = 0,035$.

В единственном клиническом случае сочетание факторов давности травмы (>12 нед.) и высокой степени мышечной ретракции (3 ст.) потребовало применения техники с использованием аутотрансплантата*.

В ходе анализа результатов контрольных УЗИ и МРТ с замерами ПРУП и объема остеоинтеграции зоны «сухожилие-кость» оперированных больных в подгруппах nD, nBA и nMA была предложена комбинация, сочетающая малоинвазивный передний доступ “double incision” с минимальным контактом с нейровазальными структурами и модифицированный способ фиксации кортикальной пуговицей [18, 19]. Наш вариант подразумевал прошивание сухожильной культи плетеной нерассасывающейся лентой, формирование «скользящей петли» в кортикальной пуговице, считающийся «эталонным» по показателям степени жесткости и биомеханики, что важно, учитывая возможность повторной травмы локтевого сустава у молодых пациентов, занимающихся спортом [15] (рис. 4).

* Патент на изобретение 2745408 C1. Способ хирургического лечения застарелого и повторного разрыва дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча / Медведчиков А.Е., Кирилова И.А., Анастасиева Е.А. — Заявка № 2020122309 от 30.06.2020; Опубл. 24.03.2021, Бюл. №9.

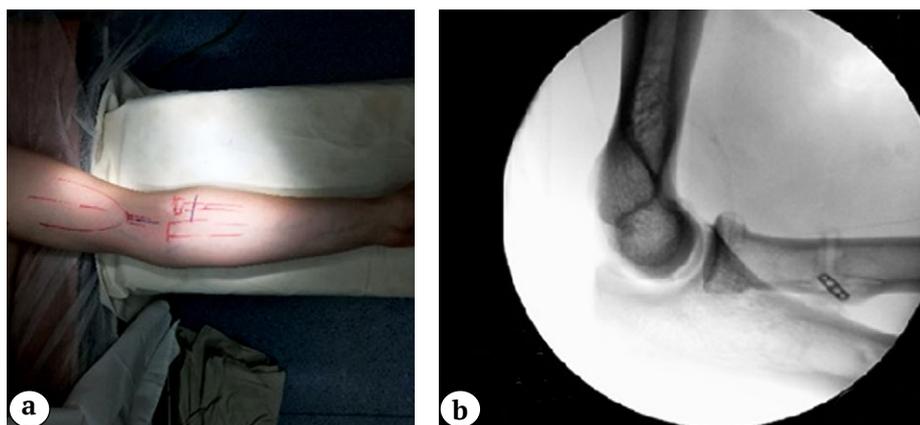


Рис. 4. Пациент 41 года, группа Ns, подгруппа nMA: а – планирование доступа; б – интраоперационный рентген-контроль

Fig. 4. Patient 41 y.o., Ns group, nMA: а – planning of surgical approach; б – intraoperative X-ray control

Послеоперационный период в 38 случаях протекал без септических осложнений. Средний срок госпитализации составил 2,5 койко-дня. Длительность нетрудоспособности у пациентов интеллектуального труда составила $33,5 \pm 0,5$ дней, у физически активных пациентов или спортсменов – $45,5 \pm 0,71$ дней.

Оценка результатов лечения всех 58 пациентов была выполнена через 6 мес. по шкалам VAS, DASH и через 36 мес. по шкале ASES и показала снижение выраженности боли до ≤ 1 балла. Показатели по DASH в группах Ns и Nc снизились до 21 и 43 баллов ($p < 0,001$), разница между группами через 6 мес. была статистически значимой ($p = 0,005$) (рис. 5). Показатели по ASES составили 91 и 71 балл ($p < 0,001$), что подтверждает нулевую гипотезу о лучших функциональных результатах после хирургической реинсерции ДСДМП (рис. 6).

Внутри подгрупп с различными хирургическими доступами, способами анатомической и неанатомической реинсерции (38 оперированных пациентов) результаты составили:

- по VAS через 6 мес.: nD снизились с 6 до 2 баллов ($p = 0,022$); nBA с 6,5 до 1 балла ($p = 0,001$); nMA с 6 до 0 баллов ($p < 0,001$);
- по шкале DASH: nD с 76 до 31 баллов ($p = 0,022$); nBA с 71 до 17 баллов ($p = 0,001$); nMA с 74 до 14 баллов ($p < 0,001$);
- по шкале ASES через 36 мес.: nD с 37 до 79 баллов ($p = 0,016$); nBA с 38 до 91 баллов ($p = 0,001$); nMA с 31 до 94 баллов ($p < 0,001$).

Эти показатели отражают влияние хирургического доступа и способа реинсерции ДСДМП на функциональное состояние кинематики локтевого сустава в средне- и долгосрочной перспективах.

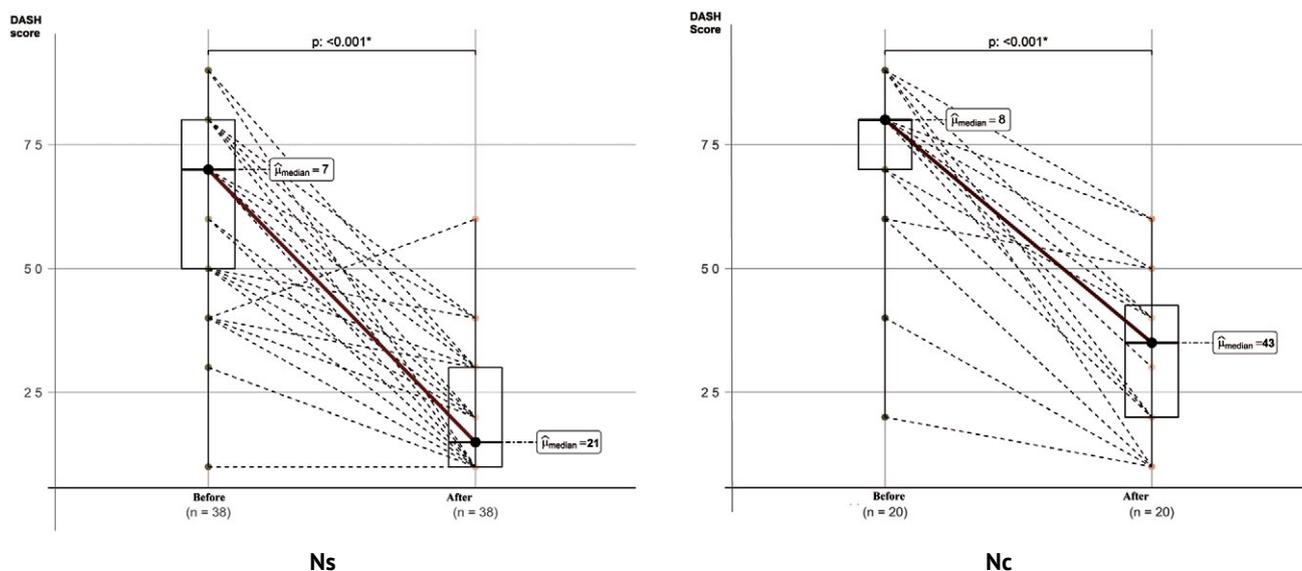


Рис. 5. Результаты лечения в группах Ns и Nc по шкале DASH через 6 мес., баллы
Fig. 5. Treatment outcomes in Ns and Nc groups using DASH in 6 month, scores

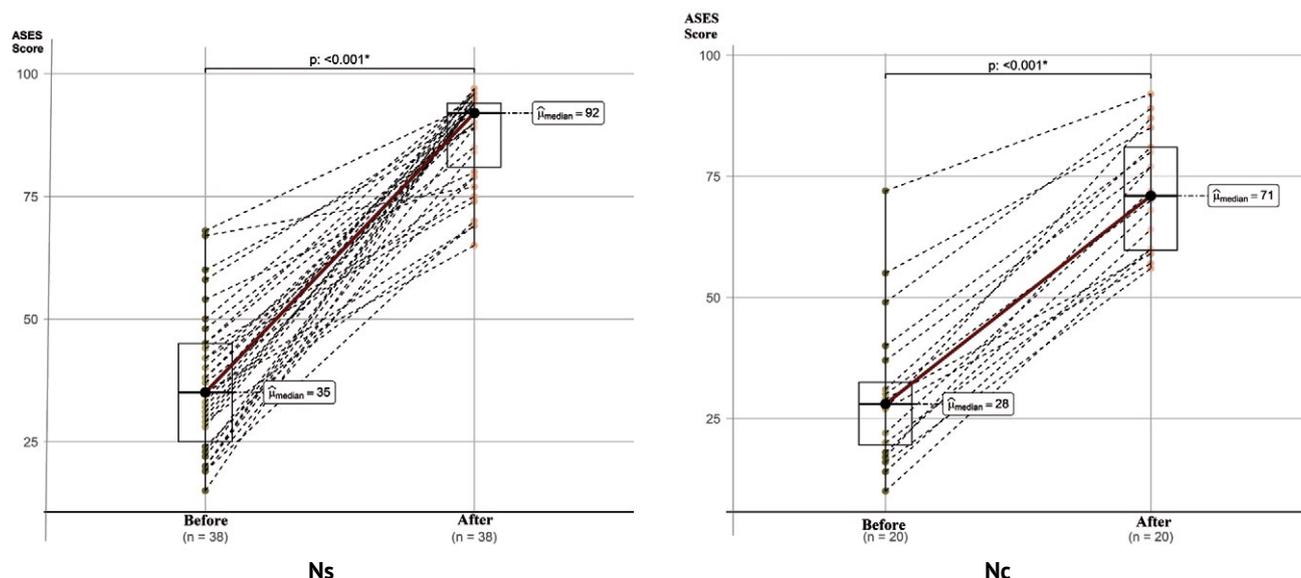


Рис. 6. Результаты лечения в группах Ns и Nc по шкале ASES через 36 мес., баллы

Fig. 6. Treatment outcomes in Ns and Nc groups using ASES in 36 month, scores

При статистическом анализе данных через 6 мес. после операции малоинвазивные доступы показали лучшие функциональные результаты в сравнении с открытым вариантом:

DASH: nBA vs nD — $p = 0,006$; nMA vs nD $p = 0,013$;
 ASES: nBA vs nD — $p = 0,007$; nBA vs nD $p = 0,002$.

Сравнивая между собой nMA и nBA, мы отмечали малозначимые отличия только спустя 36 мес.

Из 31 малоинвазивной операции было зарегистрировано 14 (37%) неанатомических реинсерций ДСДМП. Независимо от вида имплантата у этих пациентов было выявлено наличие какого-либо осложнения (тугоподвижность, кубартроз, сино-стозирование ПРУП, остаточный болевой синдром) и сомнительные перспективы скорого возвращения к спортивной и трудовой активности, достигая пиковых функциональных показателей при сравнительной морфометрии (гониометрия, ДК-100) через 9–12 нед. Соответственно, было выполнено 17 (45%) операций с анатомической реинсерцией ДСДМП. Результаты по вышеобозначенным показателям:

VAS: nBA vs nMA — $p = 0,264$;
 DASH: nBA vs nMA — $p = 0,856$;
 ASES: nBA vs nMA — $p = 0,179$.

Мы выявили достижение пиковых показателей при сравнительной морфометрии (гониометрия, ДК-100) и готовности к физическому труду, а также к спортивным тренировкам к сроку ≤ 6 нед. без вышеуказанных негативных явлений.

Осложнения

Наличие осложнений в группе Ns оценивалось на 30-е и 90-е сут. после операции, после чего был проведен межгрупповой анализ (табл. 1).

Транзиторная нейропатия латерального кожного нерва предплечья, выявленная клинически и по данным ЭНМГ в первые 30 дней, была полностью купирована после назначения ипидакрина гидрохлорида к 90-му дню. Гипотрофия мышц определялась по морфометрии, динамометрии ДК-100 и разрешена после электромиостимуляции по истечении 30 дней. Тугоподвижность локтевого сустава оценивалась с помощью гониометрии и была устранена после назначения

Таблица 1

Послеоперационные осложнения в подгруппах хирургических доступов в сроки до 30 дней

Осложнение	Подгруппа		
	nD	nBA	nMA
Транзиторная нейропатия латерального кожного нерва предплечья	0 (0%)	2 (14%)	0 (0%)
Гипотрофия мышц	7 (100%)	7 (50%)	7 (41%)
Десмогенная контрактура	7 (100%)	5 (36%)	5 (29%)
Гетеротопическая оссификация	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)

последовательной аппаратной механотерапии (Kinetec Centura), затем ручной кинезиотерапии к 90-му дню. У оперированных пациентов гетеротопическая оссификация диагностировалась по данным МРТ и сохранялась весь период исследования.

Повреждения заднего межкостного нерва (PIN) выявлены не были. Метод открытого хирургического доступа по Dobbie имеет высокие риски развития кратко- и среднесрочных осложнений (>90 сут.), в то время как малоинвазивный вариант по Boyd–Anderson в двух наблюдениях сопровождался транзиторной нейропатией.

Через 6 мес. после лечения 52 (89,6%) пациентам групп Ns и Nc было выполнено УЗИ травмированного и интактного локтевых суставов волярным и тыльным доступами ввиду его доступности. Остальным 6 (10,4%) пациентам по их собственному желанию было выполнено МРТ. Во всех случаях отсутствовали мышечная ретракция ДМП, признаки тендиноза, мукоидная дегенерация сухожилия. Рецидивов разрыва ДСДМП в период с 2012 по 2022 г. зарегистрировано не было.

ОБСУЖДЕНИЕ

Концепции лечения разрывов ДСДМП варьируются в зависимости от сроков давности травмы, площади поражения сухожилия, наличия морфологических девиаций локтевого сустава (гетеротопическая оссификация, кубартроз, нейропатия), индекса коморбидности и функциональных запросов пациента и делятся на консервативную и хирургическую [2, 5, 11, 14, 20, 21]. Редкость нозологической формы и отсутствие единых клинико-диагностических алгоритмов лечения побудило нас к проведению исследования, охватившего период в десять лет. По нашему мнению, парциальные разрывы менее 50% поперечного сечения ДСДМП, выявленные методами УЗИ или МРТ у пациентов в возрасте моложе 30 или старше 60 лет, занимающихся интеллектуальным трудом, со сроками давности менее 3 нед. и без мышечной ретракции, могут хорошо поддаваться консервативному лечению. В этих случаях можно ожидать снижения максимальной силы супинации в среднем на 40% (26–60%), а максимальной силы сгибания — в среднем на 20% (0–40%). В исследовании Y. Tomizuka с соавторами, выполненном на 86 кадаверных моделях с разрывами более 50% толщины ДСДМП, сообщается о 76% неудач при циклических нагрузках на локтевой сустав; вероятно, в клинической практике подобных случаях получили бы лучшие функциональные результаты при использовании альтернативного метода [22].

Анатомические и МРТ-исследования показывают расширение нативного ДСДМП области лучевой бугристости от $\pm 5,3$ мм до $\pm 19,4$ мм сухожильно-

мышечного перехода со средней длиной сухожилия 69 мм. Зона прикрепления к кости сухожилия имеет переменные параметры длины 14–21 мм и ширины (2–10 мм), а также С-образную конфигурацию [3, 23, 24]. В момент перемещения предплечья из положения супинации в положение пронации происходит сужение на ПРУП $\leq 45\%$, что приводит к механическому импиджменту ДСДМП без статического и динамического усилия окружающих мышц, являясь первичной причиной разрыва единичных сухожильных волокон. Средние показатели ПРУП в нейтральном положении составляют $8,8 \pm 4,0$ мм, пронации — $7,8 \pm 3,9$ мм, делая зону «проблематичной» при выборе метода реинсерции [3].

Гистопатологические исследования травмированной зоны показывают в культе сухожилия и лучевой бугристости повышенное содержание протеогликанов, коллагена типа III, матриксной металлопептидазы-1 и матриксной металлопептидазы-3, дезорганизованное расположение волокон, что может указывать на ранее перенесенный бурсит или тендинопатию [25]. В совокупности динамическое изменение ПРУП и сложность анатомии области прикрепления при циклических нагрузках способствуют формированию зоны гиповаскуляризации и гипоксигенации тканей ДСДМП, что является вторичной причиной дегенеративного разрыва [24, 25]. Таким образом, хирургам следует избегать наложения позиционирования культы сухожилия, которое характерно для методов с использованием анкерных и лигатурных фиксаторов как при первичной, так и при ревизионной реинсерции [15, 26].

Благодаря тщательному изучению нейроваскулярной архитектоники *fossa cubitalis* и цифровому анализу биомеханики локтевого сустава (динамические изменения ПРУП) независимо от способа реинсерции и вида имплантата, хирургическое лечение открытым или малоинвазивным доступом приводит к высокой степени субъективной удовлетворенности пациентов, низкому уровню боли и отличным функциональным результатам [27]. Однако, несмотря на оптимизм, метод имеет 25% частоту общих послеоперационных осложнений, 4,6% из которых носят серьезный характер (нейропатия, PIN, LABCN, повторный разрыв сухожилия, синостозирование ПРУП и т.п.) [6].

Критической оценке были подвергнуты общепринятый волярный доступ к *fossa cubitalis* по Dobbie, а также наиболее распространенный из известных нам малоинвазивных доступов — доступ по Boyd–Anderson [2, 6, 16]. Оба в сочетании с наложением позиционированием ретрагированного ДСДМП не дают прочной фиксации, повышают риски контакта с нейроваскулярными структурами (PIN/LABCN и т.д.) и в конечном итоге ведут

к неудовлетворительным результатам [28]. Также в нашей клинической практике была выявлена техническая сложность использования кортикальной пуговицы из доступа Boyd–Anderson, разработанного для лигатурной фиксации после проведения сухожилия через межкостную мембрану предплечья. Поэтому у 37% пациентов была выполнена транспозиция сухожилия согласно технологии и формирование каналов на латеральной поверхности диафиза лучевой кости.

Соотношение хирургических доступов, способов реинсерции и видов имплантатов как возможных предикторов повторного разрыва, а также анализ роли остеоинтеграции области прикрепления лучевой бугристости в течение десятилетнего исследования позволил нам выделить наиболее эффективную методику анатомической реинсерции ДСДМП, сочетающую малоинвазивные принципы и высокий уровень интраканального контакта «сухожилие-кость». Нетривиальный подход данного метода критически снижает риски развития осложнений в виде рецидива, синостозирования ПРУП, гетеротопической оссификации и десмогенной контрактуры локтевого сустава у пациентов, занимающихся физическим трудом, или спортсменов на пике карьеры в сроки 30 и 90 дней. Пациенты, оперируемые с использованием данного метода, способны показать сравнительно лучшие функциональные результаты в сроки от 6 до 36 мес. после лечения. Результаты хирургического лечения 38 пациентов с разрывом ДСДМП, полученные за время исследования, в целом не имеют расхождений с данными литературы по этому вопросу и побуждают авторов к дальнейшему поиску решений по снижению количества и тяжести послеоперационных осложнений, разра-

ботке иных методов фиксации, сокращению сроков реабилитации.

Ограничения исследования

В проведенное исследование было включено небольшое количество пациентов, что обусловлено редкостью нозологической формы и могло повлиять на результаты. Сравнительный анализ результатов проводился на собственном клиническом материале в пределах одной клинической базы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Улучшение результатов лечения пациентов с разрывом ДСДМП возможно при адекватно выбранном методе лечения с учетом срока давности травмы, площади поражения сухожилия, потребности пациента в физической активности, рисков хирургического вмешательства и предикторов неблагоприятных исходов. Консервативное лечение актуально в случаях парциальных разрывов у пациентов интеллектуального труда и пожилого возраста, в то время как современные малоинвазивные вмешательства с короткими сроками реабилитации более подходят для активных категорий пациентов. Сравнение хирургических доступов, способов реинсерции и видов имплантатов позволило выделить наиболее эффективную методику. Комбинацию малоинвазивного доступа с вариантом интраканальной фиксации кортикальной пуговицей отличают анатомичность, прочность, простота выполнения, что в совокупности позволяет снизить количество осложнений по сравнению с общепринятыми методами лечения, а также дает возможность повысить качество жизни пациента в непродолжительные сроки.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Медведчиков Артем Евгеньевич — концепция и дизайн исследования; сбор, анализ и интерпретация данных, написание и редактирование статьи.

Анастасьева Евгения Андреевна — сбор, анализ и интерпретация данных, редактирование статьи.

Корыткин Андрей Александрович — редактирование статьи.

Лукинов Виталий Леонидович — анализ, интерпретация, статистическая обработка данных, редактирование статьи.

Кирилова Ирина Анатольевна — редактирование статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

DISCLAIMERS

Author contribution

Medvedchikov A.E. — conception and design of the study, collection and processing of data, writing and editing the draft.

Anastasieva E.A. — collection and processing of data, text editing.

Korytkin A.A. — text editing.

Lukinov V.L. — collection and statistical processing of data, text editing.

Kirilova I.A. — text editing.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Источник финансирования. НИР выполнена в рамках государственного задания № 122032200266-8.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов участие в исследовании и публикацию его результатов.

Funding source. State budgetary.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Kelly M.P., Perkinson S.G., Ablove R.H., Tueting J.L. Distal Biceps Tendon Ruptures: An Epidemiological Analysis Using a Large Population Database. *Am J Sports Med.* 2015;43(8):2012-2017. doi: 10.1177/0363546515587738.
- Albishi W., Agenor A., Lam J.J., Elmaraghy A. Distal Biceps Tendon Tears: Diagnosis and Treatment Algorithm. *JBJS Rev.* 2021;9(7). doi: 10.2106/JBJS.RVW.20.00151.
- Rausch V., Krieter J.P., Leschinger T., Hackl M., Scaal M., Müller L.P. et al. The Radioulnar Distance at the Level of the Radial Tuberosity. *Clin Anat.* 2020;33(5):661-666. doi: 10.1002/ca.23483.
- Jockel C.R., Mulieri P.J., Belsky M.R., Leslie B.M. Distal biceps tendon tears in women. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(5):645-650. doi: 10.1016/j.jse.2010.01.015.
- Грицюк А.А., Кокорин А.В., Сметанин С.М. Разрыв дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча: современные представления об этиопатогенезе и лечении. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2016;(2):42-48.
Gritsyuk A.A., Kokorin A.V., Smetanin S.M. [Rupture of the distal biceps tendon: current views on the etiopathogenesis and treatment]. *Kafedra Travmatologii i ortopedii* [Department Traumatology and Orthopedics]. 2016;(2):42-48. (In Russian).
- Goedderz C., Plantz M.A., Gerlach E.B., Arpey N.C., Swiatek P.R., Cantrell C.K. et al. Determining the incidence and risk factors for short-term complications following distal biceps tendon repair. *Clin Shoulder Elb.* 2022;25(1):36-41. doi: 10.5397/cise.2021.00472.
- Johnson A.B. Avulsion of biceps tendon from the radius. *NY Mtd J.* 1897;(1):261-262.
- Biancheri T.M. Sulla rottura sottocutanea del bicipite brachiale. *Chir Organi Mov.* 1925;9:580-602.
- Nielsen K. Partial rupture of the distal biceps brachii tendon. A case report. *Acta Orthop Scand.* 1987;58(3):287-288. doi: 10.3109/17453678709146488.
- Midtgaard K.S., Hallgren H.B., Frånlund K., Gidmark F., Søreide E., Johansson T. et al. An intact lacertus fibrosus improves strength after reinsertion of the distal biceps tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(7):2279-2284. doi: 10.1007/s00167-019-05673-2.
- Perera L., Watts A.C., Bain G.I. Distal Biceps and Triceps Tendon Ruptures. *Oper Elbow Surg.* 2012;555-572. doi: 10.1016/b978-0-7020-3099-4.00037-0.
- de la Fuente J., Blasi M., Martínez S., Barceló P., Cachán C., Miguel M. et al. Ultrasound classification of traumatic distal biceps brachii tendon injuries. *Skeletal Radiology.* 2018;47(4):519-532. doi: 10.1007/s00256-017-2816-1.
- Борзых А.В., Борзых Н.А. Лечение разрыва дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча у спортсменов. *Травма.* 2013;14(4):30-32.
- Borzykh A.V., Borzykh N.A. [Treatment of distal biceps tendon rupture in athletes]. *Травма* [Trauma]. 2013;14(4):30-32. (In Russian).
- Kruger N., Phadnis J., Bhatia D., Amarasooriya M., Bain G.I. Acute distal biceps tendon ruptures: anatomy, pathology and management-state of the art. *J ISAKOS.* 2020;5(5):304-313. doi: org/10.1136/jisakos-2019-000279.
- Bellringer S.F., Phadnis J., Human T., Redmond C.L., Bain G.I. Biomechanical comparison of transosseous cortical button and Footprint repair techniques for acute distal biceps tendon ruptures. *Shoulder Elbow.* 2020;12(1):54-62. doi: 10.1177/1758573218815312.
- Каплунов О.А., Некрасов Е.Ю., Хусаинов Х.Х. Миниинвазивная реинсерция дистального сухожилия бицепса плеча методикой endo-button (предварительное сообщение). *Медицина экстремальных ситуаций.* 2018;20(4):527-532.
Kaplunov O.A., Nekrasov E.Yu., Khusainov Kh.Kh. [Miniinvasive reinsertion of the distal biceps tendon of the shoulder by the endo-button technology (preliminary report)]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii* [Medicine of Extreme Situations]. 2018;20(4):527-532. (In Russian).
- Медведчиков А.Е., Анастасиева Е.А., Куляев Д.А., Кирилова И.А. Реабилитация пациента после хирургического лечения авульсионного разрыва дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2021;98(3):53-59. doi: 10.17116/kurort20219803153.
Medvedchikov A.E., Anastasieva E.A., Kulyaev D.A., Kirilova I.A. [Rehabilitation of patients after surgical treatment of avulsion rupture of the distal biceps brachial tendon]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury* [Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy]. 2021;98(3):53-59. (In Russian). doi: 10.17116/kurort20219803153.
- Amarasooriya M., Bain G.I., Roper T., Bryant K., Iqbal K., Phadnis J. Complications After Distal Biceps Tendon Repair: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2020;48(12):3103-3111. doi: 10.1177/0363546519899933.
- Bain G.I. Repair of Distal Biceps Tendon Avulsion With the Endobutton Technique. *Tech Shoulder Elbow Surg.* 2002;3(2):96-101. doi: 10.1097/00132589-200206000-00005.
- Roffman C.E., Buchanan J., Allison G.T. Charlson Comorbidity Index. *J Physiother.* 2016;62(3):171. doi: 10.1016/j.jphys.2016.05.008.
- Pouresmaeili F., Kamalideghan B., Kamarehei M., Goh Y.M. A comprehensive overview on osteoporosis and its risk factors. *Ther Clin Risk Manag.* 2018;14:2029-2049. doi: 10.2147/TCRM.S138000.

22. Tomizuka Y., Schmidt C.C., Davidson A.J., Spicer C.S., Smolinski M.P., Mauro R.J. et al. Partial distal biceps avulsion results in a significant loss of supination force. *JBJS*. 2021;103(9):812-819. doi: 10.2106/JBJS.20.00445.
23. Beeler S., Hecker A., Bouaicha S., Meyer D.C., Wieser K. Indirect markers for length adjustment in distal biceps tendon allograft reconstruction. *PLoS One*. 2021;16(9):e0257057. doi: 10.1371/journal.pone.0257057.
24. Bhatia D.N., Kandhari V., DasGupta B. Cadaveric Study of Insertional Anatomy of Distal Biceps Tendon and its Relationship to the Dynamic Proximal Radioulnar Space. *J Hand Surg Am*. 2017;42(1):e15-e23. doi: 10.1016/j.jhssa.2016.11.004.
25. Fredberg U., Stengaard-Pedersen K. Chronic tendinopathy tissue pathology, pain mechanisms, and etiology with a special focus on inflammation. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(1):3-15. doi: 10.1111/j.1600-0838.2007.00746.x.
26. Шулепов Д.А., Салихов М.Р., Злобин О.В., Коган П.Г. Результаты анатомической реинсерции дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча с использованием малоинвазивной системы фиксации Biceps Repair System. В кн.: *Современные достижения травматологии и ортопедии*. 2018:298-302. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39971194>.
- Shulepov D.A., Salikhov M.R., Zlobin O.V., Kogan P.G. Results of anatomical reinsertion of the distal tendon of the biceps brachii using a minimally invasive fixation system Biceps Repair System. In: *Sovremennyye dostozheniya travmatologii i ortopedii* [Modern Achievements of Traumatology and Orthopedics]. 2018:298-302. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39971194>. (In Russian).
27. Carrazana-Suarez L.F., Cooke S., Schmidt C.C. Return to Play After Distal Biceps Tendon Repair. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2022;15(2):65-74. doi: 10.1007/s12178-022-09742-x.
28. Bajwa A., Simon M.J.K., Leith J.M., Moola F.O., Goetz T.J., Lodhia P. Surgical Results of Chronic Distal Biceps Ruptures: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med*. 2022;10(1):23259671211065772. doi: 10.1177/23259671211065772.

Сведения об авторах

✉ Анастасиева Евгения Андреевна
Адрес: Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17
<https://orcid.org/0000-0002-9329-8373>
e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com

Медведчиков Артем Евгеньевич
<http://orcid.org/0000-0002-1271-9026>
e-mail: medikea@mail.ru

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Лукинов Виталий Леонидович — канд. физ.-мат. наук
<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>
e-mail: vitaliy.lukinov@sci-boost.com

Кирилова Ирина Анатольевна — д-р мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>
e-mail: irinakirilova71@mail.ru

Authors' information

✉ Evgeniya A. Anastasieva
Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-9329-8373>
e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com

Artem E. Medvedchikov
<http://orcid.org/0000-0002-1271-9026>
e-mail: medikea@mail.ru

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Vitaliy L. Lukinov — Cand. Sci. (Phys.-Mat.)
<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>
e-mail: vitaliy.lukinov@sci-boost.com

Irina A. Kirilova — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>
e-mail: irinakirilova71@mail.ru



Результаты лечения адгезивного капсулита плечевого сустава с применением обогащенной тромбоцитами плазмы и нуклеотидных препаратов: сравнительное исследование

А.В. Лычагин, В.Б. Богатов, Е.Ю. Целищева, А.В. Музыченков

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет)», г. Москва, Россия

Актуальность. Внутрисуставные инъекции аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP — platelet rich plasma), которая является естественным биологическим стимулятором и воздействует на различные звенья регенеративного процесса, часто используются при лечении адгезивного капсулита. Другим направлением в использовании репаративного потенциала биополимеров стало применение полинуклеотидов (PN — polynucleotide), которые благодаря своему действию на фибробласты способны стимулировать процессы регенерации при адгезивном капсулите.

Целью данного исследования стала оценка клинической эффективности внутрисуставного применения аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы и препарата на основе полинуклеотида в комплексной терапии адгезивного капсулита плечевого сустава в зависимости от стадии заболевания.

Материал и методы. Выполнено проспективное когортное исследование, в которое было включено 42 пациента в возрасте от 47 до 60 лет с диагнозом «адгезивный капсулит». Длительность заболевания варьировала от 3 мес. до 5 лет. Пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от стадии заболевания на момент обращения: 24 пациента с первой стадией заболевания (группа АК1) и 18 пациентов — со второй стадией (АК2). Обе группы были разделены на две подгруппы пациентов, в каждой из которой вводились PRP или PN. Результаты оценивались через 1 нед., 1 мес., 3 мес. после начала лечения. Оценку результатов купирования болевого синдрома проводили с применением визуально-аналоговой шкалы (ВАШ). Изменение качества жизни пациентов и функции плечевого сустава оценивали с помощью опросника для оценки функции верхней конечности DASH и упрощенной шкалы тестов плеча SST (Simple scale test).

Результаты. Применение PRP позволило добиться уменьшения болевого синдрома вне зависимости от стадии заболевания. В группе АК1 отмечалось прогрессивное снижение болевого синдрома по ВАШ с 80 до 45 баллов в течение первых 7 дней после начала лечения. У пациентов группы АК2, наоборот, отмечалось некоторое усиление боли к концу 1-й нед., что связано с нарастающей физической активностью больных. В группе пациентов, лечившихся с использованием PN, у всех отмечался регресс боли уже после первой инъекции. У 20% пациентов уменьшение боли наступало уже через 24–36 ч. после начала лечения. У 2 (10%) больных отмечалось усиление боли в суставе, которое прошло самостоятельно в течение первых суток. Болевой синдром уменьшался у пациентов с обеими стадиями заболевания. В группе АК1 болевой синдром по ВАШ снизился с 90–80 до 65 баллов после первой инъекции в течение 4 дней. У пациентов группы АК2 ощутимого эффекта после первой инъекции отмечено не было. Повторная инъекция снижала болевой синдром до 65–70 баллов.

Заключение. Препараты на основе PN показали свою эффективность, которая статистически значимо не отличалась от применения PRP, однако эффект достигался быстрее.

Ключевые слова: адгезивный капсулит плечевого сустава, обогащенная тромбоцитами плазма, PRP, амплитуда движений в плечевом суставе, полинуклеотиды.

Лычагин А.В., Богатов В.Б., Целищева Е.Ю., Музыченков А.В. Результаты лечения адгезивного капсулита плечевого сустава с применением обогащенной тромбоцитами плазмы и нуклеотидных препаратов: сравнительное исследование. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):126–135. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1782>.

Богатов Виктор Борисович; e-mail: vic.bogatov@rambler.ru

Рукопись получена: 23.05.2022. Рукопись одобрена: 10.10.2022. Статья опубликована онлайн: 29.11.2022.

© Лычагин А.В., Богатов В.Б., Целищева Е.Ю., Музыченков А.В., 2022



Results of Shoulder Adhesive Capsulitis Treatment With the Use of Platelet Rich Plasma and Nucleotide Drugs: A Comparative Study

Alexey V. Lychagin, Viktor B. Bogatov, Evgeniya Yu. Tselishcheva, Alexey V. Muzychenkov

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Background. Intra-articular injections of autologous platelet-rich plasma (PRP), which is a natural biological stimulant and affects various parts of the regenerative process, are often used in the treatment of adhesive capsulitis. Another line of using the reparative potential of biopolymers is the application of polynucleotides (PN), which, due to their effect on fibroblasts, are able to stimulate regeneration processes during adhesive capsulitis.

Aim of study. To evaluate the clinical efficacy of intra-articular injections of autologous platelet-rich plasma and a polynucleotide-based drug in the complex therapy of shoulder adhesive capsulitis, depending on the stage of the disease.

Methods. Performed prospective cohort study included 42 patients aged 47 to 60 years with the diagnosis of adhesive capsulitis. The duration of the disease varied from 3 months to 5 years. The patients were divided into 2 groups depending on the stage of the disease at the time of the treatment: 24 patients with the first stage of the disease (group AC1) and 18 patients with the second stage (AC2). Each group was divided into 2 subgroups of patients. In subgroups either PRP or PN were administered. The results were assessed 1 week, 1 month, 3 months after the start of the treatment. Evaluation of pain management efficacy was carried out using the visual-analog scale (VAS). The change in the quality of life of patients and the function of the shoulder joint were defined using the DASH questionnaire for assessing the function of the upper limb and the Simple Shoulder Test (SST).

Results. The use of PRP made it possible to achieve pain relief regardless of the stage of the disease. Patients of the AC1 group had a progressive pain syndrome attenuation from 80 to 45 points according to the VAS scale during the first 7 days after the start of the treatment. On the contrary, patients of the AC2 group had a slight pain increase by the end of the 1st week, that was associated with growing physical activity of patients. In the group of patients treated with PN, all experienced pain regression after the first injection. 20% of patients had pain relief within 24-36 hours after the start of the treatment., Increased joint pain was registered in 2 (10%) patients, which passed spontaneously during the first day. Pain syndrome intensity decreased in patients with both stages of the disease. According to the VAS, it decreased from 90-80 to 65 points after the first injection within 4 days in the AC1 group. Patients of the AC2 group did not notice significant effect after the first injection. The second injection reduced the pain to 65-70 points.

Conclusion. The effectiveness of PN-based drugs had no statistically significant difference from that of PRP, but their effect was achieved faster.

Keywords: shoulder adhesive capsulitis, platelet-rich plasma, shoulder joint range of motions, PRP, polynucleotides.

Cite as: Lychagin A.V., Bogatov V.B., Tselishcheva E.Yu., Muzychenkov A.V. [Results of Shoulder Adhesive Capsulitis Treatment With the Use of Platelet Rich Plasma and Nucleotide Drugs: A Comparative Study]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):126-135. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1782>.

✉ Viktor B. Bogatov; e-mail: vic.bogatov@rambler.ru

Submitted: 23.05.2022. Accepted: 10.10.2022. Published Online: 29.11.2022.

© Lychagin A.V., Bogatov V.B., Tselishcheva E.Yu., Muzychenkov A.V., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Боль в области плеча встречается достаточно часто — как правило, у людей трудоспособного возраста [1]. Проблему можно считать мультидисциплинарной, так как причин возникновения патологии достаточно много, и не всегда они связаны с травмой. В этом кроются сложности как при диагностике, так и при лечении. Одной из таких патологий, вызывающих длительную боль в плечевом суставе и периартикулярных тканях, является адгезивный капсулит (АК). Клиническая картина адгезивного капсулита в первую очередь представлена болевым синдромом различной интенсивности и выраженным ограничением амплитуды движений в плечевом суставе, связанным с адгезией и фиброзом капсулы с последующим нарушением эластичности и растяжимости суставной сумки [1, 2, 3]. За счет этого при отведении конечности боль усиливается, происходит напряжение мышц, движения выполняются совместно с лопаткой. Длительный и выраженный болевой синдром, кроме ограничения повседневной активности, отрицательно влияет на сон и отдых, при этом кардинально ухудшаются качество жизни пациентов с адгезивным капсулитом и их трудоспособность [4, 5].

В настоящее время в качестве перспективного и безопасного метода, оказывающего как противовоспалительное, так и регенеративное действие, используется обогащенная тромбоцитами плазмы (PRP — platelet rich plasma) самого пациента [6, 7, 8]. За счет содержания большого количества разнообразных биологически активных факторов (продуктов формирования сгустка и тромбоцитарных факторов роста, адгезивных молекул и цитокинов) происходит стимуляция репаративных и анаболических процессов в поврежденных тканях, восстанавливаются обменные процессы, активизируется местный иммунитет, улучшаются метаболизм клеток, тканевое дыхание, развивается противовоспалительный эффект [9].

Исследования последних лет показали, что полинуклеотиды (polynucleotide — PN) оказывают влияние на купирование боли в опорно-двигательном аппарате, особенно в сухожилиях и связках. Они проявляют свою эффективность при тендинопатиях вращательной манжеты, эпикондилитах, подошвенном фасциите [10, 11, 12]. PN представляет собой соединение, образованное дезоксирибонуклеотидными полимерами различной длины (от 50 до 2000 пар оснований) и нуклеозидами, полученными из молок лосося. Структура PN представляет собой низкомолекулярную фракцию дезоксирибонуклеиновой кислоты, где мономерные звенья представлены пуриновыми и пиримидиновыми основаниями [13]. Кроме снижения боли при заболеваниях и повреждениях опорно-двигательного аппарата, PN способствуют регенерации

поврежденных сухожилий и связок [14, 15, 16]. Однако отсутствует единое мнение о том, какая методика PRP-терапии оптимальна при лечении данной патологии, мало сообщений об объективных результатах применения PN при адгезивном капсулите [17, 18, 19]. На наш взгляд, клинический интерес представляет сравнение эффективности этих двух методик при лечении больных с адгезивным капсулитом плечевого сустава различных стадий заболевания.

Цель исследования — оценить клиническую эффективность внутрисуставного применения аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы и препарата на основе полинуклеотида в терапии адгезивного капсулита плечевого сустава в зависимости от стадии заболевания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Выполнено проспективное когортное исследование, в которое было включено 42 пациента в возрасте от 47 до 60 лет с диагнозом «адгезивный капсулит». Среди обследованных было 38 женщин (90,5%) и 4 мужчины (9,5%). Длительность заболевания варьировала от 3 мес. до 5 лет.

Пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от стадии заболевания на момент обращения по методике Nevaiser: при 1-й стадии отмечается период острого воспаления и синовита, при 2-й стадии — стихание боли и возникновение контрактуры плечевого сустава [20]. Таким образом, все пациенты были разделены на две группы: 24 пациента с 1-й стадией заболевания (группа АК1) и 18 пациентов — со 2-й стадией (АК2). Каждая группа была разделена на две подгруппы пациентов, в каждой из которой вводились PRP и PN соответственно (рис. 1).

Критерии включения в исследование:

- прекращение приема нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) минимум за 10 дней до начала инъекционной терапии;
- клинические признаки адгезивного капсулита 1-й или 2-й стадии, подтвержденные ультразвуковым исследованием и МРТ;
- отсутствие травмы плечевого сустава в анамнезе;
- отсутствие рентгенологических признаков остеоартрита плечевого сустава и/или наличие свободных хондромных тел в полости сустава.

Критерии невключения:

- локальные инъекции кортикостероидных препаратов;
- продолжение приема НПВП;
- дополнительный курс физиотерапевтического лечения и альфа-адреномиметиков;
- наличие застарелого повреждения сухожилий и связок в области плечевого сустава.

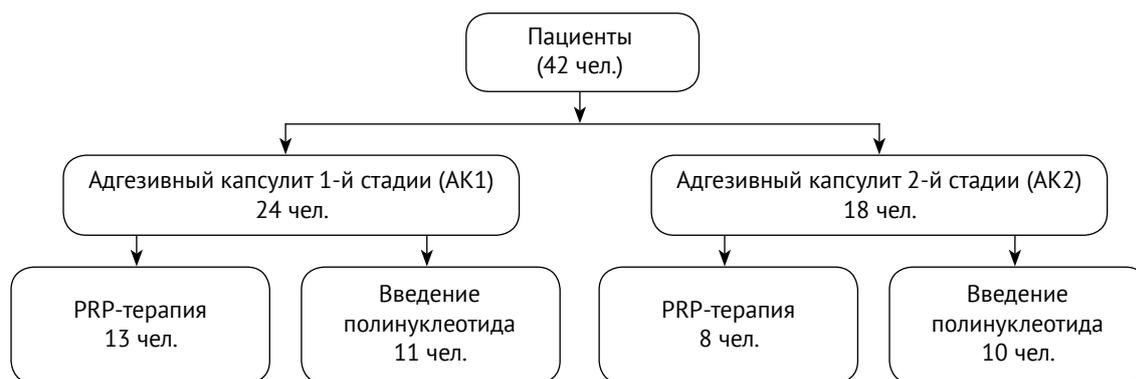


Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования

Рис. 1. Flowchart of the study

Всем пациентам перед началом лечения проводили стандартную рентгенографию (аппарат Siemens Multitom Rax) и МРТ (аппарат Hitachi Echelon Oval в режиме 1,5 T на T2-взвешенном изображении с подавлением сигнала жировой ткани TSE PD SPAIR) плечевого сустава для оценки стадии и тяжести заболевания для последующего распределения по группам.

Методика получения PRP

Заготовку и обработку плазмы проводили унифицированным способом по методике RegenLab (регистрационное удостоверение на медицинское изделие от 15.09.2011 № ФСЗ 2011/10570). При этом использовали пробирки Regen BCT «синие» (Rehegen Lab, Швейцария), содержащие тиксотропный сепарирующий гель без применения гепарина.

В стерильную пробирку вакуумным способом производили забор 8 мл крови пациента. Сразу после взятия крови пробирку помещали в центрифугу. Центрифугирование осуществляли со скоростью 3100 об/мин. в течение 5 мин. После центрифугирования получали 4–5 мл плазмы. Полученную обогащенную тромбоцитами плазму (концентрация тромбоцитов в полученном препарате составляет $(343,28 \pm 89,37) \times 10^9/\text{мм}^3$) вводили в полость плечевого сустава через задний доступ без предварительной анестезии под контролем УЗИ. Протокол проведения инъекций состоял из трех процедур с интервалом в 2 нед.

Полинуклеотиды, используемые для настоящего исследования, доступны как медицинские устройства III класса (регистрационное удостоверение РЗН №2019/8994 от 09.12.2019) и продаются в аптечной сети под коммерческим названием «Хронотрон» (Mastelli s.r.l., Италия).

На однократную инъекцию приходилось 2 мл препарата, содержащего: полинуклеотид — 20 ± 2 мг, хлорид натрия — $8,0 \pm 0,8$ мг, дигидрат дигидрофосфата натрия — $0,30 \pm 0,03$ мг, додекагидрат гид-

рофосфата натрия — $1,50 \pm 0,15$ мг, вода — до объема 1 мл. Инъекции препарата выполняли при помощи ультразвуковой навигации в полость сустава задним доступом. На курс лечения приходилось три инъекции с интервалом 4–5 дней для всех пациентов данной группы. Результаты оценивались через 1 нед., 1 мес., 3 мес. после начала лечения.

Результаты первой части данного исследования (применение PRP) были подробно описаны в нашей предыдущей публикации [21].

Оценка результатов

Оценку результатов купирования болевого синдрома проводили с применением 100-балльной визуально-аналоговой шкалы (ВАШ), где 0 — это отсутствие боли, 100 — нестерпимая боль.

Изменение качества жизни и функции плечевого сустава оценивали с помощью опросника для оценки функции верхней конечности DASH [2] и упрощенной шкалы тестов плеча SST (simple scale test) [22].

Статистический анализ

Статистическую обработку проводили с использованием системы IBM SPSS Statistics 22.0. Оценка распределения на нормальность проводилась с использованием критерия Шапиро–Уилка.

Распределение в числовых переменных, полученных в рамках исследования, не отличалось от нормального, поэтому использовали параметрические методы статистического анализа. Значения непрерывных величин с нормальным распределением, представлены в виде $M \pm SD$, где M — выборочное среднее, SD — стандартное отклонение. С целью проведения сравнения связанных совокупностей данных, учитывая нормальное распределение, использовался t -критерий Стьюдента. Для описания качественных признаков использовали относительные (%) и абсолютные частоты. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Для определения величин различия уровней амплитуды движений в плечевом суставе в один и тот же период либо момент исследования вычисляли коэффициент вариации. Чем больше было значение коэффициента вариации, тем относительно больший разброс и меньшая выравненность исследуемых значений.

Расчет производили по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100,$$

где σ — среднее квадратическое отклонение; \bar{x} — среднее значение исследуемого показателя.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты обследования пациентов до лечения

В ходе клинического обследования были выявлены следующие патологические изменения: визуально плечо на этой стороне приподнято, мышцы плечевого пояса укорочены, гипотрофия дельтовидной мышцы.

Определялась острая боль в проекции сустава и окружающих мышц при активных движениях и умеренная — при пассивных движениях. Максимальная выраженность болевого синдрома отмечалась в крайних точках при выполнении движений. Со слов пациентов, боль в суставе сохранялась в ночное время, усиливалась в положении лежа с опорой на пораженный сустав.

Амплитуда активных и пассивных движений в суставе была ограничена и составляла: отведение — $61 \pm 4^\circ$, сгибание — $85 \pm 5^\circ$ или с дефицитом в $15-20^\circ$; наружная ротация — $32 \pm 3^\circ$, внутренняя — $37 \pm 4^\circ$.

При пальпации определялись диффузная болезненность тканей вокруг плечевого сустава, рассеянная болезненность в проекции капсулы плечевого сустава, локальное болезненное напряжение (триггер) в области надостной, подостной, трапецевидной и подлопаточной мышц.

На рентгенограмме костно-травматических изменений, признаков артроза или свободных внутрисуставных тел выявлено не было. На МРТ плечевого сустава: капсула сустава в области подмышечного заворота утолщена до $4,4 \pm 0,2$ мм, отек суставной капсулы в области подмышечного заворота — $88 \pm 3\%$.

В группе больных АК2 при клиническом обследовании выявлялась гипотрофия дельтовидной и подостной мышц. В покое боли не было, она возникала при активных и пассивных движениях при максимальной амплитуде. Амплитуда движений была выражено ограничена: отведение — $40 \pm 7^\circ$, сгибание — $50 \pm 5^\circ$, разгибание — $10 \pm 5^\circ$, наружная ротация — $20 \pm 3^\circ$, внутренняя — $5 \pm 3^\circ$. Диффузная боль появлялась при пальпации в проекции плечевого сустава.

На МРТ плечевого сустава: утолщение капсулы в области подмышечного заворота $3,5 \pm 0,3$ мм, отек суставной капсулы в области подмышечного заворота — $76-83\%$.

Результаты лечения пациентов с применением PRP

Применение PRP позволило добиться уменьшения болевого синдрома вне зависимости от стадии заболевания. В группе АК1 отмечалось снижение болевого синдрома уже после первой инъекции и к концу лечения достигало 20 баллов по ВАШ. У пациентов группы АК2, наоборот, отмечалось некоторое усиление боли к концу 1-й нед., что связано с нарастающей физической активностью пациентов. В группе АК2 снижение болевого синдрома (40 по ВАШ) происходило после второй инъекции, т.е. через 14 дней после начала лечения (рис. 2).

У всех пациентов вне зависимости от стадии заболевания к концу первого месяца лечения произошло значительное увеличение амплитуды движений. Это увеличение было более интенсивным у пациентов, обратившихся на ранней стадии заболевания, в связи с более эффективным купированием болевого синдрома и с менее выраженными изменениями в тканях (рис. 3).

Положительная динамика увеличения амплитуды движений в плечевом суставе сохранялась на протяжении 3 мес.

Обращает на себя внимание улучшение наружной ротации и отведения плеча почти в два раза — два самых страдающих динамических показателя при адгезивном капсулите. Столь значительное восстановление амплитуды этих движений может свидетельствовать об эффективности препарата.

Пациенты обеих групп имели статистически значимое улучшение по шкалам оценки функции плечевого сустава по сравнению с их уровнем на момент начала лечения.

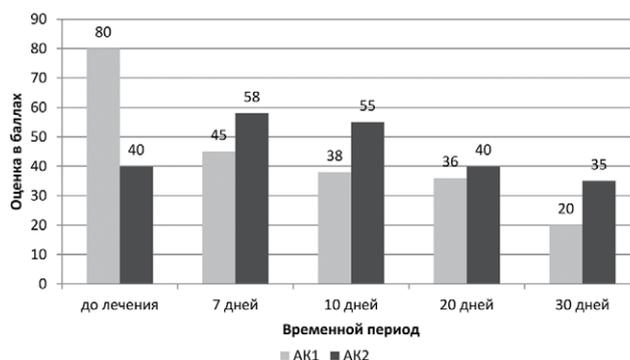


Рис. 2. Изменение интенсивности болевого синдрома по ВАШ при PRP-терапии

Fig. 2. Changes in the intensity of pain syndrome according to VAS during PRP therapy

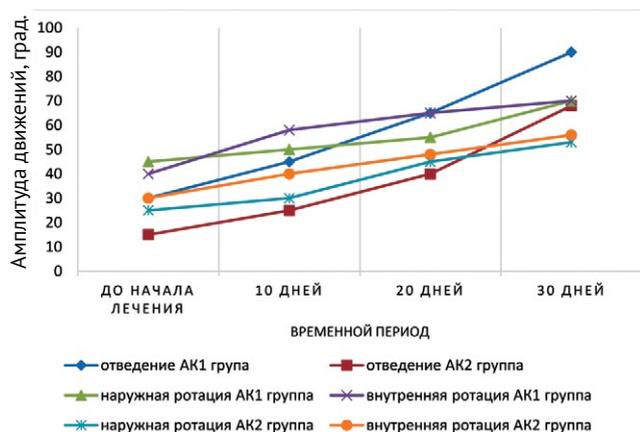


Рис. 3. Восстановление амплитуды движений в плечевом суставе после PRP-терапии

Fig. 3. Restoration of the range of motions in the shoulder after PRP therapy

Эффект нарастал в течение 3 мес. наблюдения. Это может свидетельствовать о том, что методика лечения оказывает стабильный, а не временный эффект и направлена на патогенетические аспекты заболевания. На фоне снижения болевого синдрома пациенты могли активнее производить разработку в плечевом суставе, что проявлялось в нарастании амплитуды движений.

Результаты лечения пациентов с применением полинуклеотидов

У всех пациентов отмечался регресс боли уже после первой инъекции PN. У 20% пациентов уменьшение боли наступало уже через 24–36 ч. после начала лечения. У 2 (10%) больных отмечалось усиление боли в суставе, которое прошло самостоятельно в течение первых суток. Болевой синдром уменьшался у пациентов с обеими стадиями заболевания. В группе АК1 болевой синдром снизился с 80–90 баллов по ВАШ до 65 после первой инъекции в течение 4 дней. У пациентов группы АК2 ощутимого эффекта после первой инъекции отмечено не было. Повторная инъекция снижала болевой синдром до 65–70 баллов. Третью инъекцию производили на 15–21-й день после начала лечения. После ее выполнения на 3–4-е сут. больные отмечали снижение боли до 20–30 баллов (рис. 4).

У 4 пациентов группы АК1 уже после первой инъекции амплитуда движений увеличилась более чем на 50%. После второй и третьей инъекций амплитуда движений нарастала незначительно. У 10 (91%) человек в группе АК1 к концу лечения амплитуда активных движений восстановилась полностью, у одного пациента сохранялся дефицит внутренней ротации 15°. В группе пациентов АК2 восстановление амплитуды движений шло

сложнее. Коэффициент вариации для этой группы больных составил 47%, что говорит о большой вариабельности совокупности. После первой инъекции амплитуда движений в плечевом суставе в среднем увеличивалась на 12%, в то время как после второй и третьей инъекций можно было констатировать линейную прогрессию. В конце проведенного лечения добиться полного восстановления амплитуды активных движений удалось у 7 (70%) пациентов, у 2 (20%) человек сохранялся дефицит отведения около 10°, у одного (10%) больного сохранялось ограничение наружной ротации до 20°.

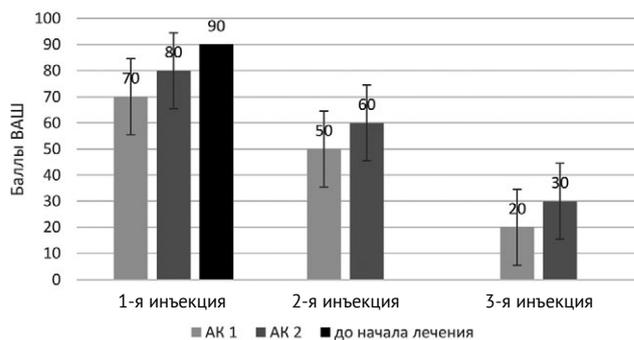


Рис. 4. Динамика изменения боли по ВАШ после введения препарата на основе полинуклеотида

Fig. 4. Dynamics of pain changes after administration of a polynucleotide-based drug

Первая инъекция PN в большинстве случаев не давала ощутимого клинического эффекта, что отражено в незначительном увеличении показателя SST (всего 2,5 для группы больных со 2-й стадией адгезивного капсулита). Однако он резко увеличивался при повторном введении (более чем в 2 раза) и оставался стойким после 3-й инъекции (табл. 1).

Таблица 1
Зависимость результатов лечения препаратами на основе PN от числа выполненных инъекций

Группа пациентов	1 инъекция	2 инъекции	3 инъекции
Шкала SST			
АК1	4,3	6,7	9,8
АК2	2,5	6,6	8,8
Шкала DASH			
АК1	38	24	9
АК2	39	28	12

Пациенты, получавшие терапию полинуклеотидными препаратами, аналогично пациентам, получавшим PRP-терапию, имели статистически значимые улучшения по шкалам оценки функции плечевого сустава по сравнению с их уровнем на момент начала лечения (табл. 2).

Даже несмотря на факт незначительного улучшения после первой инъекции, происходило резкое улучшение после повторных введений препарата. По шкале SST улучшение функции плеча наблюдалось особенно выражено после второй инъекции. Мы наблюдали улучшение функции верхней конечности по шкале DASH, что отражено в таблице 3.

Таблица 2

Динамика амплитуды движений в плечевом суставе у пациентов, получавших лечение PRP и PN, град. (M±m)

Срок	Сгибание		Разгибание		Отведение		Наружная ротация		Внутренняя ротация	
	PN	PRP	PN	PRP	PN	PRP	PN	PRP	PN	PRP
До лечения	110,5±5,9	112,9±7,1	25,1±4,1	24,8±8,7	62,2±5,9	60,0±7,1	32,1±6,1	33,2±3,6	21,7±5,1	23,6±3,1
1 мес.	158,7±8,7	161,2±4,9	39,8±6,2	40,3±7,9	144,3±10,1	141,2±12,3	50,8±13,2	52,0±12,8	38,9±7,1	40,5±9,8
3 мес.	169,1±6,2	170,9±11,1	46,1±9,9	44,7±9,9	170,1±14,7	166,2±13,5	64,6±11,9	62,7±12,1	55,1±6,4	58,5±7,7

p<0,05.

Таблица 3

Сравнительная оценка результатов лечения пациентов по шкалам, баллы (M±m)

Шкала	До лечения		Через 1 мес.		Через 3 мес.	
	PN	PRP	PN	PRP	PN	PRP
SST	2,7±0,8	2,8±1,1	6,4±2,7	6,5±1,1	9,1±2,3	9,2±1,4
DASH	42,2±5,8	43,1±8,1	22,5±3,1	21,0±2,4	9,9±3,1	10,7±2,7

p<0,05.

К концу лечения результат лечения PN был сопоставим по своей эффективности с PRP — почти полное восстановление функции верхней конечности.

ОБСУЖДЕНИЕ

Основной целью лечения капсулита является купирование воспалительного процесса в суставной капсуле, уменьшение болевого синдрома и улучшение функциональных показателей — мышечной силы и амплитуды движений в плечевом суставе, что в совокупности ведет к улучшению качества жизни [17, 18, 23]. В большинстве случаев для достижения поставленной цели во всем мире эффективно применяется консервативная терапия (до 90%), при неэффективности проводимого лечения у 10% пациентов требуется оперативное вмешательство [20, 24]. Лечение боли в плече обычно комбинированное и обязательно включает как лекарственные (НПВП, глюкокортикоидные препараты), так и нелекарственные методы воздействия: механотерапию в пассивном режиме, кинезиотейпирование, физиотерапию, лечебную

физкультуру [1, 3, 16, 25, 26]. Другие авторы отдают предпочтение блокадам с применением анестетиков перед проведением пассивной разработки движений в суставе [27].

В настоящее время основными показателями для классификации различных препаратов PRP-терапии является концентрация тромбоцитов и лейкоцитов в конечном препарате, однако этот вопрос остается дискуссионным, так как нет точных данных о корреляции между концентрацией тромбоцитов в PRP и получаемым результатом [28, 29, 30]. Это связано с тем, что факторы роста могут по-разному воздействовать на рецепторы клеток: при низкой концентрации тромбоцитов в составе PRP не происходит стимулирующего эффекта, а при повышении концентрации свыше 1000×10⁹/л, наоборот, регенерация может угнетаться [25, 31]. Второй показатель — концентрация лейкоцитов в полученном препарате. При высоком содержании лейкоцитов возрастает количество провоспалительных медиаторов, стимулирующих воспаление. Однако ряд фракций, включающих лимфоциты и моноциты, оказывают положитель-

ное действие на факторы роста благодаря их взаимосвязи со многими биологически активными молекулами. В нашем исследовании пациентам вводилась плазма с концентрацией тромбоцитов $(343,28 \pm 89,37) \times 10^9 / \text{мл}^3$ с частично редуцированными лейкоцитами. Возможно, такая концентрация форменных элементов является оптимальной, так как мы не наблюдали усиления воспаления после применения. Выбирая введение PRP, следует помнить, что повышенная концентрация вводимых извне факторов свертывания крови может привести к локальному тромбозу [18]. Поэтому требуется особая осторожность при использовании PRP у пожилых пациентов.

Многие клинические исследования показали, что лекарственные препараты на основе полинуклеотидов эффективно применяются при многочисленных заболеваниях, связанных с воспалением, включая бурсит, фасциит, мукозит и тендинопатию [14, 15, 24].

Был подтвержден терапевтический эффект инъекционной терапии PN под контролем УЗИ в субакромиальную сумку для лечения хронической надостной тендинопатии [10]. Кроме того, применение препаратов на основе полинуклеотидов вызывало уменьшение боли при тендинопатии вращательной манжеты [11]. В обеих публикациях оценка эффективности лечения основывалась на измерении индекса боли в плече по ВАШ. У 32 пациентов с хроническим заболеванием вращательной манжеты плеча (в возрасте от 30 до 75 лет) еженедельные инъекции PN (максимум 5 раз) значительно уменьшили боль в плече. Таким образом, наше исследование во многом следует общемировой практике применения данных препаратов, это касается нозологии заболеваний и методов оценки терапевтического эффекта.

Сравнивая эффективность двух методик лечения (PRP и PN), следует отметить их принципиальное сходство в механизме действия — воздействие на воспаление локально на клеточном уровне. Однако результаты недавнего исследования L. Hwang с соавторами показали более глубокий механизм действия полинуклеотидов. Авторы отметили, что препараты ингибируют воспалительную реакцию путем подавления экспрессии воспалительных цитокинов (IL-1 β и IL-6) посредством стимуляции аденозиновых рецепторов A2AR в условиях воспаления. Более того, 100 мкг/мл PN подавляли выработку окси-

да азота (NO) и секрецию провоспалительных цитокинов (IL-12 и TNF- α), а также стимулировали выработку IL-10 — противовоспалительного цитокина [13].

Результаты нашего исследования выявили различную интенсивность воздействия PRP и PN. При применении PRP требовался более длительный период для положительной динамики (3 инъекции с интервалом 2 нед.), в то время как полинуклеотидный препарат обеспечивал ощутимый эффект уже после второй инъекции в большинстве случаев, а интервал введения составлял 4–5 дней. Данные схемы лечения ограничивают достоверность сравнения методик, однако показывают тенденцию к более быстрому наступлению терапевтического эффекта от применения PN. По стойкости терапевтического эффекта и конечным результатам обе методики оказались схожими. Обращает на себя внимание тот факт, что после первого введения PN пациенты, особенно с адгезивным капсулитом 2-й стадии, отмечали незначительное улучшение, которое резко нарастало после последних инъекций. Это согласуется с результатами экспериментального исследования L. Hwang с соавторами. По-видимому, препарату требуется время для проявления своего противовоспалительного действия, блокируя медиаторы воспаления [13]. Поэтому целесообразно применение более трех инъекций, к тому же в нашем наблюдении не отмечалось ни одного случая каких-либо побочных эффектов. Очевидным преимуществом препаратов на основе PN является простота их применения — препарат содержится в стерильном шприце, в форме, готовой к применению. Для PRP необходим этап заготовки с соблюдением асептических условий, а сама методика является более травматичной, так как требуется дополнительный забор крови из вены пациента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Локальное применение богатой тромбоцитами плазмы и препаратов на основе полинуклеотидов у пациентов с адгезивным капсулитом 1-й и 2-й стадий снижает болевой синдром и опосредованно влияет на восстановление амплитуды движений. PRP-терапия и полинуклеотидные препараты сравнимы по своей эффективности, но PRP-терапия требует более длительного лечения, особенно у пациентов с адгезивного капсулитом 2-й стадии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Лычагин А.В. — разработка концепции исследования.
Богатов В.Б. — выполнение клинических исследований, написание текста статьи и ее редактирование.

Целищева Е.Ю. — сбор и анализ данных.

DISCLAIMERS

Author contribution

Lychagin A.V. — study conception and design.
Bogatov V.B. — evaluation and interpretation of the data, text writing and editing.

Tselishcheva E.Yu. — collection and processing of data.

Музыченков А.В. — статистическая обработка данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет)», протокол № 06-18 от 06.06.2018 г.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

Muzychenkov A.V. — statistical processing of data.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of Sechenov University, protocol No 06-18, 06.06.2018.

Consent for publication. Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Cho C.H., Bae K.C., Kim D.H. Treatment Strategy for Frozen Shoulder. *Clin Orthop Surg.* 2019;11(3):249-257. doi: 10.4055/cios.2019.11.3.249.
2. Franchignoni F., Vercelli S., Giordano A., Sartorio F., Bravini E., Ferrero G. Minimal clinically important difference of the disabilities of the arm, shoulder and hand outcome measure (DASH) and its shortened version (QuickDASH). *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014;44(1):30-39. doi: 10.2519/jospt.2014.4893.
3. Долгова Л.Н., Красивина И.Г. Боль в плече и шее. Междисциплинарные аспекты лечения. *Медицинский совет.* 2017;(17):50-57. doi: 10.21518/2079-701X-2017-17-50-57. Dolgova L.N., Krasivina I.G. [Shoulder and neck pain: interdisciplinary aspects of treatment]. *Meditsinskiy sovet [Medical Council].* 2017;(17):50-57. (In Russian). doi: 10.21518/2079-701X-2017-17-50-57.
4. Ibrahim M.I., Johnson A.J., Pivec R., Issa K., Naziri Q., Kapadia B.H. et al. Treatment of adhesive capsulitis of the shoulder with a static progressive stretch device: a prospective, randomized study. *J Long Term Eff Med Implants.* 2012;22(4):281-291. doi: 10.1615/jlongtermeffmedimplants.2013007061.
5. Leblanc D.R., Schneider M., Angele P., Vollmer G., Docheva D. The effect of estrogen on tendon and ligament metabolism and function. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2017;172:106-116. doi: 10.1016/j.jsbmb.2017.06.008.
6. Железная А.А., Цвяшко Т.И., Кнуров И.Ю., Шаповалов А.Г., Петров А.Г., Лунова Н.Н. Применение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в акушерско-гинекологической практике. *Медико-социальные проблемы семьи.* 2016;21(1):72-78. Zheleznyaya A.A., Tsvyashko T.I., Knurov I.J., Shapovalov A.G., Petrov A.G., Lunova N.N. [The use of platelet-rich autoplasm in obstetric-gynecological practice]. *Mediko-sotsial'nye problemy sem'i [Medical and Social Problems of Family].* 2016;21(1):72-78. (In Russian).
7. Andia I., Abate M. Platelet-rich plasma: combinational treatment modalities for musculoskeletal conditions. *Front Med.* 2018;12(2):139-152. doi: 10.1007/s11684-017-0551-6.
8. Mariani E., Pulsatelli L. Platelet Concentrates in Musculoskeletal Medicine. *Int J Mol Sci.* 2020;21(4):1328. doi: 10.3390/ijms21041328.
9. Aslani H., Nourbakhsh S.T., Zafarani Z., Ahmadi-Bani M., Ananloo M.E., Beigy M. et al. Platelet-Rich Plasma for Frozen Shoulder: A Case Report. *Arch Bone Joint Surg.* 2016;4(1):90-95.
10. Colangelo M.T., Govoni P., Belletti S., Squadrito F., Guizzardi S., Galli C. Polynucleotide biogel enhances tissue repair, matrix deposition and organization. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2021;35(1):355-362. doi: 10.23812/20-320-L.
11. Colangelo M.T., Galli C., Guizzardi S. The effects of polydeoxyribonucleotide on wound healing and tissue regeneration: a systematic review of the literature. *Regen Med.* 2020. Online ahead of print. doi: 10.2217/rme-2019-0118.
12. Lee D.W., Hyun H., Lee S., Kim S.Y., Kim G.T., Um S. et al. The Effect of Polydeoxyribonucleotide Extracted from Salmon Sperm on the Restoration of Bisphosphonate-Related Osteonecrosis of the Jaw. *Mar Drugs.* 2019;17(1):51. doi: 10.3390/md17010051.
13. Hwang L., Ko I.G., Jin J.J., Kim S.H., Kim C.J., Hwang J.J. et al. Attenuation effect of polydeoxyribonucleotide on inflammatory cytokines and apoptotic factors induced by particulate matter (PM10) damage in human bronchial cells. *J Biochem Mol Toxicol.* 2021;35(2):22635. doi: 10.1002/jbt.22635.
14. Kim T.H., Heo S.Y., Oh G.W., Heo S.J., Jung W.K. Applications of Marine Organism-Derived Polydeoxyribonucleotide: Its Potential in Biomedical Engineering. *Mar Drugs.* 2021;19(6):296. doi: 10.3390/md19060296.
15. Codi M.J. The painful shoulder: when to inject and when to refer. *Cleve Clin J Med.* 2007;74(7):473-474, 477-478, 480-482 passim. doi: 10.3949/ccjm.74.7.473.
16. Chan H.B.Y., Pua P.Y., How C.H. Physical therapy in the management of frozen shoulder. *Singapore Med J.* 2017;58(12):685-689. doi: 10.11622/smedj.2017107.
17. Robinson C.M., Seah K.T., Chee Y.H., Hindle P., Murray I.R. Frozen shoulder. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(1):1-9. doi: 10.1302/0301-620X.94B1.27093.

18. Itoi E., Arce G., Bain G.I., Diercks R.L., Guttman D., Imhoff A.B. et al. Shoulder Stiffness: Current Concepts and Concerns. *Arthroscopy*. 2016;32(7):1402-1414. doi: 10.1016/j.arthro.2016.03.024.
19. Yoon Y.C., Lee D.H., Lee M.Y., Yoon S.H. Polydeoxyribonucleotide Injection in the Treatment of Chronic Supraspinatus Tendinopathy: A Case-Controlled, Retrospective, Comparative Study With 6-Month Follow-Up. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;98(5):874-880. doi: 10.1016/j.apmr.2016.10.020.
20. Neviaser R.J., Neviaser T.J. The frozen shoulder. Diagnosis and management. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;(223):59-64.
21. Целищева Е.Ю., Лычагин А.В., Явлиева Р.Х., Гончарук Ю.Р., Ромадин Д.В., Калинин Е.Б. Применение препаратов аутологичной плазмы крови в лечении адгезивного капсулита плечевого сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2021;2(44):5-11. doi: 10.17238/issn2226-2016.2021.2.5-11. Tselischeva E.Yu., Lychagin A.V., Yavlieva R.Kh., Goncharuk Yu.R., Romadin D.V., Kalinsky E.B. [Application of autologous blood plasma preparations in treatment of adhesive capsulitis]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department of Traumatology and Orthopedics]. 2021;2(44):5-11. (In Russian). doi: 10.17238/issn2226-2016.2021.2.5-11.
22. Angst F., Schwyzer H.K., Aeschlimann A., Simmen B.R., Goldhahn J. Measures of adult shoulder function: Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH) and its short version (QuickDASH), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Society standardized shoulder assessment form, Constant (Murley) Score (CS), Simple Shoulder Test (SST), Oxford Shoulder Score (OSS), Shoulder Disability Questionnaire (SDQ), and Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI). *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011;63(11):174-188. doi: 10.1002/acr.20630.
23. Kothari S.Y., Srikumar V., Singh N. Comparative Efficacy of Platelet Rich Plasma Injection, Corticosteroid Injection and Ultrasonic Therapy in the Treatment of Periarthritis Shoulder. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(5):RC15-RC18. doi: 10.7860/JCDR/2017/17060.9895.
24. Setayesh K., Villarreal A., Gottschalk A., Tokish J.M., Choate W.S. Treatment of Muscle Injuries with Platelet-Rich Plasma: a Review of the Literature. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2018;11(4):635-642. doi: 10.1007/s12178-018-9526-8.
25. Yadav S., Mittal V., Chabra A., Kumar A. Management of post traumatic shoulder using autologous Platelet Rich Plasma intra-articular injection. *GJRA*. 2017;6(4):95-97.
26. Gautam V.K., Verma S., Batra S., Bhatnagar N., Arora S. Platelet-rich plasma versus corticosteroid injection for recalcitrant lateral epicondylitis: clinical and ultrasonographic evaluation. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2015;23(1):1-5. doi: 10.1177/230949901502300101.
27. Hussain N., Johal H., Bhandari M. An evidence-based evaluation on the use of platelet rich plasma in orthopedics - a review of the literature. *SICOT J*. 2017;3:57. doi: 10.1051/sicotj/2017036.
28. Chahla J., Cinque M.E., Piuze N.S., Mannava S., Geeslin A.G., Murray I.R. et al. A Call for Standardization in Platelet-Rich Plasma Preparation Protocols and Composition Reporting: A Systematic Review of the Clinical Orthopaedic Literature. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(20):1769-1779. doi: 10.2106/JBJS.16.01374.
29. Рыбин А.В., Кузнецов И.А., Нетылько Г.И., Румакин В.П., Рыков Ю.А. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы для стимуляции биопластических процессов после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2015;(2):106-116. Rybin A.V., Kuznetsov I.A., Netylko G.I., Rumakin V.P., Rykov Yu.A. [Use of platelet-rich plasma for bioplastic processes stimulation after arthroscopic reconstruction of anterior cruciate ligament (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(2):106-116. (In Russian).
30. Маланин Д.А., Трегубов А.С., Демешченко М.В., Черезов Л.Л. PRP-терапия при остеоартрите крупных суставов. Волгоград: ВолгГМУ; 2018. 49 с. Malanin D.A., Tregubov A.S., Demeshchenko M.V., Cherezov L.L. [PRP-therapy for osteoarthritis of large joints]. Volgograd: Volgograd SMU; 2018. 49 p. (In Russian).
31. Lin J. Platelet-rich plasma injection in the treatment of frozen shoulder: A randomized controlled trial with 6-month follow-up. *Int J Clin Pharmacol Ther*. 2018;56(8):366-371. doi: 10.5414/CP203262.

Сведения об авторах

✉ Богатов Виктор Борисович — д-р мед. наук
Адрес: Россия, 119991, г. Москва, ул. Трубетцкая д. 8, стр. 2
<https://orcid.org/0000-0002-0526-4932>
e-mail: vic.bogatov@rambler.ru

Лычагин Алексей Владимирович — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-2202-8149>
e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Целищева Евгения Юрьевна — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-1669-3935>
e-mail: ts.jane@bk.ru

Музыченков Алексей Владимирович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-3933-672X>
e-mail: battle-hamster@mail.ru

Authors' information

✉ Viktor B. Bogatov — Dr. Sci. (Med.),
Address: 8-2, Trubetskaya st., Moscow, 119991, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-0526-4932>
e-mail: vic.bogatov@rambler.ru

Alexey V. Lychagin — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0002-2202-8149>
e-mail: dr.lychagin@mail.ru

Evgeniya Yu. Tselishcheva — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-1669-3935>
e-mail: ts.jane@bk.ru

Alexey V. Muzychenkov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-3933-672X>
e-mail: battle-hamster@mail.ru



Сравнительный биомеханический анализ способов артродезирования голеностопного сустава: экспериментальное исследование

В.В. Хоминец¹, С.В. Михайлов¹, С.Е. Жумагазиев¹, А.В. Щукин¹,
Д.В. Иванов²

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России,
г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского»
Минобрнауки России, г. Саратов, Россия

Актуальность. Несмотря на значительное количество разнообразных методик, применяемых для артродеза голеностопного сустава, ряд авторов указывают на определенные технические сложности указанных операций, потерю коррекции заданного положения таранной и большеберцовой костей в процессе анкилозирования, несращения. Проблема совершенствования методики фиксации при артродезе голеностопного сустава требует новых решений.

Цель — сравнить методом конечных элементов стабильность различных вариантов систем фиксации при артродезе голеностопного сустава.

Материал и методы. Методом конечных элементов выполнена оценка биомеханических характеристик трех вариантов систем фиксации голеностопного сустава при артродезе: три спонгиозных винта, разработанная пластина, комбинируемая с двумя спонгиозными винтами, проксимальный винт в пластине кортикальный, а также разработанная пластина, комбинируемая с двумя спонгиозными винтами, проксимальный винт в пластине с угловой стабильностью. Изучены напряжения и деформации при приложении различных видов нагрузок.

Результаты. В модели фиксации голеностопного сустава передней пластиной, комбинируемой с двумя спонгиозными винтами и проксимальным кортикальным винтом, имплантаты и таранная кость испытывали наименьшие напряжения по сравнению с двумя другими моделями. Так, максимальное эквивалентное напряжение в имплантатах при втором варианте составило 68–124 МПа, при первом варианте — 92–147 МПа, при третьем — 130–331 МПа. Эквивалентное напряжение в таранной кости во втором варианте фиксации составило от 20 до 46 МПа, в первом и третьем вариантах — 28–58 МПа и 47–65 МПа соответственно. Показатели максимального контактного давления на границе большеберцовой и таранной костей оказались наибольшими в первом варианте по сравнению с двумя другими моделями (34 МПа, 31 МПа и 31 МПа соответственно).

Заключение. Среди изученных систем фиксации голеностопного сустава при артродезе применение передней пластины, комбинируемой с двумя спонгиозными винтами и проксимальным кортикальным винтом, является наиболее предпочтительным с точки зрения биомеханики.

Ключевые слова: биомеханическое моделирование, артродез голеностопного сустава, пластина, спонгиозные винты, метод конечных элементов.

Хоминец В.В., Михайлов С.В., Жумагазиев С.Е., Щукин А.В., Иванов Д.В. Сравнительный биомеханический анализ способов артродезирования голеностопного сустава: экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):136-147. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1989>.

Хоминец Владимир Васильевич; e-mail: vkhominets@yandex.ru

Рукопись получена: 02.09.2022. Рукопись одобрена: 01.11.2022. Статья опубликована онлайн: 25.11.2022.

© Хоминец В.В., Михайлов С.В., Жумагазиев С.Е., Щукин А.В., Иванов Д.В., 2022



Comparative Biomechanical Analysis of Ankle Arthrodesis Techniques: Experimental Study

Vladimir V. Khominets¹, Sergey V. Mikhailov¹, Sayan E. Zhumagaziev¹, Alexey V. Shchukin¹, Dmitry V. Ivanov²

¹ Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

² Chernyshevsky Saratov National Research State University, Saratov, Russia

Background. Despite the existing significant number of various techniques for ankle arthrodesis, a number of authors point to certain technical difficulties of these operations, the loss of the talus and tibia position during ankylosing, nonunion. The problem of the ankle arthrodesis technique improving requires new solutions.

The aim of the study was to compare the stability of various fixation systems in ankle arthrodesis by the finite element method.

Methods. The finite element method was used to evaluate the biomechanical characteristics of three variants of ankle arthrodesis systems: three cancellous screws, the originally designed plate combined with two cancellous screws, when the screw in the proximal plate's hole is cortical, and the same plate combined with two cancellous screws, when the screw in the proximal plate's hole with angular stability. The stresses and strains under the application of various types of loads are studied.

Results. In the anterior plate ankle fixation model combined with two cancellous screws and a proximal cortical screw, the implants and the talus experienced the least stresses compared to the other two models. Thus, the maximum equivalent stress in implants in the second variant was 68-124 MPa, in the first variant 92-147 MPa, in the third variant — 130-331 MPa. The equivalent stress in the talus in the second version of fixation ranged from 20 to 46 MPa, in the first and third versions — 28-58 MPa and 47-65 MPa, respectively. The indicators of maximum contact pressure at the border of the tibia and talus turned out to be the highest in the first variant compared to the other two models (34 MPa, 31 MPa and 31 MPa, respectively).

Conclusions. Among the studied ankle fixation systems for arthrodesis, an anterior plate combined with two cancellous screws and a proximal cortical screw is the most preferable in terms of biomechanics.

Keywords: biomechanical modeling, ankle arthrodesis, plate, cancellous screws, finite element method.

Cite as: Khominets V.V., Mikhailov S.V., Zhumagaziev S.E., Shchukin A.V., Ivanov D.V. [Comparative Biomechanical Analysis of Ankle Arthrodesis Techniques: Experimental Study]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):136-147. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1989>.

✉ Vladimir V. Khominets; e-mail: vkhominets@yandex.ru

Submitted: 02.09.2022. Accepted: 01.11.2022. Published Online: 25.11.2022.

© Khominets V.V., Mikhailov S.V., Zhumagaziev S.E., Shchukin A.V., Ivanov D.V., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование методик артродеза голеностопного сустава при лечении пациентов с терминальными стадиями деформирующего артроза продолжает оставаться одним из важных направлений современной травматологии и ортопедии. На сегодняшний день многие авторы рассматривают артродез голеностопного сустава как золотой стандарт при лечении пациентов с данной патологией [1, 2, 3].

Известно, что одним из важных аспектов, необходимых для достижения костного анкилоза голеностопного сустава, является создание условий для прочного удержания стопы в функционально выгодном или заданном положении [1, 4, 5]. С этой целью для окончательной фиксации достигнутого оптимального положения таранной кости относительно большеберцовой применяют винты, пластины, интрамедуллярные стержни, аппараты внешней фиксации, а также их комбинации [6, 7, 8]. Наиболее часто применяемыми фиксаторами для артродеза голеностопного сустава являются винты и пластины. Они позволяют обеспечить достаточную стабильность и оптимальную компрессию между анкилозируемыми поверхностями большеберцовой и таранной костей [2, 9, 10]. Однако ряд авторов приводят данные о потере корректного положения анкилозируемых костей в процессе лечения, обусловленной миграцией фиксаторов. Особенно часто подобная проблема возникает при начале осевой нагрузки (через 1,5–2,0 мес. после операции). Причинами могут быть плохое качество кости, недостаточный контакт между костями, лизис используемых при артродезировании костных трансплантатов, контрактуры суставов переднего отдела стопы [3, 11, 12]. Вышеуказанные ограничения движений не позволяют обеспечить перекат стопы во время ходьбы, а циклическая нагрузка при этом приводит к расшатываю конструкции [13]. Таким образом, проблема надежности фиксации голеностопного сустава существует и требует новых решений.

В клинике военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова разработан способ выполнения артродеза голеностопного сустава с использованием трех спонгиозных винтов (патент RU 2633945). При этом способе первые два винта вводят через передний край дистального метаэпифиза большеберцовой кости в блок таранной кости, а третий винт — через заднемедиальный отдел в направлении шейки таранной кости. Для введения третьего винта необходимо повернуть пациента на бок либо поднять ногу вверх и удерживать ее в этом положении в течение определенного времени, необходимо-

го для введения направляющей спицы, выполнения канала канюлированным сверлом, подбора по размеру и введения спонгиозного винта [7]. Необходимость выполнения этих действий увеличивает продолжительность операции, время работы электронно-оптического преобразователя и создает определенные неудобства в работе хирургической бригады [14].

На основании вышеизложенного на базе клиники военной травматологии и ортопедии ВМедА с целью замены третьего винта разработана передняя пластина для артродеза голеностопного сустава, комбинируемая с двумя спонгиозными винтами, введенными через переднюю поверхность дистального метаэпифиза большеберцовой кости.

В специальной литературе появляются исследования, посвященные определению стабильности различных имплантатов для фиксации голеностопного сустава при артродезе путем сравнительных биомеханических испытаний [15, 16, 17]. В последнее время сравнительный анализ различных типов металлических фиксаторов выполняют с помощью биомеханического (или математического) моделирования. Одним из них является метод конечных элементов [17, 18, 19]. На сегодняшний день имеются лишь единичные исследования, направленные на изучение стабильности различных вариантов фиксации голеностопного сустава при артродезе методом конечных элементов [18, 19]. Несмотря на большое количество применяемых в настоящий момент вариантов артродеза, нами для сравнительного анализа была выбрана именно методика с использованием трех спонгиозных винтов по следующим причинам. Во-первых, один из вариантов данной методики достаточно хорошо изучен авторами с точки зрения техники операций и отдаленных результатов лечения. Во-вторых, методика артродеза голеностопного сустава винтами, по мнению большого количества специалистов, наиболее часто применяется и является золотым стандартом [3, 10]. Для реализации идеи найти более удобную с точки зрения выполнения оперативного вмешательства замену третьему винту, который вводят через задний отдел дистального метаэпифиза большеберцовой кости в направлении шейки таранной кости, и была предложена пластина собственного дизайна. Именно поэтому в качестве сравнения артродез голеностопного сустава только пластинами серийного производства в данном исследовании мы не рассматривали.

Цель исследования — сравнить методом конечных элементов стабильность различных вариантов систем фиксации при артродезе голеностопного сустава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сотрудниками кафедры военной травматологии и ортопедии ВМедА совместно с компанией «Остеомед» разработана передняя пластина для артродеза голеностопного сустава. Она выполнена из титанового сплава Ti6Al4V по ГОСТ Р ИСО 5832-3 (заявка на изобретение РФ № 2022123335). Имплантат L-образной формы с заданным анатомическим углом позволяет установить его в оптимальное положение с минимальным профилем над голеностопным суставом. Пластина имеет короткое и расширенное плечо, позволяющее расположить его на шейке таранной кости, исключив возникновение импинджмент-синдрома между пластиной и ладьевидной костью при движениях в таранно-ладьевидном суставе. На длинном плече пластины имеются комбинированные отверстия, позволяющие использовать винты как с угловой стабильностью, так и кортикальные (рис. 1).



Рис. 1. Передняя пластина для артродеза голеностопного сустава
Fig. 1. Anterior plate for ankle arthrodesis

Виртуальные модели вариантов артродеза голеностопного сустава выполнены при помощи компьютерной томографии (КТ). Первичная обработка КТ левого голеностопного сустава (серия из 1051 аксиального снимка) пациента 1967 г. р. была выполнена в программе Mimics (Materialise, Бельгия). В результате были получены поверхностные модели дистальной трети большеберцовой и таранной костей. Затем в программе 3Matic (Materialise, Бельгия) поверхностные модели были преобразованы в твердотельные, которые затем были экспортированы в формат Step (универсальный стандарт обмена моделью данных изделия). Твердотельные модели винтов и пластины были построены в системе автоматизированного проектирования SolidWorks. В этой же системе твердотельные модели винтов, пластины и костей были совмещены. Таким образом, виртуально было смоделировано три варианта фиксации голеностопного сустава при артродезе в функционально выгодном положении. Первый вариант — фиксация голеностопного сустава тремя спонгиозными винтами диаметром 6,5 мм с неполной резьбой и длиной резьбовой части 16 мм (патент RU 2633945) (рис. 2 а). Вторым и третьим вариантами — разработанной пластиной, комбинированной с двумя спонгиозными винтами диаметром 6,5 мм с неполной резьбой и длиной резьбовой части 16 мм (рис. 2 б, с). Модели выполнялись следующим образом. Сначала два спонгиозных винта вводили через передний край дистального метаэпифиза большеберцовой кости в блок таранной кости. Затем фиксировали пластину к таранной кости одним кортикальным винтом,

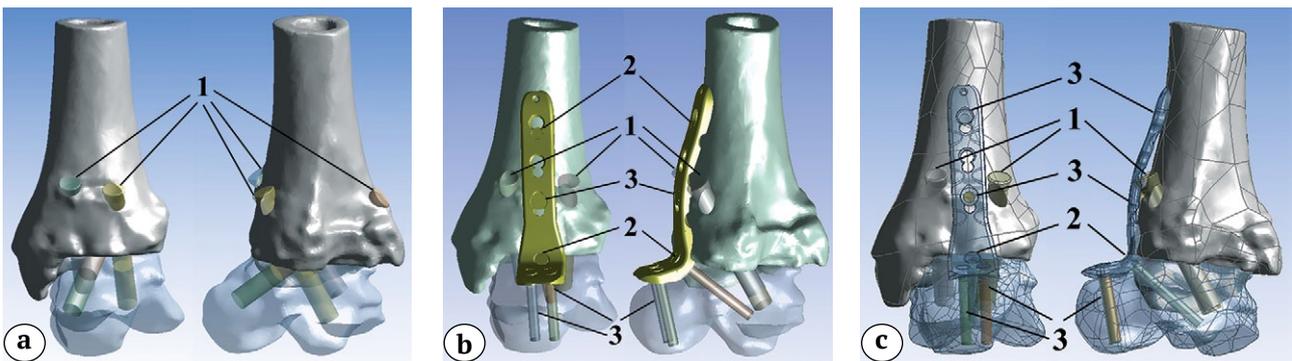


Рис. 2. Виртуальные модели артродеза голеностопного сустава в прямой и боковой проекциях:
 а — тремя спонгиозными винтами;
 б — разработанной пластиной и двумя спонгиозными винтами, проксимальный винт кортикальный;
 с — разработанной пластиной и двумя спонгиозными винтами, проксимальный винт с угловой стабильностью;
 1 — спонгиозный винт; 2 — кортикальный винт; 3 — винт с угловой стабильностью

Fig. 2. 3D models in two projections (frontal and lateral) of ankle arthrodesis:
 a — with three cancellous screws; b — the originally designed plate and two cancellous screws, the proximal screw is cortical; c — the originally designed plate and two cancellous screws, proximal screw with angular stability
 1 — cancellous screw, 2 — cortical screw, 3 — screw with angular stability

введенным через отверстие на изгибе пластины, и двумя винтами с угловой стабильностью, введенными через короткое плечо пластины. Следующим этапом фиксировали имплантат к большеберцовой кости винтом с угловой стабильностью через дистальное отверстие и кортикальным винтом через проксимальное отверстие пластины (второй вариант) или двумя винтами с угловой стабильностью (третий вариант).

Задачи о нагружении систем «кость-фиксаторы» внешними силами и моментами в статической постановке подробно описаны в работе А.В. Доля с соавторами [20]. Они решались численно методом конечных элементов в компьютерной программе Ansys (Ansys Inc., США). Оси системы координат, относительно которых задавались внешние нагрузки, были направлены следующим образом: ось Z — вдоль оси большеберцовой кости и вертикально вверх, ось Y — вдоль оси стопы в направлении от пяточной кости к пальцам, а ось X — перпендикулярно обеим осям Y и Z (рис. 3).

В качестве внешних нагрузок использовали силу, действующую вдоль оси большеберцовой кости и моделирующую половину веса тела человека в условиях жесткой фиксации таранной кости к горизонтальной плоскости, а также изгибающие и скручивающие моменты величиной 10 Н·м. Именно подобное усилие рекомендовали авторы в работе по исследованию голеностопного сустава методом конечных элементов [19]. Изгибающие и скручивающие моменты прикладываются к нижней трети большеберцовой кости с силой 400 Н + момент 10 Н·м и действуют в следующих направлениях: вальгусная нагрузка (вокруг оси Y), варусная нагрузка (вокруг оси Y), тыльное сгибание (вокруг оси X), подошвенное сгибание (вокруг оси X), инверсия (вокруг оси Z), эверсия (вокруг оси Z). Также было исследовано поведение систем фиксации рассматриваемыми конструкциями под действием нагрузки, возникающей при ходьбе (вес тела, умноженный на 3,3). Для расчета исполь-

зовали рекомендации, предложенные Т. Wehner с соавторами [21].

Кости и имплантаты считались изотропными и линейно-упругими [18, 19, 23]. Количественными характеристиками упругих свойств изотропного материала являются модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Механическими свойствами материалов по модулю Юнга для большеберцовой кости были 837 МПа, для таранной кости — 13000 МПа, для имплантатов (сплав титана) — 110000 МПа, а по коэффициенту Пуассона были одинаковыми и составляли 0,3 [18, 19].

При моделировании также учитывали контактное взаимодействие между большеберцовой и таранной костями, а также между костями и системами фиксации, рекомендованные М. Zhu с соавторами [19]. Свойства контактных пар были следующими: кость-кость — с трением, коэффициент трения 0,1; кость-винт — с трением, коэффициент трения 0,5; винт-пластина — полный контакт без трения и проскальзывания [19].

Резьбу на винтах моделировали инструментом Ansys, имитирующим резьбовое соединение [22]. На торцы головок винтов прикладывали давление величиной 50 МПа, имитирующее стягивающее усилие. Эти параметры были заданы для стандартизации эксперимента и взяты из аналогичных исследований других авторов [18, 19].

Для наибольшей приближенности исследования к реальным биологическим объектам был проведен анализ необходимой сеточной сходимости [23]. Он позволил определить характерный размер элемента вычислительной сетки, мало влияющей на результаты моделирования. Также вычислительная сетка существенно сгущалась в области резьбы винтов, чтобы с высокой точностью учесть резьбовое контактное взаимодействие между винтом и костью. Общее количество конечных элементов для каждой из моделей составило порядка 600 000, что соответствовало порядка 1 900 000 узлам.

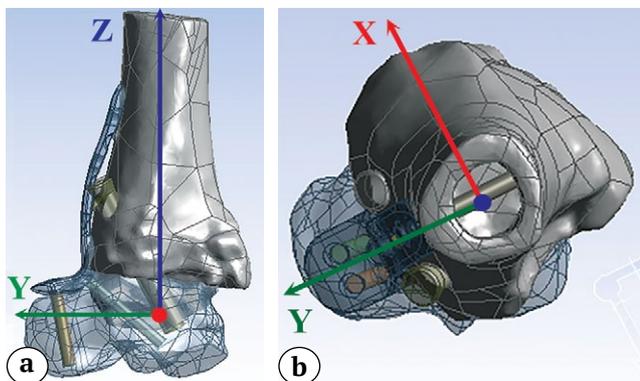


Рис. 3. Оси системы координат модели, относительно которых задавались внешние нагрузки:

а — вид сбоку; б — вид сверху

Fig. 3. The axes of the model coordinate system, relative to which the external loads were set:

а — side view; б — top view

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для каждой из трех рассмотренных моделей были проанализированы следующие характеристики напряженно-деформированного состояния таранной и большеберцовой костей, а также используемых имплантатов:

- максимальные эквивалентные напряжения в костях и имплантатах (рис. 4);
- наибольшее контактное давление на границе большеберцовой и таранной костей (рис. 5).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при всех исследованных видах перемещений наибольшее эквивалентное напряжение в имплантатах отметили в третьем варианте при тыльном сгибании стопы (331 МПа), а наименьшее — во втором варианте при подошвенном сгибании стопы (124 МПа).

При исследовании эквивалентных напряжений в таранной кости наибольшие нагрузки наблюдали в третьем варианте при вальгусном смещении, а наименьшие — во втором варианте при подошвенном сгибании стопы, которые составили 65 МПа и 20 МПа соответственно.

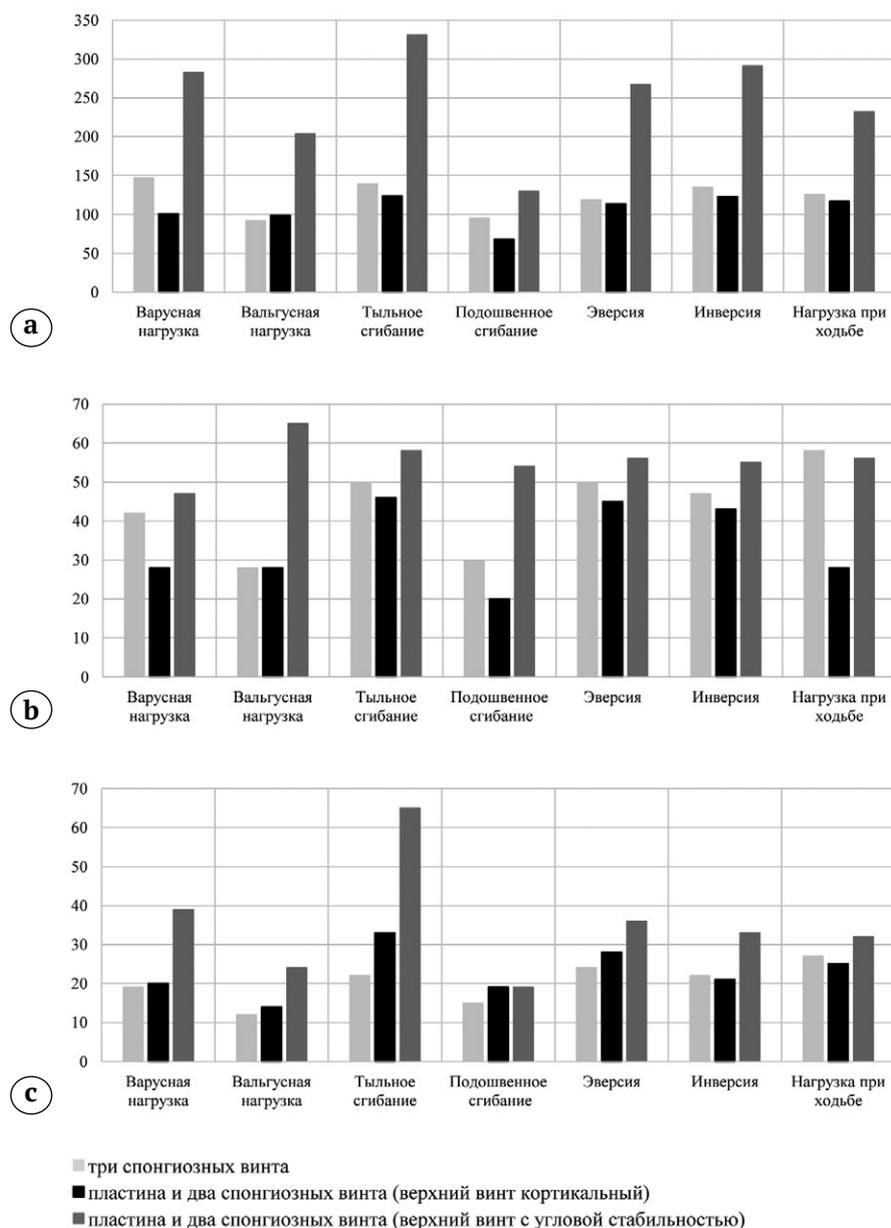


Рис. 4. Максимальные эквивалентные напряжения при различных видах нагрузок на голеностопный сустав, МПа: а — в исследуемых имплантатах; б — в таранной кости; с — в большеберцовой кости
Fig. 4. Maximum equivalent stresses for various types of loads on the ankle joint, MPa: a — in the studied implants; b — in the talus; c — in the tibia

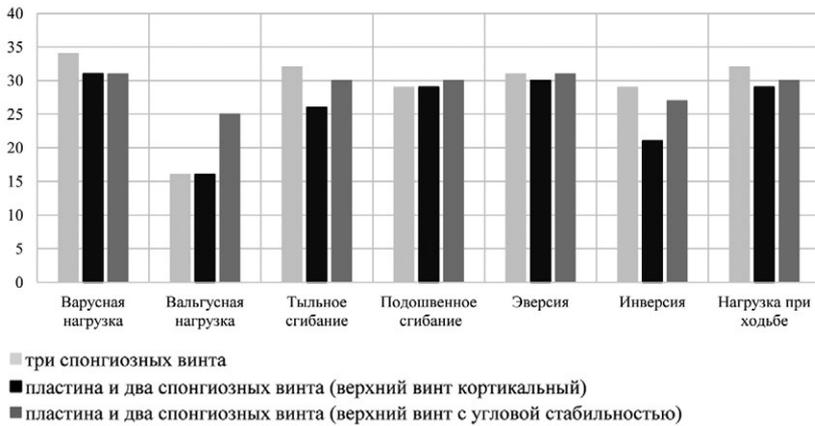


Рис. 5. Контактное давление на границе большеберцовой и таранной костей при использовании различных вариантов фиксации и нагрузок на голеностопный сустав, МПа

Fig. 5. Contact pressure at the border of the tibia and talus when using various options for fixation and loads on the ankle, MPa

Максимальное эквивалентное напряжение в большеберцовой кости отметили в третьем варианте при тыльном сгибании стопы, а наименьшее — в первом варианте при вальгусной нагрузке, которые составили 65 МПа и 12 МПа соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют, что показатели наибольшего контактного давления на границе большеберцовой и таранной костей наблюдали в первом варианте при варусной нагрузке, а наименьшего — в первом и втором вариантах при вальгусной нагрузке, которые составили 34 МПа и 16 МПа соответственно (см. рис. 5).

В связи с тем, что, по данным литературы, тыльное сгибание стопы является основным стрессовым фактором для анкилоза голеностопного сустава при ходьбе [25], ниже представлены более подробные результаты исследования напряженно-деформированного состояния при моделировании этой нагрузки.

На рисунке 6 показан пример типичных полей полных перемещений для всех моделей при тыльном сгибании стопы. Максимальное перемеще-

ние для модели с фиксацией тремя спонгиозными винтами составило 1,2 мм (рис. 6а), для третьего варианта — 1,04 мм (рис. 6с), а для второго варианта не превысило 1 мм (рис. 6б). В то же время максимальные перемещения во всех моделях наблюдались в дистальной трети большеберцовой кости выше мест введения имплантатов.

С целью выявления оптимального варианта фиксации вычислены типичные поля эквивалентных напряжений для всех моделей имплантатов при тыльном сгибании стопы. Следует отметить, что во второй и третьей моделях максимальное эквивалентное напряжение сконцентрировано в области верхнего винта, фиксирующего пластину к большеберцовой кости, и составляет 124 МПа и 331 МПа соответственно. Максимальное эквивалентное напряжение имплантатов в первой модели составило 139 МПа (рис. 7).

Максимальные эквивалентные напряжения в таранной кости при тыльном сгибании стопы составили 50 МПа, 46 МПа и 58 МПа соответственно для первого, второго и третьего вариантов моделей (рис. 8).

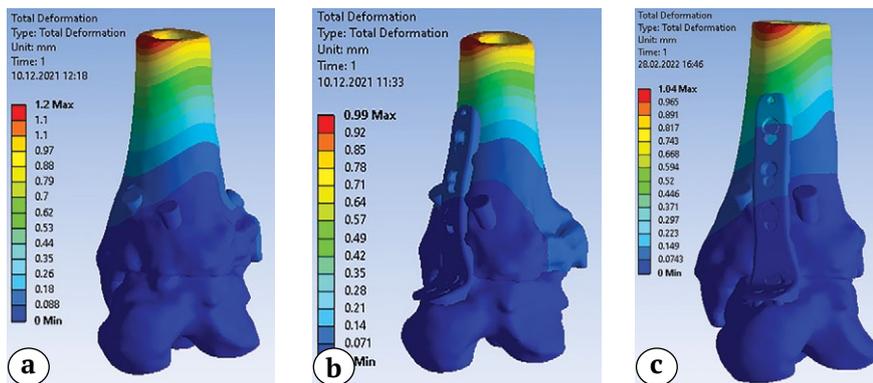


Рис. 6. Поля полных перемещений для трех моделей фиксации при тыльном сгибании, мм: а — три спонгиозных винта; б — пластина и два спонгиозных винта, проксимальный винт кортикальный; с — пластина и два спонгиозных винта, проксимальный винт с угловой стабильностью

Fig. 6. Total displacement fields for three models of dorsiflexion fixation, mm: а — three cancellous screws; б — the plate and two cancellous screws, the proximal screw is cortical; с — the plate and two cancellous screws, proximal screw with angular stability

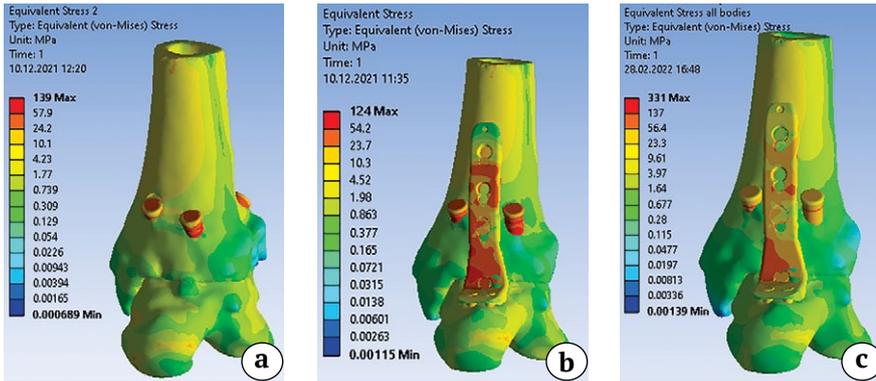


Рис. 7. Поля эквивалентных напряжений для моделей при тыльном сгибании, МПа:
 а — три спонгиозных винта; б — пластина и два спонгиозных винта, проксимальный винт кортикальный;
 с — пластина и два спонгиозных винта, проксимальный винт с угловой стабильностью

Fig. 7. Equivalent stress fields for dorsiflexion models, MPa:
 a — three cancellous screws; b — the plate and two cancellous screws, the proximal screw is cortical;
 c — the plate and two cancellous screws, proximal screw with angular stability

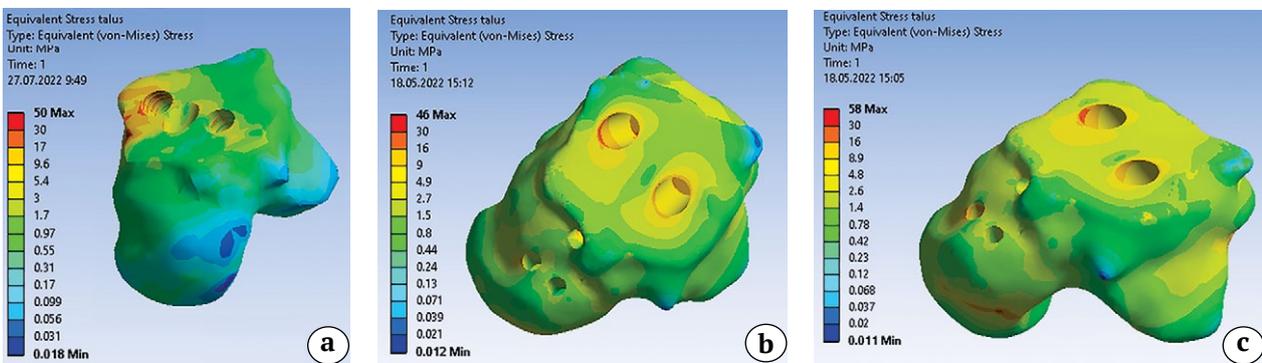


Рис. 8. Эквивалентные напряжения в таранной кости во время нагрузки, имитирующей тыльное сгибание стопы:
 а — три спонгиозных винта; б — пластина и два спонгиозных винта, проксимальный винт кортикальный, МПа;
 с — пластина и два спонгиозных винта, проксимальный винт с угловой стабильностью

Fig. 8. Equivalent stresses in the talus during loading simulating dorsiflexion of the foot, MPa:
 a — three cancellous screws; b — the plate and two cancellous screws, the proximal screw is cortical;
 c — the plate and two cancellous screws, proximal screw with angular stability

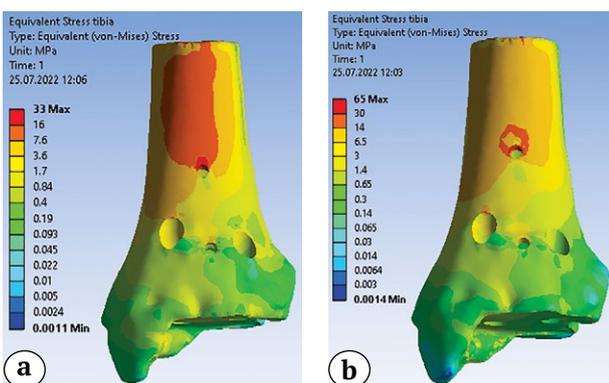


Рис. 9. Эквивалентные напряжения в большеберцовой кости во время нагрузки, имитирующей тыльное сгибание стопы, МПа:
 а — второй вариант; б — третий вариант

Fig. 9. Equivalent stresses in the tibia during a load simulating dorsiflexion of the foot, MPa:
 a — second option; b — third option

В моделях с фиксацией голеностопного сустава пластиной и двумя спонгиозными винтами во всех исследованных нагрузках наибольшее эквивалентное напряжение в большеберцовой кости отмечено в области отверстия под верхний винт, фиксирующий пластину. Например, при тыльном сгибании стопы эти показатели составили 33 и 65 МПа соответственно для второго и третьего вариантов (рис. 9).

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на более чем 140-летнюю историю существования операции артрореза голеностопного сустава как метода лечения деформирующего артроза, продолжается поиск оптимального имплантата, позволяющего обеспечить плотный костный контакт между большеберцовой и таранной костями и стабильную их фиксацию до полного сращения. С целью оценки стабильности способа

фиксации голеностопного сустава при артродезе по настоящий день продолжают выполнять биомеханические исследования, направленные на количественный анализ прочности и жесткости используемых имплантатов, а также относительных перемещений между таранной костью и большеберцовой [5, 15, 26, 27]. На сегодняшний день, наряду со стендовыми испытаниями на конечностях кадаверов либо на искусственных моделях костей и суставов, активно применяются различные варианты цифрового моделирования биологических объектов и нагрузок на них. Метод конечных элементов является наиболее распространенным инструментом для расчета напряженно-деформированного состояния опорно-двигательной системы, а также имплантатов, несущих нагрузки [17, 18, 28, 29].

В последнее время появились исследования, посвященные применению биомеханического моделирования артродеза голеностопного сустава с фиксацией винтами в различных комбинациях и количестве. Так, М. Zhu с соавторами выполнили конечно-элементное моделирование артродеза голеностопного сустава двумя спонгиозными винтами предложенной комбинацией с двумя ранее применявшимися комбинациями. Авторы на основании биомеханических характеристик разработанных моделей пришли к выводу, что предложенная комбинация двух спонгиозных винтов имеет большую исходную стабильность и распределение эквивалентных напряжений [19]. А.А. Vázquez с соавторами методом конечных элементов выполнили биомеханическое обоснование оптимального угла установки двух спонгиозных винтов по отношению к длинной оси большеберцовой кости при артродезе голеностопного сустава [30].

В данной работе представлены результаты численного биомеханического моделирования трех вариантов фиксации голеностопного сустава при артродезе. Рассмотрены 6 типов статических нагрузок, а также нагрузка, имитирующая ходьбу. Проанализирована стабильность каждого варианта фиксации, а также их прочность.

Вариант фиксации голеностопного сустава предложенной пластиной в комбинации с двумя спонгиозными винтами и проксимальным кортикальным винтом с точки зрения прочности имплантатов оказался более предпочтительным при всех видах нагрузок. Анализ эквивалентных напряжений в имплантатах проводится для определения их наибольших значений и сравнения с пределом прочности (с коэффициентом запаса прочности, равным 3)*. Имплантаты изготовлены из титанового сплава марки Ti6Al4V, предел проч-

ности которого составляет 970 МПа [24]. Таким образом, допускаемое напряжение составляет не более 323 МПа. Следует отметить, что эквивалентные напряжения в первых двух рассмотренных конструкциях не превышают допускаемых для титанового сплава. Это означает, что при рассмотренных нагрузках системы фиксации обеспечивают достаточную прочность. При третьем варианте фиксации голеностопного сустава максимальные эквивалентные напряжения в имплантатах превышают допускаемое напряжение. Наибольшие напряжения в этой модели обнаруживаются при тыльном сгибании стопы в области проксимального винта, фиксирующего пластину к большеберцовой кости. Следует также отметить, что во второй и третьей моделях максимальное эквивалентное напряжение сконцентрировано в области верхнего винта, фиксирующего пластину к большеберцовой кости, однако в третьей модели данный показатель в 2,5 выше, чем во второй модели. В то же время в первой модели максимальное эквивалентное напряжение сосредоточено в области всех трех установленных винтов. Имплантаты оказались менее нагруженными при первом варианте фиксации при варусной нагрузке и подошвенном сгибании стопы, при втором и третьем вариантах — при подошвенном сгибании стопы.

При сравнении результатов эквивалентных напряжений в таранной кости отмечено, что последняя оказалась менее нагруженной в случае фиксации голеностопного сустава передней пластиной, комбинированной с двумя спонгиозными винтами и верхним кортикальным винтом в сравнении с другими моделями. Необходимо подчеркнуть, что максимальные эквивалентные напряжения в таранной кости во втором варианте фиксации голеностопного сустава оказались в 2 раза меньше при нагрузке, имитирующей ходьбу, и в 1,5 раза меньше при варусной нагрузке и подошвенном сгибании стопы, чем при первом и третьем вариантах. Наименьшие напряжения таранная кость испытывала в первой модели фиксации голеностопного сустава при вальгусной нагрузке, во второй — при подошвенном сгибании стопы и в третьей — при варусной нагрузке.

Эквивалентные напряжения в большеберцовой кости оказались ниже, чем в таранной кости, при соответствующих нагрузках. При этом максимальные напряжения в большеберцовой кости при первом и втором вариантах фиксации голеностопного сустава оказались практически схожими, в то время как при третьем варианте превышали более чем в 1,5 раза. При моделировании вариантов фиксации голеностопного сустава пластиной и двумя спонгиозными винтами было выявлено,

* ГОСТ Р 52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.

что отверстие в большеберцовой кости под верхний винт, фиксирующий пластину, испытывает наибольшие напряжения в сравнении с другими областями кости. Этот вывод справедлив для всех рассмотренных видов нагрузок. Менее нагруженной большеберцовая кость оказалась при вальгусной нагрузке.

Что касается контактного давления на границе большеберцовой и таранной костей, то наибольшие значения данного показателя при всех вариантах фиксации голеностопного сустава были выявлены при варусной нагрузке. Так, при первом варианте фиксации оно составило 34 МПа, при втором и третьем — 31 МПа. Модель фиксации голеностопного сустава пластиной и двумя спонгиозными винтами показала несколько лучшие биомеханические характеристики для большинства видов нагрузок. Отметим, что избыточное контактное давление при нагрузках является неблагоприятным фактором, так как может привести к локальному остеолитису и потере коррекции положения анкилозируемых костей.

Также хочется отметить, что большинство значений напряженно-деформированного состояния первой модели схожи со значениями, представленными в работе S. Wang с соавторами. Так, например, авторы изучили параметры напряженно-

деформированного состояния моделей артродеза голеностопного сустава, фиксированного тремя спонгиозными винтами в пяти различных комбинациях, и привели близкие значения максимальных напряжений в таранной и большеберцовой кости, которые составили 45,8 и 23,4 МПа соответственно [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди изученных систем фиксации голеностопного сустава при артродезе наименьшие показатели напряженно-деформированного состояния модели «кость-фиксатор» выявлены у второго варианта. Таким образом, полученные результаты показали, что наиболее предпочтительным с точки зрения биомеханики является вариант артродеза голеностопного сустава предложенной пластиной, комбинированной с двумя спонгиозными винтами и проксимальным кортикальным винтом. Проведенные биомеханические исследования позволяют рекомендовать методику артродеза голеностопного сустава для применения в клинической практике при лечении пациентов с терминальной стадией деформирующего артроза, хотя, несомненно, формирование анкилоза голеностопного сустава зависит не только от механических, но и от биологических факторов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Хоминец В.В. — разработка концепции и дизайн исследования, анализ и интерпретация полученных данных.

Михайлов С.В. — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование текста.

Жумагазиев С.Е. — сбор, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста статьи.

Шукин А.В. — анализ и интерпретация полученных данных; редактирование текста.

Иванов Д.В. — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS

Author contribution

Khominec V.V. — study concept and design, analysis of the data.

Mikhailov S.V. — analysis and interpretation of data; editing the text.

Zhumagaziev S.E. — collection, analysis and interpretation of data; writing the text.

Shchukin A.V. — analysis and interpretation of data; editing the text.

Ivanov D.V. — collection and processing of material; analysis and interpretation of data.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Morash J., Walton D.M., Glazebrook M. Ankle Arthrodesis Versus Total Ankle Arthroplasty. *Foot Ankle Clin.* 2017;22(2):251-266. doi: 10.1016/j.fcl.2017.01.013.
- Prissel M.A., Simpson G.A., Sutphen S.A., Hyer C.F., Berlet G.C. Ankle Arthrodesis: A Retrospective Analysis Comparing Single Column, Locked Anterior Plating to Crossed Lag Screw Technique. *J Foot Ankle Surg.* 2017;56(3):453-456. doi: 10.1053/j.jfas.2017.01.007.
- Suo H., Fu L., Liang H., Wang Z., Men J., Feng W. End-stage Ankle Arthritis Treated by Ankle Arthrodesis with Screw Fixation Through the Transfibular Approach: A Retrospective Analysis. *Orthop Surg.* 2020;12(4):1108-1119. doi: 10.1111/os.12707.
- DeHeer P.A., Catoire S.M., Taulman J., Borer B. Ankle arthrodesis: a literature review. *Clin Podiatr Med Surg.* 2012;29(4):509-527. doi: 10.1016/j.cpm.2012.07.001.
- Somberg A.M., Whiteside W.K., Nilssen E., Murawski D., Liu W. Biomechanical evaluation of a second generation headless compression screw for ankle arthrodesis in a cadaver model. *Foot Ankle Surg.* 2016;22(1):50-54. doi: 10.1016/j.fas.2015.04.010.
- Михайлов К.С., Емельянов В.Г., Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Сорокин Е.П. Обоснование выбора операций артродезирования или эндопротезирования у пациентов с артрозом голеностопного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2016;(1): 21-32. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-21-32. Mikhaylov K.S., Emelyanov V.G., Tikhilov R.M., Kochish A.Yu., Sorokin E.P. [Substantiation of surgery method in patient with ankle osteoarthritis: arthrodesis or arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2016;(1):21-32. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-21-32.
- Хоминец В.В., Михайлов С.В., Шакун Д.А., Жумагазиев С.Е., Комаров А.В. Артродезирование голеностопного сустава с использованием трех спонгиозных винтов. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(2):117-126. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126. Khominets V.V., Mikhailov S.V., Shakun D.A., Shumagaziev S.E., Komarov A.V. [Ankle Arthrodesis with Three Cancellous Screws]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):117-126. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126.
- Onodera T., Majima T., Kasahara Y., Takahashi D., Yamazaki S., Ando R. et al. Outcome of transfibular ankle arthrodesis with Ilizarov apparatus. *Foot Ankle Int.* 2012;33:964-968.
- Teramoto A., Nozaka K., Kamiya T., Kashiwagura T., Shoji H., Watanabe K. et al. Screw Internal Fixation and Ilizarov External Fixation: A Comparison of Outcomes in Ankle Arthrodesis. *J Foot Ankle Surg.* 2020;59(2):343-346. doi: 10.1053/j.jfas.2019.09.012.
- Heuvel S.B.M., Doorgakant A., Birnie M.F.N., Blundell C.M., Schepers T. Open Ankle Arthrodesis: a Systematic Review of Approaches and Fixation Methods. *Foot Ankle Surg.* 2021;27(3):339-347. doi: 10.1016/j.fas.2020.12.011.
- Steginsky B.D., Suhling M.L., Vora A.M. Ankle Arthrodesis With Anterior Plate Fixation in Patients at High Risk for Nonunion. *Foot Ankle Spec.* 2020;13(3):211-218. doi: 10.1177/1938640019846968.
- van den Heuvel S.B.M., Penning D., Schepers T. Open Ankle Arthrodesis: A Retrospective Analysis Comparing Different Fixation Methods. *J Foot Ankle Surg.* 2022;61(2):233-238. doi: 10.1053/j.jfas.2021.07.012.
- Ross B.J., Savage-Elliott I., Wu V.J., Rodriguez R.F. Complications Following Total Ankle Arthroplasty Versus Ankle Arthrodesis for Primary Ankle Osteoarthritis. *Foot Ankle Spec.* 2021:1938640020987741. doi: 10.1177/1938640020987741.
- Zwipp H., Rammelt S., Endres T., Heineck J. High union rates and function scores at midterm followup with ankle arthrodesis using a four screw technique. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(4):958-968. doi: 10.1007/s11999-009-1074-5.
- Clifford C., Berg S., McCann K., Hutchinson B. A biomechanical comparison of internal fixation techniques for ankle arthrodesis. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54(2):188-191. doi: 10.1053/j.jfas.2014.06.002.
- Gutteck N., Martin H., Hanke T., Matthies J.B., Heilmann A., Kielstein H. et al. Posterolateral plate fixation with Talarlock® is more stable than screw fixation in ankle arthrodesis in a biomechanical cadaver study. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(3):208-212.
- Дубров В.Э., Зюзин Д.А., Кузькин И.А., Щербачев И.М., Донченко С.В., Сапрыкина К.А. Применение метода конечных элементов при моделировании биологических систем в травматологии и ортопедии. *Российский журнал биомеханики.* 2019; 23(1):140-152. doi: 10.15593/RZhBiomeh/2019.1.12. Dubrov V.E., Zyuzin D.A., Kuzkin I.A., Shcherbakov I.M., Donchenko S.V., Saprykina K.A. [Finite element modelling of biologic system in orthopedic trauma]. *Rossiiskii zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics]. 2019;23(1):140-152. (In Russian). doi: 10.15593/RZhBiomeh/2019.1.12.
- Wang S., Yu J., Ma X., Zhao D., Geng X., Huang J., Wang X. Finite element analysis of the initial stability of arthroscopic ankle arthrodesis with three-screw fixation: posteromedial versus posterolateral home-run screw. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):252. doi: 10.1186/s13018-020-01767-7.
- Zhu M., Yuan C.S., Jin Z.M., Wang Y.J., Shi Y.X., Yang Z.J. et al. Initial stability and stress distribution of ankle arthroscopic arthrodesis with three kinds of 2-screw configuration fixation: a finite element analysis. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):263. doi: 10.1186/s13018-018-0972-1.
- Доль А.В., Доль Е.С., Иванов Д.В. Биомеханическое моделирование вариантов хирургического реконструктивного лечения спондилолистеза позвоночника на уровне L4-L5. *Российский журнал биомеханики.* 2018;22(1):31-44. doi: 10.15593/RZhBiomeh/2018.1.03. Dol A.V., Dol E.S., Ivanov D.V. [Biomechanical modelling of surgical reconstructive treatment of spinal spondylolisthesis at l4-l5 level]. *Rossiiskii zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics]. 2018;22(1):31-44. (In Russian). doi: 10.15593/RZhBiomeh/2018.1.03.
- Wehner T., Claes L., Simon U. Internal loads in the human tibia during gait. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009;24(3):299-302. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2008.12.007.
- López-Campos J.A., Segade A., Casarejos E., Fernández J.R., Vilán J.A., Izquierdo P. Finite Element Study of a Threaded Fastening: The Case of Surgical Screws in Bone. *Symmetry.* 2018;10(8):335. doi: 10.3390/sym10080335.

23. Иванов Д.В., Доль А.В. Биомеханическое моделирование. Саратов: Амирит, 2021. 250 с.
Ivanov D.V., Dol A.V. [Biomechanical Modeling]. Saratov: Amirite, 2021. 250 p.
24. Zherebtsov S., Salishchev G., Galejev R., Maekawa K. Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Titanium Alloy with Submicrocrystalline Structure Produced by Severe Plastic Deformation. *Materials Transactions*. 2005;46(9):2020-2025. doi: 10.2320/matertrans.46.2020.
25. Nasson S., Shuff C., Palmer D., Owen J., Wayne J., Carr J. et al. Biomechanical comparison of ankle arthrodesis techniques: crossed screws vs. blade plate. *Foot Ankle Int*. 2001;22(7):575-580. doi: 10.1177/107110070102200708.
26. Friedman R.L., Glisson R.R., Nunley J.A. A biomechanical comparative analysis of two techniques for tibiotalar arthrodesis. *Foot Ankle Int*. 1994;15(6):301-305. doi: 10.1177/107110079401500604.
27. Miller R.A., Firoozbakhsh K., Veitch A.J. A biomechanical evaluation of internal fixation for ankle arthrodesis comparing two methods of joint surface preparation. *Orthopedics*. 2000;23(5):457-460. doi: 10.3928/0147-7447-20000501-14.
28. Erdemir A., Guess T.M., Halloran J., Tadepalli S.C., Morrison T.M. Considerations for reporting finite element analysis studies in biomechanics. *J Biomech*. 2012;45(4):625-633. doi: 10.1016/j.jbiomech.2011.11.038.
29. Kluess D., Wieding J., Souffrant R., Mittelmeier W., Bader R. Finite element analysis in orthopaedic biomechanics. In: Moratal D., ed. *Finite Element Analysis*. València; 2010. p. 151-170.
30. Vázquez A.A., Lauge-Pedersen H., Lidgren L., Taylor M. Finite element analysis of the initial stability of ankle arthrodesis with internal fixation: flat cut versus intact joint contours. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2003;18(3):244-253. doi: 10.1016/s0268-0033(02)00207-3.

Сведения об авторах

✉ Хоминец Владимир Васильевич — д-р мед. наук, профессор

Адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург,

ул. Академика Лебедева, д. 6

<https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>

e-mail: khominets_62@mail.ru

Михайлов Сергей Владимирович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-0098-8085>

e-mail: msv06@mail.ru

Жумагазиев Саян Елемесьевич

<https://orcid.org/0000-0002-5169-2022>

e-mail: shumagasiev@mail.ru

Щукин Алексей Вячеславович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-7754-8478>

e-mail: ossa.76@mail.ru

Иванов Дмитрий Валерьевич — канд. физ.-мат. наук

<https://orcid.org/0000-0003-1640-6091>

e-mail: ivanovdv.84@ya.ru

Authors' information

✉ Vladimir V. Khominets — Dr. Sci. (Med.), Professor

Address: 6, St. Petersburg, Akademika Lebedeva st.,

194044 Russia

<http://orcid.org/0000-0001-9391-3316>

e-mail: khominets_62@mail.ru

Sergey V. Mikhailov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-0098-8085>

e-mail: msv06@mail.ru

Sayan E. Zhumagaziev

<https://orcid.org/0000-0002-5169-2022>

e-mail: shumagasiev@mail.ru

Alexey V. Shchukin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-7754-8478>

e-mail: ossa.76@mail.ru

Dmitry V. Ivanov — Cand. Sci. (Phys.-Math.)

<https://orcid.org/0000-0003-1640-6091>

e-mail: ivanovdv.84@ya.ru



Безопасные артроскопические доступы к локтевому суставу при эпикондилитах: топографо-анатомическое обоснование

М.Р. Салихов¹, А.И. Мидаев¹, Н.Ф. Фомин^{1,2}

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. Артроскопические методики диагностики и лечения заболеваний локтевого сустава пока не приобрели широкого распространения в связи с малым объемом сустава, близким расположением сосудисто-нервных структур и сложностью манипулирования.

Цель исследования — определение безопасных зон для формирования малоинвазивных доступов к локтевому суставу при лечении пациентов с латеральным и медиальным эпикондилитами.

Материал и методы. Выполнено комплексное топографо-анатомическое и клиническое исследование. Топографо-анатомическая часть проведена на 30 нефиксированных анатомических препаратах верхней конечности. Изучались особенности сухожильно-мышечных и сосудисто-нервных структур, окружающих локтевой сустав, в зависимости от угла сгибания в локтевом суставе на трех различных уровнях: I уровень — 5 см выше суставной щели, II уровень — суставная щель, III уровень — шейка лучевой кости. В клинической части исследования вышеописанные структуры изучались с помощью МРТ у 30 пациентов.

Результаты. Плечевая артерия на I уровне находится на расстоянии 28,6 (28,4–28,7) мм от кости при сгибании конечности в локтевом суставе до 90°. Лучевой нерв на II уровне находится на расстоянии 15,8 (15,6–16,0) мм от условной медиальной эпикондиллярной линии (УМЭЛ). Срединный нерв расположен от УМЭЛ на расстоянии 17,5 (16,6–18,1) мм, а плечевая артерия — на 22,4 (20,5–22,8) мм. Передний пучок медиальной коллатеральной связки (МКС) имеет следующие средние значения ширины: проксимальная часть — 6,2±1,4 мм; средняя часть — 6,5±1,5 мм; дистальная часть — 9,3±1,4 мм. Средняя площадь прикрепления МКС к медиальному надмыщелку плечевой кости составляет 45,5±9,3 мм² и имеет округлую форму. Средняя длина лучевой коллатеральной связки — 20,5±1,9 мм; ширина — 5,2±0,8 мм, средняя площадь ее прикрепления на плечевой кости — 13,6±1,4 мм². Средняя площадь короткого лучевого разгибателя запястья на латеральном надмыщелке плечевой кости составляет 53,1±3,7 мм². Среднее расстояние от входа глубокой ветви лучевого нерва в супинаторный канал до суставной щели — 28 (25,5–29,6) мм.

Заключение. В результате исследования определены наиболее безопасные артроскопические доступы к локтевому суставу с минимальным риском повреждения сосудисто-нервных структур при лечении пациентов с латеральным и медиальным эпикондилитом.

Ключевые слова: медиальный эпикондилит, латеральный эпикондилит, артроскопия, канал супинатора, хирургические доступы к локтевому суставу.

Салихов М.Р., Мидаев А.И., Фомин Н.Ф. Безопасные артроскопические доступы к локтевому суставу при эпикондилитах: топографо-анатомическое обоснование. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4): 148–158. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1977>.

Мидаев Али Илесович; e-mail: midaewali@gmail.com

Рукопись получена: 27.07.2022. Рукопись одобрена: 27.10.2022. Статья опубликована онлайн: 29.11.2022.

© Салихов М.Р., Мидаев А.И., Фомин Н.Ф., 2022



Safe Arthroscopic Approaches for Epicondylitis: Topographic-Anatomical Study

Marsel R. Salikhov¹, Ali I. Midaev¹, Nikolay F. Fomin^{1,2}

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

Background. Arthroscopic methods of diagnosis and treatment of elbow diseases have not yet become widespread due to the small volume of the joint, the close location to neurovascular bundles and the manipulation difficulty.

The aim of the study was to determine the safe zones for the minimally invasive approaches to the elbow in patients with lateral and medial epicondylitis.

Methods. A complex anatomical and clinical study was performed. The anatomical part was carried out on 30 non-fixed anatomical preparations of the upper limb. The features of the tendon-muscular and neurovascular structures surrounding the elbow were studied, depending on the angle of elbow flexion at three different levels: level I – 5 cm above the articular gap, level II – the articular gap, level III – the neck of the radius. In the clinical part of the study, these structures were studied by MRI in 30 patients.

Results. The brachial artery at the level I is located from the bone at a distance 28.6 (28.4–28.7) mm at the elbow flexion to 90°. The radial nerve at level II is located at a distance of 15.8 (15.6–16.0) mm from the nominal medial epicondylar line (NMEL). From the NMEL the median nerve is located at a distance of 17.5 (16.6–18.1) mm, the brachial artery – 22.4 (20.5–22.8) mm. The anterior bundle of the medial collateral ligament has the following average width throughout: the proximal part – 6.2±1.4 mm; the middle part – 6.5±1.5 mm; the distal part – 9.3±1.4 mm. The average area of the medial collateral ligament attachment to the medial condyle of the humerus was 45.5±9.3 mm² and has a rounded shape. The average length of the radial collateral ligament was 20.5±1.9 mm; width – 5.2±0.8 mm, the average area of its attachment to the humerus was 13.6±1.4 mm². The average area of the extensor carpi radialis brevis on the lateral condyle of the humerus was 53.1±3.7 mm². The average distance from the entrance of the deep branch of the radial nerve into the supinator canal to the articular gap – 28 (25.5–29.6) mm.

Conclusion. The results of the study make it possible to choose the safe arthroscopic approaches to the elbow with minimal risk of damage to neurovascular structures in the treatment of patients with lateral and medial epicondylitis.

Keywords: medial epicondylitis, lateral epicondylitis, arthroscopy, supinator canal, surgical approach to the elbow joint.

Cite as: Salikhov M.R., Midaev A.I., Fomin N.F. [Safe Arthroscopic Approaches for Epicondylitis: Topographic-Anatomical Study]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):148–158. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1977>.

✉ Ali I. Midaev; e-mail: midaewali@gmail.com

Submitted: 27.07.2022. Accepted: 27.10.2022. Published Online: 29.11.2022.

© Salikhov M.R., Midaev A.I., Fomin N.F., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Неполная удовлетворенность пациентов с энтезопатиями дистального отдела плечевой кости результатами открытого хирургического лечения привела к разработке малоинвазивных техник [1]. Трудность оперативного лечения этой патологии связана со сложностью анатомического строения и биомеханики локтевого сустава (ЛС), а также с развивающимися в послеоперационном периоде контрактурами и гетеротипическими оссификациями [2].

Артроскопия ЛС позволяет не только проводить диагностику внутрисуставных изменений, но и одновременно выполнять все необходимые лечебные пособия [3]. В то же время артроскопия ЛС является сложной процедурой по сравнению с артроскопией коленного и плечевого суставов, что связано с малым объемом сустава, близким расположением сосудисто-нервных структур и технической сложностью процедуры [4]. Поэтому она не получила широкого распространения. Доля артроскопических вмешательств на ЛС в общей структуре артроскопий составляет 11% [5].

На сегодняшний день существует шесть общепринятых артроскопических доступов к ЛС, имеющих свои преимущества, недостатки и риски ятрогенных осложнений [3]. Риск повреждения сосудисто-нервных образований при артроскопии ЛС составляет до 11,8% [4, 6]. Выполнено множество исследований, посвященных изучению топографо-анатомических особенностей сосудисто-нервных структур в области ЛС, а также риску их повреждения инструментами, введенными в полость сустава через сформированные артроскопические порты [7, 8, 9]. Встречаются единичные исследования, в которых изучается степень смещения сосудисто-нервных структур в зависимости от угла сгибания в локтевом суставе [10, 11]. Наряду с этим практически отсутствуют исследования топографии сосудисто-нервных образований применительно к артроскопическому лечению пациентов с энтезопатиями дистального отдела плечевой кости [12]. Выполнено достаточно много кадаверных исследований, направленных на определение безопасных и эффективных артроскопических доступов к ЛС [5, 10, 11, 13].

Наиболее часто используются следующие артроскопические порты для лечения пациентов с патологией ЛС: проксимальный медиальный, передний латеральный, проксимальный латеральный и передний медиальный, однако практически отсутствуют публикации, посвященные обоснованию безопасности артроскопических доступов к ЛС при энтезопатиях дистального отдела плечевой кости [14, 15, 16].

Цель исследования — определение наиболее безопасных зон для формирования малоинвазивных доступов к локтевому суставу при лечении пациентов с эпикондилитами дистального отдела плечевой кости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Выполнено двухцентровое комплексное топографо-анатомическое и клиническое исследование.

Топографо-анатомическое исследование

Топографо-анатомическое исследование проведено на 30 нефиксированных препаратах ЛС людей (16 женщин и 14 мужчин), умерших в возрасте от 22 до 65 лет. В исследование не вошли препараты, подвергшиеся внешнему воздействию (травмы, ожоги), а также препараты людей с заболеваниями, вызывающими деструкцию сустава и суставных поверхностей.

Изучались следующие параметры:

1) топография и расположение магистральных сосудисто-нервных образований по отношению к прилегающим костным структурам, а также изменение этих параметров в зависимости от угла сгибания конечности в ЛС;

2) анатомические особенности и топография лучевой коллатеральной и локтевой коллатеральной связок и их взаимосвязь с сухожилиями короткого лучевого разгибателя запястья (КЛРЗ) и локтевого сгибателя запястья (ЛСЗ);

3) площадь прикрепления сухожилий КЛРЗ и ЛСЗ к дистальному отделу плечевой кости;

4) расположение аркады Фрозе (*canalis supinatorius*).

Первым этапом определяли кратчайшее расстояние от лучевого нерва до плечевой и лучевой костей и от срединного нерва до плечевой и локтевой костей при разных функциональных положениях верхней конечности в ЛС. Измерения выполнялись на трех уровнях: I уровень — на 5 см выше суставной щели; II уровень — на уровне сустава; III уровень — на уровне шейки лучевой кости (рис. 1).

После выделения сосудисто-нервного пучка в подмышечной впадине выполнялась установка подключичного одноканального катетера в подмышечную артерию, через который инъецировали масляную взвесь свинцовых белил.

Вдоль лучевого и срединного нервов были протянуты рентгеноконтрастные метки, выполненные из медной проволоки, после чего выполнялась ангиорентгенография области ЛС в прямой и боковой проекциях в трех функциональных положениях: при его сгибании на 90°, 120° и 0°. По полученным снимкам в боковой проекции проводили замеры расстояния от промаркированных структур до передней границы прилегающей кости (рис. 2).



Рис. 1. Схема анатомических образований на трех уровнях в области локтевого сустава (вид спереди)

Fig. 1. Scheme of anatomical structures at three levels in the area of the elbow (front view)

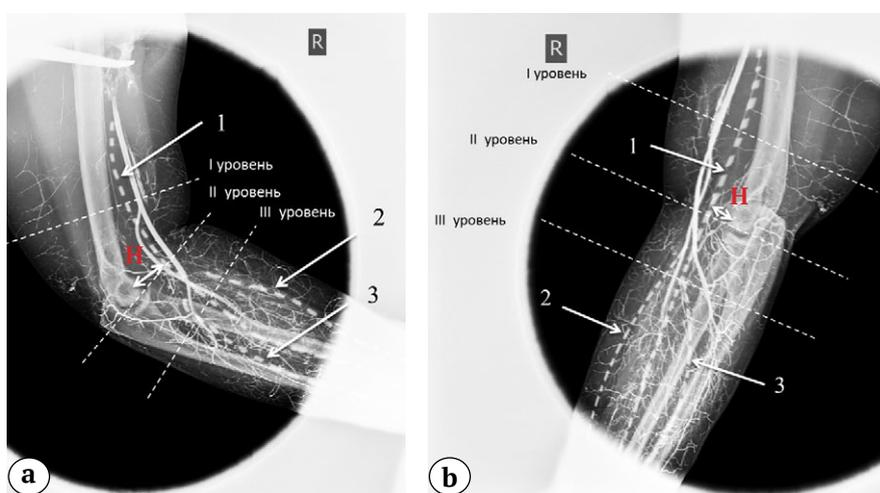


Рис. 2. Ангиорентгенограммы правого локтевого сустава в боковой проекции: а — сгибание на 0°; б — на 90°; стрелками указаны рентгеноконтрастные метки; 1 — срединный нерв; 2 — поверхностная ветвь лучевого нерва; 3 — глубокая ветвь лучевого нерва; Н — расстояние от плечевой артерии до передней поверхности плечевой кости

Fig. 2. Angiograms of the right elbow: a — lateral projection, flexion by 0°; b — lateral projection, flexion by 90°, where the arrows indicate X-ray contrast marks: 1 — median nerve; 2 — superficial branch of the radial nerve; 3 — deep branch of the radial nerve; H — distance from brachial artery to the anterior surface of the humerus

Измерения выполняли на I, II и III уровнях. Затем проводили анализ полученных данных с целью определения положения конечности, при котором изучаемое расстояние было максимальным.

По ангиорентгенограммам в прямой проекции на II уровне в положении полного разгибания изучались расстояния от условной латеральной эпикондиллярной линии (УЛЭЛ) до лучевого нерва и от условной медиальной эпикондиллярной линии (УМЭЛ) до срединного нерва и плечевой артерии (рис. 3). Данный этап исследования был необходим для определения безопасных зон, в которых повреждение сосудисто-нервных образований сведено к минимуму, так как II уровень является наиболее удобным для расположения артроскопических портов.

Следующим этапом изучали индивидуальные особенности, в частности вариабельность строения, топографии, взаиморасположения сухо-

жильных групп мышц сгибателей и разгибателей предплечья. Особое внимание уделялось сухожилиям, наиболее подверженным дегенеративным изменениям при эпикондилитах дистального отдела предплечья. По данным литературы, наиболее часто поражаются ЛСЗ, плечевая головка круглого пронатора при медиальном эпикондилите и КЛРЗ при латеральном эпикондилите [17, 18] (рис. 4).

Для определения объема, необходимого для полноценной резекции дегенеративно измененного сухожилия, определяли площади энтезисов к надмыщелкам плечевой кости. Для выполнения данной задачи проводили бережное препарирование изучаемых сухожилий с последующим их отсечением от плечевой кости, выполняли морфометрические замеры и с помощью подобранных формул вычисляли площадь зоны прикрепления.

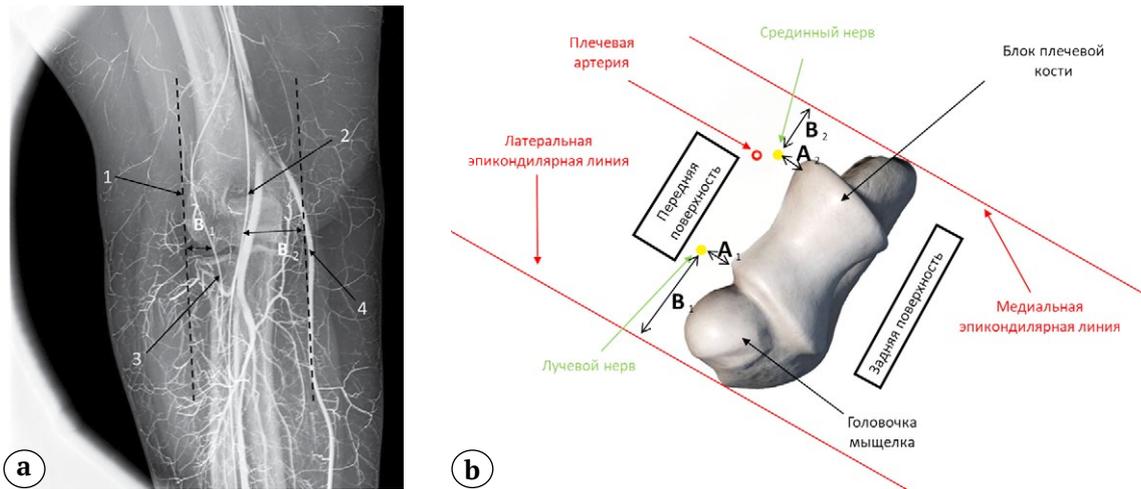


Рис. 3. Взаимное расположение сосудисто-нервных структур на II уровне ЛС: а – ангиорентгенограмма; б – схематическое изображение; A_1 – расстояние от лучевого нерва до передней поверхности плечевой кости; A_2 – от срединного нерва до передней поверхности плечевой кости; B_1 – от лучевого нерва до УЛЭЛ; B_2 – от срединного нерва до УМЭЛ; 1 – УЛЭЛ; 2 – срединный нерв; 3 – лучевой нерв; 4 – УМЭЛ

Fig. 3 Vascular and nerve structures at the elbow II level: а – angiogram; б – schematic image; A_1 – the distance from the radial nerve to the humerus anterior surface; A_2 – from the median nerve to the humerus anterior surface; B_1 – from the radial nerve to the lateral epicondylar line; B_2 – from the median nerve to the medial epicondylar line; 1 – lateral epicondylar line; 2 – median nerve; 3 – radial nerve; 4 – medial epicondylar line

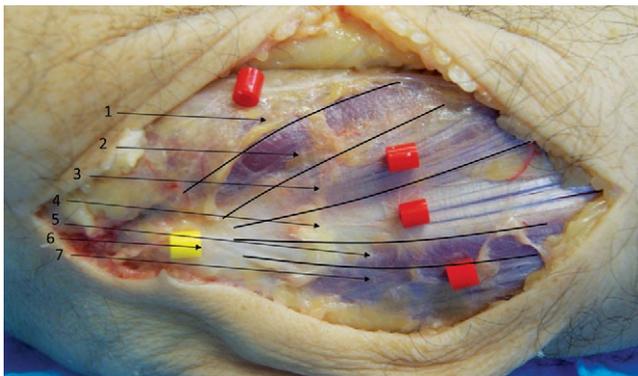


Рис. 4. Нефиксированный анатомический препарат правого локтевого сустава, вид с латеральной поверхности предплечья; топография сухожилий разгибателей в области латерального надмышечка плечевой кости. Линиями обозначены межмышечные границы: 1 – плечелучевая мышца; 2 – длинный лучевой разгибатель запястья; 3 – короткий лучевой разгибатель запястья; 4 – поверхностный разгибатель пальцев; 5 – разгибатель мизинца; 6 – латеральный надмышечок плечевой кости; 7 – локтевой сгибатель запястья

Fig. 4. Unfixed anatomical preparation of right elbow, view from the lateral surface of the forearm. Topography of the extensor tendons in the area of the lateral epicondyle of the humerus. Black lines marked to intermuscular borders: 1 – brachioradialis muscle; 2 – *extensor carpi radialis longus*; 3 – *extensor carpi radialis brevis*; 4 – *superficial extensor digitorum*; 5 – extensor of the little finger; 6 – lateral epicondyle of the humerus; 7 – *flexor carpi ulnaris*

Затем изучали расположение канала супинатора – так называемую супинаторную дугу, или аркаду Фрозе. Для этого на 30 макропрепаратах проводилось препарирование топографической области в проекции лучевого нерва, а затем выделение его от уровня суставной щели ЛС до вхождения глубокой ветви лучевого нерва в супинаторный канал с последующей фиксацией этого расстояния на каждом макропрепарате.

Результаты топографо-анатомического исследования заносились в протоколы. Для сохранения фактического материала и возможности дополнительного анализа основные этапы исследования фиксировались при помощи цифровой фотосъемки. Для анализа вариабельности изучаемых расстояний и их статистического анализа результаты протоколов вносились в таблицу Excel.

Клиническое исследование

В клинической части исследования изучали варианты строения сосудисто-нервных (плечевая артерия, локтевой, срединный, лучевой нервы) и сухожильно-мышечных образований путем анализа 30 магнитно-резонансных томограмм ЛС, выполненных на томографе Philips 3,0 Т. МРТ проводили 16 мужчинам и 14 женщинам с начальными стадиями остеоартроза, средний возраст – $44,0 \pm 6,3$ года (от 21 до 67). Для обработки данных МРТ была использована компьютерная программа Dicom Viewer Radiant (Medixant, Польша).

На МРТ ЛС на II уровне в аксиальной проекции измеряли расстояния от лучевого и срединного нервов и плечевой артерии до передней границы тени плечевой кости. Также от вышеупомянутых структур измеряли расстояния до УЛЭЛ и УМЭЛ (рис. 5).

На томограммах в коронарной проекции изучали особенности топографии и морфометрические характеристики капсульно-связочных структур ЛС, а именно лучевой коллатеральной связки (ЛКС) и переднего пучка медиальной коллатеральной связки (ППМКС) (рис. 6). На томограммах в сагиттальной проекции изучались размеры зон прикрепления сухожилий КЛРЗ и ЛСЗ к латеральному и медиальному надмыщелкам плечевой кости.

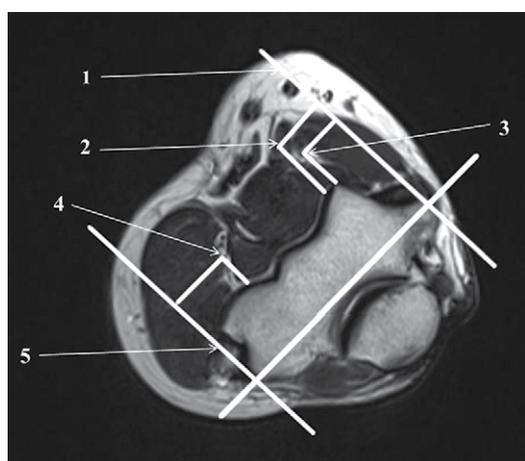


Рис. 5. МРТ локтевого сустава, аксиальная проекция: 1 — условная медиальная эпикондиллярная линия; 2 — плечевая артерия; 3 — срединный нерв; 4 — лучевой нерв; 5 — условная латеральная эпикондиллярная линия

Fig. 5. MRI of the elbow joint, axial projection, where: 1 — medial epicondylar line; 2 — brachial artery; 3 — median nerve; 4 — radial nerve; 5 — lateral epicondylar line

Статистический анализ

Статистическая обработка данных осуществлялась с применением программы Past 306 с последующим построением таблиц. Нормальность распределения данных оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка. Для нормально распределенных показателей представлены средние величины, стандартное отклонение и 95% доверительный интервал. Статистическую значимость различий средних величин в зависимых выборках оценивали с помощью t-критерия Вилкоксона парных сравнений. Критическим считали значение $p < 0,05$. Для показателей, не являющихся нормально распределенными, описательные характеристики представляли медианой и верхним и нижним квартилями (Q_1 – Q_3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты топографо-анатомического исследования

Результаты первого этапа топографо-анатомического исследования показали, что при сгибании верхней конечности в ЛС от 0° до 90° лучевой и срединный нервы находятся на максимальном расстоянии от костных структур, однако сгибание до 120° приводит к уменьшению этого расстояния (табл. 1). Из-за увеличения до максимума расстояния между изучаемыми нервами и костными структурами на уровнях II и III манипуляции в ЛС и доступы на этих уровнях более безопасны, чем на уровне I.

Кадаверные рентгено-ангиографические исследования плечевой артерии в области ЛС показали, что при сгибании до 90° плечевая артерия удаляется от кости и находится на максимальном расстоянии на I уровне (табл. 2).

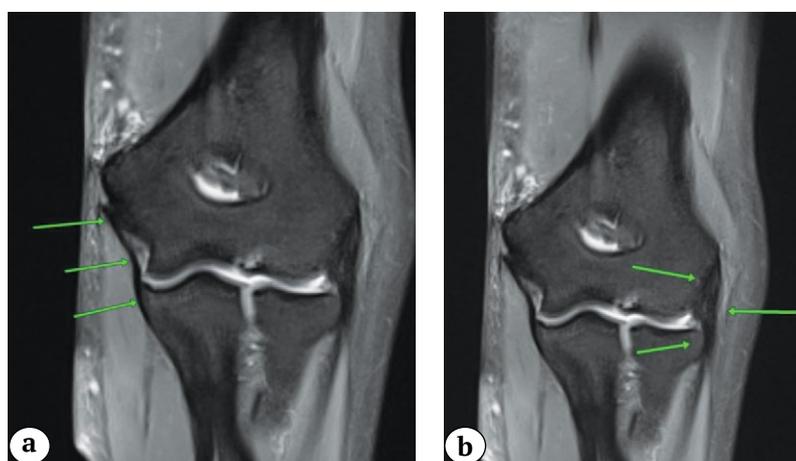


Рис. 6. МРТ локтевого сустава, аксиальная проекция. Стрелками обозначены: а — передний пучок локтевой коллатеральной связки; б — лучевая коллатеральная связка

Fig. 6. MRI of the elbow, axial projection. Arrows indicate: а — anterior bundle of the ulnar collateral ligament; б — radial collateral ligament

Таблица 1
Расстояние от передней тени костных структур до периферических нервов

Уровень	Нерв	Угол сгибания в ЛС, град.	Me (Q ₁ -Q ₃), мм
I	Лучевой	0	6,4 (6,2-6,6)
		90	7,8 (7,4-8,4)
		120	6,9 (6,7-7,1)
	Срединный	0	15,4 (15,2-16,0)
		90	16,2 (15,8-16,5)
		120	15,5 (15,3-16,2)
II	Лучевой	0	13,4 (13,1-13,7)
		90	16,4 (16,0-16,5)
		120	16,1 (15,7-16,2)
	Срединный	0	13 (12,6-13,5)
		90	21,8 (21,6-22,5)
		120	21,6 (21,4-22, 2)
III	Лучевой	0	9,7 (9,5-9,9)
		90	14,7 (14,3-15,2)
		120	14,6 (14,4-15,0)
	Срединный	0	6,4 (5,8-6,8)
		90	15,2 (14,9-15,6)
		120	14,9 (14,4-15,2)

Таблица 2
Расстояние от плечевой артерии до передней тени прилегающей кости на трех уровнях

Уровень	Угол сгибания в ЛС, град.	Me (Q ₁ -Q ₃), мм
I	0	26, 9 (26,6-27,2)
	90	28,6 (28,4-28,7)
	120	27,8 (27,7-28,1)
II	0	15,3 (15,2-15,4)
	90	16,8 (16,5-17,1)
	120	15,8 (15,6-16,0)
III	0	19,7 (19,5-19,9)
	90	21,4 (21,2-21,7)
	120	20,8 (20,7-21,0)

Затем определяли безопасные интервалы возможного смещения порта от надмышелков плечевой кости во фронтальной плоскости на II уровне, так как именно этот уровень наиболее удобен для проведения релиза поврежденных сухожилий.

При изучении расстояний от УЛЭЛ до лучевого нерва и от УМЭЛ до срединного нерва и плечевой артерии по ангиорентгенограммам на II уровне определено, что лучевой нерв располагается на расстоянии 15,8 (15,6-16,0) мм, срединный нерв отдален от УМЭЛ на 17,5 (16,6-18,1) мм, а плечевая артерия — на 22,4 (20,5-22,8) мм.

С точки зрения удобства работы с поврежденными сухожилиями разгибательной и сгибательной групп мышц предплечья наиболее подходящим является II уровень. Определены расстояния от надмышелков до важных сосудисто-нервных образований:

1) для латерального порта зона расположена не более чем на 15 мм от УЛЭЛ, при смещении более 15 мм увеличивается риск травматизации лучевого нерва;

2) для медиального порта зона ограничена 15 мм от УМЭЛ, при увеличении данного расстояния возрастает риск повреждения плечевой артерии и срединного нерва.

В ходе второго этапа выявлено, что средняя проксимальная ширина ППМКС равна 6,2±1,4 (4,2-9,1) мм. Средняя ширина средней части составляет 6,5±1,5 (4,3-9,2) мм, средняя дистальная ширина равна 9,3±1,4 (6,2-13,5) мм. Средняя площадь зоны ее прикрепления к медиальному надмышелку плечевой кости составляет 45,5±9,3 (25,9-59,4) мм² и имеет округлую форму. В области локтевой кости (венечного отростка) она имеет продолговатую форму, средняя площадь прикрепления — 65,4 (54,3-78,6) мм², общая длина ППМКС составляет 21,5 (20,0-23,0) мм.

ЛКС очень тесно прилегает к сухожилию КЛРЗ и находится выше средней плечелучевой линии сустава, при попытке выполнения релиза КЛРЗ ниже этой линии высок риск повреждения ЛКС. Средняя общая длина ЛКС составляет 20,5±1,9 мм, ширина пучка ЛКС — 5,2±0,8 мм, средняя общая длина латеральной локтевой коллатеральной связки — 44,6±1,9 мм. Средняя площадь зоны прикрепления ЛКС на плечевой кости — 13,6±1,4 мм².

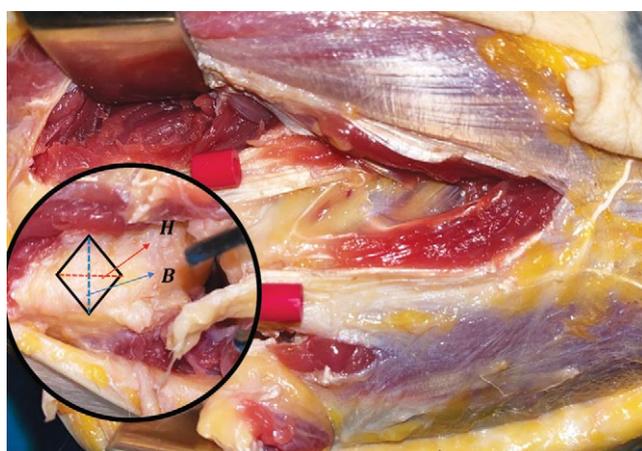
КЛРЗ располагается непосредственно под длинным лучевым разгибателем запястья, и для оценки данной структуры необходимо его рассечь или сместить. Также обнаружено, что КЛРЗ прилегает непосредственно к передней капсуле ЛС. Средняя площадь КЛРЗ представлена в таблице 3. В ходе изучения сухожилия КЛРЗ в области прикрепления к наружному надмышелку плечевой кости выявлено, что эта область имеет форму ромба (рис. 7).

Сухожильная часть ЛСЗ располагается выше средней плечелоктевой линии, непосредственно прилегает к ППМКС, и при выполнении релиза ЛСЗ ниже средней плечелоктевой линии повышается вероятность повреждения медиальной

коллатеральной связки. Средняя площадь ЛСЗ в области прикрепления к медиальному надмыщелку плечевой кости представлена в таблице 3.

Таблица 3
Площадь области прикрепления сухожилий к надмыщелкам плечевой кости на II уровне

Структура	M±SD, мм ²
Короткий лучевой разгибатель запястья	53,1±3,7
Лучевой сгибатель запястья	58,3±6,3



При изучении сухожилий сгибательной группы мышц предплечья, а именно области прикрепления сухожилия ЛСЗ к медиальному надмыщелку плечевой кости, выявлено, что она имеет форму круга (рис. 8).

Медиана расстояния от суставной щели до входа глубокой двигательной ветви лучевого нерва в супинаторный канал составила 28 (25,5–29,6) мм, что обуславливает высокий риск повреждения этой структуры при работе в этих зонах.

Результаты клинического исследования

В ходе МРТ-исследования ЛС в аксиальных проекциях на II уровне измеряли расстояния от сосудисто-нервных структур (лучевой и срединный нервы, плечевая артерия) до передней границы тени плечевой кости, а также от лучевого нерва до УЛЭЛ и от срединного нерва и плечевой артерии до УМЭЛ (табл. 4).

Рис. 7. Нефиксированный анатомический макропрепарат правого локтевого сустава. Область прикрепления КЛРЗ обозначена ромбом, синей стрелкой обозначена ширина (B), красной стрелкой — высота (H)

Fig. 7. Unfixed anatomical macropreparation of the right elbow. Attachment of *extensor carpi radialis brevis*, where the tendon is indicated by a rhombus, the blue arrow indicates the width, the red arrow — the height

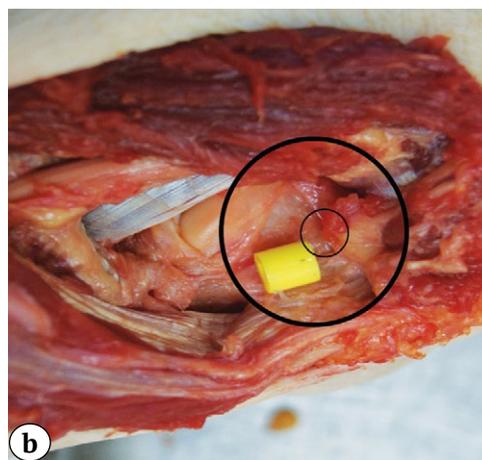
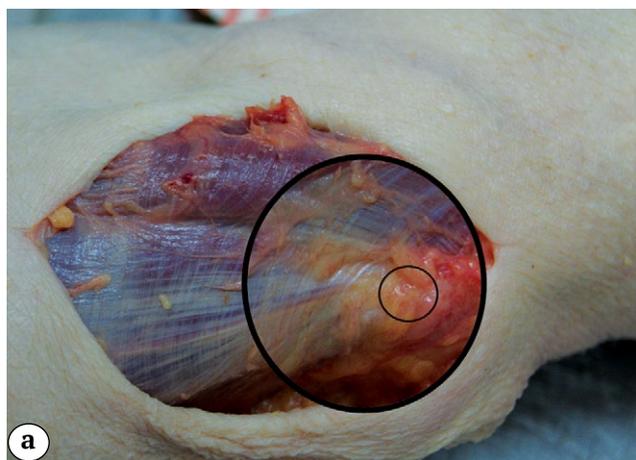


Рис. 8. Нефиксированный макропрепарат левого локтевого сустава. Измерение зоны прикрепления сухожилия лучевого сгибателя запястья: а — область прикрепления лучевого сгибателя запястья обозначена кругом; б — состояние после обнажения области прикрепления сухожилия лучевого сгибателя запястья к медиальному надмыщелку плечевой кости (обозначено желтой меткой)

Fig. 8. Unfixed macropreparation of the left elbow. Measurement of the attachment of the tendon of the flexor carpi radialis of the left elbow joint, where the area of attachment of the flexor carpi radialis is marked by a circle
a — the macropreparation of the tendons of the flexors of the left elbow joint, where the area of attachment of the radial flexor of the wrist is marked by a circle.
b — the macropreparation, a condition after exposure of the area of attachment of the tendon of the radial flexor of the wrist to the area of the medial condyle of the humerus (marked by a yellow label)

Таблица 4

Расстояние от сосудисто-нервных структур до УЛЭЛ и УМЭЛ на II уровне при полном разгибании верхней конечности

Структура	Линия	Me (Q ₁ -Q ₃), мм
Лучевой нерв	УЛЭЛ	17,6 (17,4-17,9)
Плечевая артерия	УМЭЛ	22,8 (22,7-23,2)
Срединный нерв		18,8 (18,7-19,2)

Полученные результаты не имеют статически значимых различий с данными, полученными при анализе ангиорентгенограмм в топографо-анатомической части исследования ($p > 0,05$). Безопасным расстоянием от условных эпикондиллярных линий можно считать 16 мм против 15 мм, полученных по ангиорентгенограммам (табл. 5).

Таблица 5

Расстояние от сосудисто-нервных структур до передней поверхности плечевой кости на II уровне при полном разгибании верхней конечности по данным топографо-анатомического исследования и МРТ, Me (Q₁-Q₃), мм

Анатомическая структура	МРТ	Топогр.-анатом.
Лучевой нерв	12,8 (12,4-13,7)	13,4 (13,1-13,7)
Плечевая артерия	15,7 (15,7-15,9)	15,3 (15,2-15,4)
Срединный нерв	14,9 (14,3-15,8)	13 (12,6-13,5)

$p > 0,05$.

В заключительной части клинического исследования определяли длину медиальной и лучевой коллатеральных связок, а также площадь зон их прикрепления. По данным МРТ, средняя длина ППМКС составляет 20,5 (19,6-23,5) мм. Лучше всего на МРТ он визуализируется на фронтальных срезах. Средняя длина ЛКС составляет 26,5 (24,7-28,7) мм. Выявленные показатели могут быть полезны в случаях их ятрогенного повреждения при выполнении релиза поврежденных сухожилий.

Также по данным МРТ определены средние площади зон прикрепления: сухожилия КЛРЗ — 52,4 мм², ЛСЗ — 56,2 мм². Средняя ширина КЛРЗ в области прикрепления составила 3,1±1,7 мм: в средней части — 7,2±2,1 мм и в дистальной части — 4,5±1,8 мм. Средняя ширина ЛСЗ в области прикрепления составила 4,3±1,3 мм: в средней части — 8,1±2,3 мм и в дистальной части — 5,7±2,1 мм. Полученные результаты не имеют статистически значимых различий с данными, полученными в топографо-анатомической части исследования ($p > 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Риск повреждения сосудисто-нервных структур во время артроскопии ЛС обусловлен различными факторами: недостаточным опытом хирурга, плохим знанием топографии сосудисто-нервных образований, близким расположением нервов в зоне выполнения артроскопических доступов [20]. При артроскопическом лечении латерального эпикондилита наиболее уязвимыми для повреждения являются глубокая ветвь лучевого нерва, медиальный кожный нерв предплечья, передний межкостный нерв предплечья, который также является ветвью срединного нерва [21, 22]. Глубокая ветвь лучевого нерва и передний межкостный нерв являются двигательными ветвями, при повреждении которых нарушаются функции кисти.

Согласно результатам выполненного нами топографо-анатомического исследования, лучевой и срединный нервы находятся на максимальном расстоянии от костных структур при угле сгибания ЛС от 0 до 90°, но дальнейшее сгибание приводит к уменьшению расстояния. По данным С.Д. Миллера с соавторами, расстояние срединного и лучевого нервов от кости составляет 12 и 6 мм соответственно при сгибании 90°. Стоит отметить, что в своем исследовании авторы использовали солевой раствор для инсуффляции, что существенно увеличивает расстояние от сосудисто-нервных структур до кости, однако они оценивали расстояние от капсулы сустава до нервных структур [10]. Похожее исследование было выполнено М. Накл с соавторами, которые оценивали расстояние от сосудисто-нервных структур до кости при сгибании в локтевом суставе, а также при инсуффляции 20 мл солевого раствора в сустав [11].

В отечественной литературе мы не нашли сообщений о топографо-анатомических исследованиях, посвященных определению безопасных зон для формирования артроскопических доступов при лечении медиального эпикондилита плечевой кости. Ранее нами было выполнено комбинированное топографо-анатомическое и клиническое исследование на 12 анатомических препаратах ЛС человека для определения особенностей строения медиальной коллатеральной связки и безопасных артроскопических портов при выполнении релиза ЛСЗ [23]. Результаты данного исследования показали, что безопасная зона для выполнения хирургического вмешательства располагается выше средней линии плечелоктевого сустава на 2 (1,0-3,2) мм. В этой зоне минимальный риск повреждения ППМКС.

В ходе изучения ППМКС выявлено, что она имеет плотное расположение по отношению к лучевому сгибателью запястья. Ширина локтевой коллатеральной связки была измерена в трех местах. И эти значения согласуются со значениями, полученными в исследованиях S. Floris с соавторами [24],

L.A. Timmerman с соавторами [25], W.D. Regan с соавторами [26]. Измерения, выполненные в данном исследовании, показали, что ширина связки неравномерна, увеличивается в дистальном направлении (к месту прикрепления) в среднем до 9,3 мм. Нет особых различий в области прикрепления связки к дистальному отделу плечевой кости, данные результатов схожи с данными, представленными S.W. O'Driscoll с соавторами [27]. Полученные данные имеют большое значение для хирурга, т.к. из-за топографических особенностей в ходе релиза ЛСЗ можно повредить ППМКС. В случае повреждения данной структуры более чем на 50% (в проксимальной части — более $3,0 \pm 1,4$ мм, в средней части связки — $3,5 \pm 1,5$ мм) возрастает риск развития вальгусной нестабильности ЛС.

По нашим данным, средняя площадь прикрепления ППМКС к медиальному надмышелку плечевой кости составляет $45,5 \pm 9,3$ мм², что совпадает с результатами исследования M.E. Cinque с соавторами [28]. В ходе изучения ЛКЗ было выявлено, что средняя площадь ее прикрепления к мышелкам плечевой кости составляет $13,6 \pm 1,4$ мм². Это отличается от данных, представленных D. Bernholt с соавторами — $7,1$ мм² [29].

По результатам настоящего исследования, расстояние от суставной щели до входа глубокой дви-

гательной ветви лучевого нерва в супинаторную дугу составляет 28 (25,5–29,6) мм. Ее повреждение возможно при формировании артроскопического порта на 3 см дистальнее и на 1 см кпереди от латерального надмышелка плечевой кости. Полученные данные полностью совпадают с результатами исследования N.F. Hilgersom с соавторами [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для выполнения доступов наиболее безопасным при артроскопическом лечении энтезопатии дистального отдела плечевой кости является II уровень. Для артроскопического релиза КЛРЗ рекомендуется использовать проксимальный медиальный доступ на 2,0 см проксимальнее и на 0,5 см кпереди от медиального надмышелка плечевой кости и передний латеральный доступ, расположенный на расстоянии 1,0 см дистальнее и на 1,0 см кпереди от латерального надмышелка плечевой кости. Для артроскопического релиза ЛСЗ рекомендуется использовать передний латеральный доступ, находящийся на 1,0 см дистальнее и на 1,0 см кпереди от латерального надмышелка плечевой кости, и передний медиальный доступ, находящийся на 2,0 см дистальнее и на 2,0 см кпереди от медиального надмышелка плечевой кости.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Baker C.L., Murphy K.P., Gottlob C.A., Curd D.T. Arthroscopic classification and treatment of lateral epicondylitis: two-year clinical results. *J Shoulder Elbow Surg.* 2000;9(6):475-482. doi: 10.1067/mse.2000.108533.
2. Riff A.J., Saltzman B.M., Cvetanovich G., Frank J.M., Hemu M.R., Wysocki R.W. Open vs Percutaneous vs Arthroscopic Surgical Treatment of Lateral Epicondylitis: An Updated Systematic Review. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2018;47(6). doi: 10.12788/ajo.2018.0043.

DISCLAIMERS

Author contribution

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

3. Chow H.Y., Eygendaal D., The B. Elbow arthroscopy – Indications and technique. *J Clin Orthop Trauma.* 2021;19:147-153. doi: 10.1016/j.jcot.2021.05.022.
4. Elfeddali R., Schreuder M.H.E., Eygendaal D. Arthroscopic elbow surgery, is it safe? *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(5):647-652. doi: 10.1016/j.jse.2013.01.032.
5. Erickson B.J., Chalmers P.N., Cvetanovich G.L., Frank R.M., Romeo A.A., Harris J.D. Quality and Quantity of the Elbow Arthroscopy Literature: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2016;45(5):E290-298.

6. Kelly E.W., Morrey B.F., O'Driscoll S.W. Complications of elbow arthroscopy. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83(1): 25-34. doi: 10.2106/00004623-200101000-00004.
7. Adolfsson L. Arthroscopy of the elbow joint: a cadaveric study of portal placement. *J Shoulder Elbow Surg.* 1994;3(2):53-61. doi: 10.1016/S1058-2746(09)80110-9.
8. Drescher H., Schwering L., Jerosch J., Herzig M. [The risk of neurovascular damage in elbow joint arthroscopy. Which approach is better: anteromedial or anterolateral?]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1994;132(2): 120-125. (In German). doi: 10.1055/s-2008-1039829.
9. Omid R., Hamid N., Keener J.D., Galatz L.M., Yamaguchi K. Relation of the radial nerve to the anterior capsule of the elbow: anatomy with correlation to arthroscopy. *Arthroscopy.* 2012;28(12):1800-1804. doi: 10.1016/j.arthro.2012.05.890.
10. Miller C.D., Jobe C.M., Wright M.H. Neuroanatomy in elbow arthroscopy. *J Shoulder Elbow Surg.* 1995;4(3): 168-174. doi: 10.1016/s1058-2746(05)80047-5.
11. Hackl M., Lappen S., Burkhart K.J., Leschinger T., Scaal M., Müller L.P. et al. Elbow Positioning and Joint Insufflation Substantially Influence Median and Radial Nerve Locations. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(11): 3627-3634. doi: 10.1007/s11999-015-4442-3.
12. Cho B.K., Kim Y.M., Kim D.S., Choi E.S., Shon H.C., Park K.J. et al. Mini-open muscle resection procedure under local anesthesia for lateral and medial epicondylitis. *Clin Orthop Surg.* 2009;1(3):123-127. doi: 10.4055/cios.2009.1.3.123.
13. Cushing T., Finley Z., O'Brien M.J., Savoie F.H., Myers L., Medvedev G. Safety of Anteromedial Portals in Elbow Arthroscopy: A Systematic Review of Cadaveric Studies. *Arthroscopy.* 2019;35(7):2164-2172. doi: 10.1016/j.arthro.2019.02.046.
14. Thon S., Gold P., Rush L., O'Brien M.J., Savoie F.H. Modified Anterolateral Portals in Elbow Arthroscopy: A Cadaveric Study on Safety. *Arthroscopy.* 2017;33(11): 1981-1985. doi: 10.1016/j.arthro.2017.06.012.
15. Andrews J.R., Carson W.G. Arthroscopy of the elbow. *Arthroscopy.* 1985;1(2):97-107. doi: 10.1016/s0749-8063(85)80038-4.
16. Marshall P.D., Fairclough J.A., Johnson S.R., Evans E.J. Avoiding nerve damage during elbow arthroscopy. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75(1):129-131. doi: 10.1302/0301-620X.75B1.8421009.
17. Field L.D., Altchek D.W., Warren R.F., O'Brien S.J., Skyhar M.J., Wickiewicz T.L. Arthroscopic anatomy of the lateral elbow: a comparison of three portals. *Arthroscopy.* 1994;10(6):602-607. doi: 10.1016/s0749-8063(05)80055-6.
18. Cyriax J.H. The pathology and treatment of tennis elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 1936;18(4):921-940.
19. Nirschl R.P., Pettrone F.A. Tennis elbow. The surgical treatment of lateral epicondylitis. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61(6A):832-839.
20. Nirschl R.P. Tennis elbow. *Orthop Clin North Am.* 1973;4(3):787-800.
21. Hilgerson N.F.J., van Deurzen D.F.P., Gerritsma C.L.E., van der Heide H.J.L., Malessy M.J.A., Eygendaal D. et al. Nerve injuries do occur in elbow arthroscopy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(1):318-324. doi: 10.1007/s00167-017-4719-z.
22. Kim S.J., Shin S.J. Arthroscopic treatment for limitation of motion of the elbow. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(375): 140-148. doi: 10.1097/00003086-200006000-00017.
23. Салихов М.Р., Шулепов Д.А., Злобин О.В., Дмитриева Н.Н., Мидяев А.И. Малоинвазивный артроскопический метод лечения пациентов с медиальным эпикондилитом локтевого сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(2):44-53. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-44-53.
24. Salikhov M.R., Shulepov D.A., Zlobin O.V., Dmitrieva N.N., Midaev A.I. [Minimally Invasive Arthroscopic Treatment of Patients with Medial Epicondylitis]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):44-53. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-44-53.
25. Floris S., Olsen B.S., Dalstra M., Søjbjerg J.O., Sneppen O. The medial collateral ligament of the elbow joint: anatomy and kinematics. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;7(4):345-351. doi: 10.1016/s1058-2746(98)90021-0.
26. Timmerman L.A., Andrews J.R. Histology and arthroscopic anatomy of the ulnar collateral ligament of the elbow. *Am J Sports Med.* 1994;22(5):667-673. doi: 10.1177/036354659402200515.
27. Regan W.D., Korinek S.L., Morrey B.F., An K.N. Biomechanical study of ligaments around the elbow joint. *Clin Orthop.* 1991;(271):170-179.
28. O'Driscoll S.W., Jalszynski R., Morrey B.F., An K.N. Origin of the medial ulnar collateral ligament. *J Hand Surg Am.* 1992;17(1):164-168. doi: 10.1016/0363-5023(92)90135-c.
29. Cinque M.E., Schickendantz M., Frangiamore S. Review of Anatomy of the Medial Ulnar Collateral Ligament Complex of the Elbow. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2020;13(1):96-102. doi: 10.1007/s12178-020-09609-z.
30. Bernholt D.L., Rosenberg S.I., Brady A.W., Storaci H.W., Viola R.W., Hackett T.R. Quantitative and Qualitative Analyses of the Lateral Ligamentous Complex and Extensor Tendon Origins of the Elbow: An Anatomic Study. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(10): 2325967120961373. doi: 10.1177/2325967120961373.

Сведения об авторах

✉ Мидяев Али Илесович

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8
<https://orcid.org/0000-0003-1998-0400>
e-mail: midaewali@gmail.com

Салихов Марсель Рамильевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-5706-481X>
e-mail: virus-007-85@mail.ru

Фомин Николай Федорович — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0003-3961-1987>
e-mail: fominmed@mail.ru

Authors' information

✉ Ali I. Midaev

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia
<https://orcid.org/0000-0003-1998-0400>
e-mail: midaewali@gmail.com

Marsel R. Salihov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-5706-481X>
e-mail: virus-007-85@mail.ru

Nikolay F. Fomin — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0003-3961-1987>
e-mail: fominmed@mail.ru



Гемодинамика и температура тканей в области сращения первичного и повторного переломов длинных костей: эксперимент *in vivo*

А.А. Косимов^{1,2}, И.Ю. Ходжанов¹, Н.А. Кононович³

¹ Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр травматологии и ортопедии Минздрава Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

² Ташкентская медицинская академия Минздрава Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

³ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

Актуальность. Адекватное кровообращение в тканях при сращении переломов является фактором достижения положительных результатов лечения.

Цель исследования — в эксперименте *in vivo* изучить особенности температурной реакции и кровообращения в области сращения первичного и повторного переломов большеберцовой кости.

Материал и методы. Крысам моделировали перелом большеберцовой кости, зафиксированный наружной конструкцией. В 1-й серии ($n = 13$) фиксацию продолжали до сращения. Во 2-й серии ($n = 18$) через 21 сут. моделировали рефрактуру и повторно фиксировали. Изучали кровообращение и температуру тканей в проекции перелома в норме; через 21 и 35 сут. после перелома и рефрактуры; через 28 сут. после прекращения фиксации.

Результаты. Температура и кровообращение были однотипными, но разной степени выраженности. Выявили следующие типы реакции: 1) пониженные скорость кровотока и температура тканей, признаки затруднения венозного оттока; 2) усиленный кровоток, неизменный венозный отток, пониженная температура тканей; 3) незначительно сниженный кровоток, усиленный венозный отток, незначительно повышенная температура тканей. К окончанию фиксации (35 сут.) в 1-й серии параметры нормализовались. Во 2-й серии через 28 сут. после прекращения фиксации у животных с первым и вторым типами реакции температура и венозный отток нормализовались, скорость кровотока снижалась. При третьем типе температура нормализовалась, венозный отток усиливался, скорость кровотока увеличивалась.

Заключение. При сращении первичного перелома кровообращение и температура тканей нормализовались к окончанию фиксации, а при рефрактурах через месяц после прекращения фиксации изменения сохранялись.

Ключевые слова: перелом, рефрактура, гемодинамика, температура тканей, экспериментальное исследование.

Косимов А.А., Ходжанов И.Ю., Кононович Н.А. Гемодинамика и температура тканей в области сращения первичного и повторного переломов длинных костей: эксперимент *in vivo*. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):159-169. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1976>.

Кононович Наталья Андреевна; e-mail: n.a.kononovich@mail.ru

Рукопись получена: 18.08.2022. Рукопись одобрена: 27.10.2022. Статья опубликована онлайн: 24.11.2022.

© Косимов А.А., Ходжанов И.Ю., Кононович Н.А., 2022



Hemodynamics and Tissue Temperature in Bone Union Area of Long Bones Primary Fractures and Refractures: *in vivo* Experiment

Azam A. Kosimov^{1,2}, Iskandar Yu. Khodzhanov¹, Natalia A. Kononovich³

¹Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Traumatology and Orthopaedics, Tashkent, Republic of Uzbekistan

²Tashkent Medical Academy, Tashkent, Republic of Uzbekistan

³National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedic, Kurgan, Russia

Background. Adequate blood flow in tissues during bone union is a factor that enables to achieve positive treatment results.

Aim of study – to study *in vivo* experiment the features of temperature response and blood flow in consolidation area of tibial primary fractures and refractures.

Methods. A tibial fracture was simulated in rats and then immobilized with external fixator. In series 1 (n = 13) the fixation was kept until union. In series 2 (n = 18) a refracture was simulated 21 days after the surgery and refixed until union. The blood flow and tissue temperature were studied in the fracture area in normal conditions; 21 and 35 days after fracture or refracture; 28 days after the end of fixation.

Results. The temperature and blood flow were of the same type, but of different intensity. Three types of reactions were identified: 1) reduced blood flow velocity and tissue temperature, signs of venous outflow difficulty; 2) increased blood flow, unchanged venous outflow, reduced tissue temperature; 3) slight blood flow decrease, increased venous outflow, slight tissue temperature increase. By the end of fixation (35 days) all parameters in series 1 returned to normal. 28 days after the end of fixation the tissue temperature and venous outflow returned to normal in series 2 animals with the first and the second types of hemodynamics, their blood flow velocity decreased. As for the third type, the tissue temperature returned to normal, the venous outflow and the blood flow velocity increased.

Conclusion. In case of primary fractures, the blood flow and the tissue temperature normalized by the end of fixation. In case of refractures the changes persisted 1 month after the end of fixation.

Keywords: fracture, refracture, hemodynamics, tissue temperature, experimental study.

Cite as: Kosimov A.A., Khodzhanov I.Yu., Kononovich N.A. [Hemodynamics and Tissue Temperature in Bone Union Area of Long Bones Primary Fractures and Refractures: *in vivo* Experiment]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):159-169. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1976>.

✉ Natalia A. Kononovich; e-mail: n.a.kononovich@mail.ru

Submitted: 18.08.2022. Accepted: 27.10.2022. Published Online: 24.11.2022.

© Kosimov A.A., Khodzhanov I.Yu., Kononovich N.A., 2022

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема профилактики и лечения рефрактур диафиза длинных костей, в частности у пациентов детского возраста, не теряет своей актуальности. По данным разных авторов, частота встречаемости рефрактур варьирует от 0,4 до 21,3% случаев и не имеет тенденции к снижению [1, 2, 3]. Причины данного патологического состояния могут быть различными. Основными из них принято считать следующие: недостаточное клиническое и лабораторное обследование пациентов, вид и локализация костного повреждения, неточная репозиция отломков, недостаточная иммобилизация и ошибки при ее выполнении независимо от выбранного способа лечения, большое количество оперативных вмешательств и репозиционных манипуляций на травмированном сегменте, наличие системных заболеваний скелета, остеомиелитические поражения. В качестве причины формирования рефрактуры в области костного сращения также можно выделить раннее прекращение иммобилизации, когда процессы репаративного остеогенеза еще не завершились, и костная мозоль имеет недостаточную устойчивость к механическим нагрузкам.

Определение признаков сращения перелома имеет решающее значение для принятия решения об удалении фиксаторов. В этом плане общепринятым методом является рентгенография в двух стандартных проекциях (прямой и боковой), а признаками консолидации считают наличие непрерывной корковой пластинки в области сращения с трех или четырех сторон [4, 5]. Однако, по мнению некоторых авторов, стандартная визуальная оценка рентгенограмм не всегда является информативной [6, 7]. Поэтому не прекращаются поиски информативных недорогих и легко выполнимых неинвазивных либо малоинвазивных методик оценки качества костного регенерата [8, 9, 10]. Для прогноза скорости заживления переломов и дефектов костей представляются перспективными методы измерения кровотока в костной и мягких тканях, на потенциал которых указывают многие авторы [11, 12, 13].

Во многих работах есть сведения об особенностях кровообращения в тканях сегмента на разных этапах сращения первичного перелома как у взрослых пациентов, так и у детей [14, 15, 16, 17]. Однако в доступной литературе нет информации об изменениях гемодинамики при консолидации рефрактуры, в частности, сформированной в результате раннего прекращения иммобилизации. Соответственно, изучение гемодинамических изменений и связанных с этим других процессов, в том числе температурных реакций в области формирующегося сращения первичного и повторного переломов, имеет важное научное и клиническое значение.

Цель исследования — в эксперименте *in vivo* изучить особенности температурной реакции и кровообращения в области сращения первичного и повторного переломов большеберцовой кости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Для выполнения эксперимента *in vivo* были отобраны 36 крыс обоего пола линии *Wistar*, вес которых варьировал от 306 до 506 г. Во всех случаях осуществляли поперечную остеотомию в середине диафиза правой большеберцовой кости. Костные отломки фиксировали наружной моноклатеральной конструкцией. После операции животные были случайным образом разделены на две серии опытов. В 1-й серии ($n = 13$) после моделирования первичного перелома фиксацию продолжали до формирования костного сращения, которое регистрировали клиническим и рентгенологическим методами. Во 2-й серии через 21 сут. после операции моделировали рефрактуру в области повреждения ($n = 18$) путем прикладывания к отломкам флекссионных нагрузок и осуществляли повторно внешний остеосинтез до сращения перелома [18].

Критерии включения. В эксперименте использовали клинически здоровых животных в возрасте 5–6 мес.

Критерии исключения. В 1-й серии опытов у 5 животных в период до 28 сут. после зарегистрированного костного сращения и прекращения наружной фиксации формировалась рефрактура в области костной мозоли. Данное обстоятельство расценивалось как критерий исключения, и эти случаи не учитывались при анализе полученных результатов. Соответственно, 1-я серия опытов включала в себя 13 животных из 18 прооперированных.

Условия проведения

Все животные содержались в условиях вивария в индивидуальных клетках. В помещении были обеспечены одинаковые условия освещения и температурный режим. В рационе использовали одинаковые сбалансированные по питательным веществам корма и чистую питьевую воду. Физиологические обследования выполнял один и тот же исследователь в специально оборудованном помещении.

Продолжительность исследования

Для достижения поставленной цели изучали кровообращение и локальную температуру тканей в проекции костной травмы на следующих этапах: перед началом эксперимента; через 21 сут. фиксации после моделирования перелома и остеосинтеза в 1-й и 2-й сериях; через 35 сут. фиксации после моделирования перелома и остеосинтеза в 1-й серии; через 35 сут. фиксации после моде-

лирования рефрактуры и остеосинтеза во 2-й серии; через 28 сут. после достижения костного сращения и прекращения наружной фиксации в 1-й и 2-й сериях.

Процедуры физиологического обследования, основные исходы исследования и методы их регистрации

Исследования выполняли при помощи реографа-полианализатора РГПА-6/12 «Реан-Поли» (НПКФ «Медиком МТД», Россия) и входящих в комплект принадлежностей. Животных предварительно наркотизировали путем внутримышечного введения препарата Золетил в дозе 2–5 мг/100 г. После этого с медиальной поверхности опытного сегмента аккуратно выстригали шерсть при помощи ножниц, исключая повреждение кожного покрова. Для регистрации локальной температуры тканей (T , °C) в проекции перелома устанавливали контактный температурный датчик ДТ-3. Термометрию выполняли в течение 3 мин. Далее в этой же области осуществляли фотоплетизмографию (ФПГ) при помощи датчика ФПГ-2 (поверхностного) в течение 1 мин. По характеру изменения максимальной скорости быстрого кровенаполнения (МСБКН, Ом/с) и средней скорости медленного кровенаполнения (ССМКН, Ом/с) оценивали вазомоторные реакции артерий крупного, среднего и мелкого калибров. Для оценки венозного оттока анализировали изменение индекса венозного оттока (ИВО, %). В качестве нормы использовали значения изучаемых показателей, полученные перед началом выполнения экспериментальных исследований и от 15 интактных животных.

Дополнительные исходы исследования и методы их регистрации

Дополнительно на этапах обследования регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС) путем выполнения электрокардиографии на том же оборудовании. Также измеряли общую температуру тела ($T_{\text{общ}}$) при помощи электронного термометра. В периоды обследований визуально отмечали наличие патологических изменений мягких тканей в проекции костной травмы (экссудативное воспаление, гематомы и др.).

Статистический анализ

Количественные данные подвергали статистической обработке с использованием программы AtteStat 13.1 (Россия). Совокупности количественных показателей описывали при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q_1 – Q_3). Статистическую значимость различий оценивали с помощью критерия Вилкоксона для парных и независимых выборок. Различия считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные результаты исследования

На протяжении эксперимента не было случаев гибели животных. Определили нормальные значения изучаемых показателей, которые составили: T — 31,1 (30,48–31,81)°C, МСБКН — 2,3 (1,76–2,55) Ом/с, ССМКН — 0,88 (0,54–1,49) Ом/с, ИВО — 56,73 (53,4–65,0) %.

Анализ результатов, полученных во время регистрации локальной температуры тканей и выполнения ФПГ, показал, что динамика изменения изучаемых параметров в период аппаратной фиксации была различной.

Через 21 сут. после выполнения оперативного вмешательства у 38,7% ($n = 12$) обследованных животных в сравнении с дооперационным уровнем наблюдали статистически значимое снижение T на 1,11°C ($p = 0,02$). Параметры МСБКН и ССМКН были уменьшены на 75,77% ($p = 0,003$) и 79,76% ($p = 0,03$) соответственно. Среди случаев с подобной динамикой (в последующем — животные « $T \downarrow$ МСБКН \downarrow ССМКН \downarrow », на рисунках «Тип $\downarrow\downarrow\downarrow$ ») 50% животных были из 1-й серии опытов и, соответственно, 50% вошли во 2-ю серию. В этих наблюдениях регистрировали повышение ИВО более чем на 20% ($p = 0,01$).

В других наблюдениях (38,7%; $n = 12$) происходило значимое уменьшение T на 1,77°C ($p = 0,0006$). При этом МСБКН и ССМКН были увеличены в 2,97 раза ($p = 0,006$) и 2,96 раза ($p = 0,01$) соответственно (в последующем — животные « $T \downarrow$ МСБКН \uparrow ССМКН \uparrow », на рисунках «Тип $\downarrow\uparrow\uparrow$ »). Из них в 1-ю серию вошло 33,3% ($n = 4$), а во 2-ю серию — 66,7% ($n = 8$) таких случаев. У этих животных интенсивность венозного оттока не нарушалась, значения ИВО соответствовали нормальным, хоть и были во 2-й серии незначительно выше дооперационного уровня ($p = 0,03$).

У 22,6% ($n = 7$) животных определяли незначительное повышение T — в среднем на $0,32 \pm 0,20$ °C ($p = 0,56$), однако МСБКН и ССМКН были статистически значимо снижены на 29,82% ($p = 0,02$) и 10,07% ($p = 0,02$) соответственно. Из них в 1-ю серию вошло 42,9% ($n = 3$), а во 2-ю серию — 57,1% ($n = 4$) случаев (в последующем — животные « $T \uparrow$ МСБКН \downarrow ССМКН \downarrow », на рисунках «Тип $\uparrow\downarrow\downarrow$ »). У этих животных во всех наблюдениях выявили слабую тенденцию к усилению венозного оттока, что характеризовалось уменьшением значений ИВО в сравнении с дооперационным уровнем ($p = 0,03$). Но статистически значимых отличий данного параметра от нормы не было ($p = 0,08$).

К окончанию периода аппаратной фиксации в 1-й серии эксперимента (через 35 сут. после операции) у животных с изменениями, соответствующими « $T \downarrow$ МСБКН \downarrow ССМКН \downarrow », параметр T увеличивался по отношению к предыдущему периоду

обследования на 0,48°C. Его значения варьировали в диапазоне нижней границы физиологической нормы. Параметры МСБКН и ССМКН увеличивались в сравнении с предыдущим периодом обследования, достигая нормальных значений. При этом ИВО незначительно снижался и статистически значимо не отличался от дооперационного уровня и интактных значений.

Во 2-й серии через 35 сут. после моделирования рефрактуры и остеосинтеза при подобных изменениях показатель Т повышался до физиологической нормы ($p = 0,06$). ИВО хоть и соответствовал интактным значениям, но в сравнении с дооперационным уровнем повышался на 11%, что расценивали как слабо выраженное затруднение венозного оттока. МСБКН и ССМКН продолжали снижаться. Их значения были уменьшены по отношению к дооперационному периоду на 88,80% ($p = 0,002$) и 82,14% ($p = 0,004$) соответственно.

У животных 1-й серии с изменениями «Т↓ МСБКН↑ ССМКН↑» также происходила нормализация показателей, характеризующих вазомоторные реакции артерий (Т, МСБКН и ССМКН). Выявляли признаки, свидетельствующие об усилении венозного оттока. На это указывало статистически значимое понижение значений ИВО как по отношению к дооперационному уровню ($p = 0,03$), так и в сравнении с предыдущим этапом обследования ($p = 0,02$). Во 2-й серии при изменениях «Т↓ МСБКН↑ ССМКН↑» регистрировали увеличение Т в сравнении с нормой более чем на 0,5°C ($p = 0,05$), а по отношению к предыдущему периоду обследования — более чем на 2,0°C ($p = 0,04$). Параметр МСБКН снижался, но по отношению к норме оставался повышенным в 1,4 раза ($p = 0,04$). ССМКН уменьшался. Его значения варьировали в диапазоне верхней границы физиологической нормы ($p = 0,3$). При этом ИВО нормализовался.

В 1-й серии у животных с изменениями «Т↑ МСБКН↓ ССМКН↓» в этот период все изучаемые показатели соответствовали дооперационному уровню и нормальным значениям, полученным при обследовании интактных животных. Во 2-й серии регистрировали повышение показателей в сравнении с дооперационным уровнем: Т — более чем на 1°C ($p = 0,03$), МСБКН — в 3,8 раза ($p = 0,001$), ССМКН — в 2,1 раза ($p = 0,001$). Показатель ИВО сохранялся на достигнутом уровне.

Динамика изменения на этапе фиксации локальной температуры покровных тканей, а также параметров, характеризующих вазомоторные реакции артерий и отражающих интенсивность венозного оттока в проекции костной травмы, представлена на рисунках 1–4.

Через 28 сут. после прекращения аппаратной фиксации у животных 1-й серии во всех наблюдениях (независимо от типа кровообращения) значения изучаемых параметров варьировали в диапазоне физиологической нормы.

Во 2-й серии через 28 сут. после прекращения фиксации в случаях «Т↓ МСБКН↓ ССМКН↓» и «Т↓ МСБКН↑ ССМКН↑», как правило, Т и ИВО не имели статистически значимых различий с нормальными значениями ($p = 0,4$; $p = 0,6$ соответственно). Остальные показатели были значительно снижены по сравнению с нормой (более чем в 3 раза; $p = 0,001$). У животных с динамикой «Т↑ МСБКН↓ ССМКН↓» в этот период параметр Т снижался на 0,95°C ($p = 0,04$) в сравнении с предыдущим этапом обследования, а от нормы статистически значимо не отличался ($p = 0,3$). МСБКН и ССМКН увеличивались еще в 1,5 раза в сравнении со значениями, полученными в период прекращения аппаратной фиксации ($p = 0,002$). Показатель ИВО был меньше физиологической нормы и дооперационного уровня на 24,6% ($p = 0,009$).

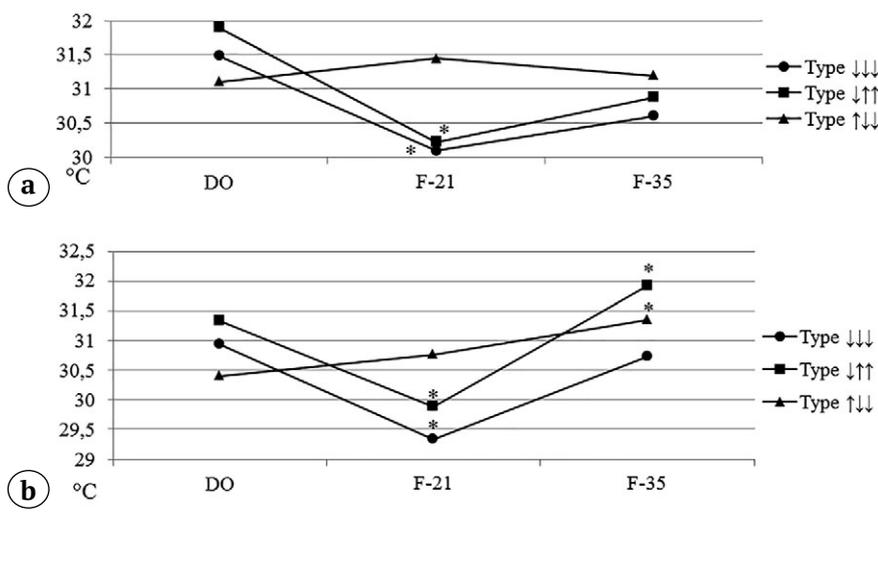


Рис. 1. Динамика изменения температуры покровных тканей в проекции костной травмы на этапе фиксации при разных вариантах кровообращения: а — 1-я серия; б — 2-я серия; * — $p > 0,05$.

Здесь и далее: DO — перед операцией; F-21 — фиксация 21 сут.; F-35 — фиксация 35 сут.

Fig. 1. Dynamics of changes in the soft tissues temperature in the projection of bone trauma at the fixation stage with different variants of blood flow: a — 1st series; b — 2nd series; * — $p > 0.05$.

Hereafter: DO — before surgery; F-21 — fixation 21 days; F-35 — fixation 35 days

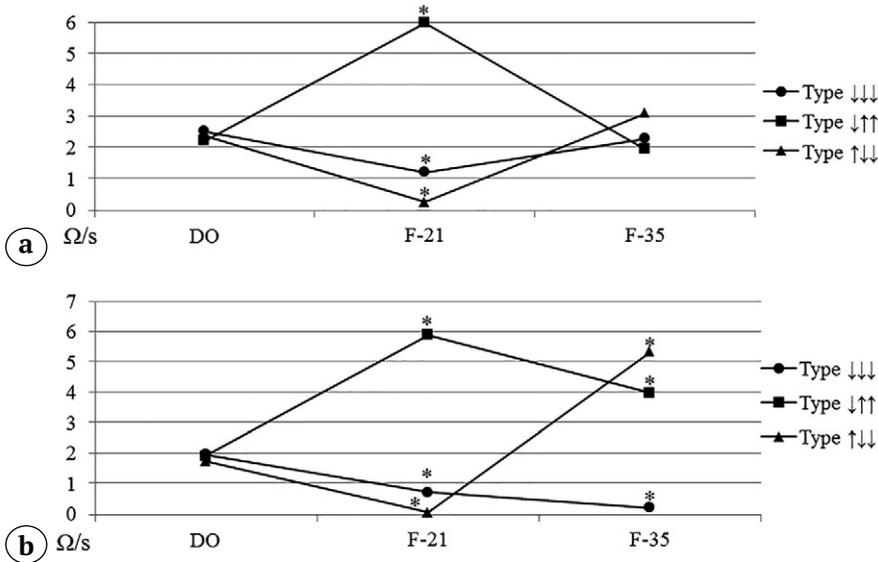


Рис. 2. Динамика изменения максимальной скорости быстрого кровенаполнения на этапе фиксации при разных вариантах кровообращения: а – 1-я серия; б – 2-я серия; * – $p > 0,05$

Fig. 2. Dynamics of changes in the maximum rate of rapid blood filling at the fixation stage with different variants of blood flow: a – 1st series; b – 2nd series; * – $p > 0.05$

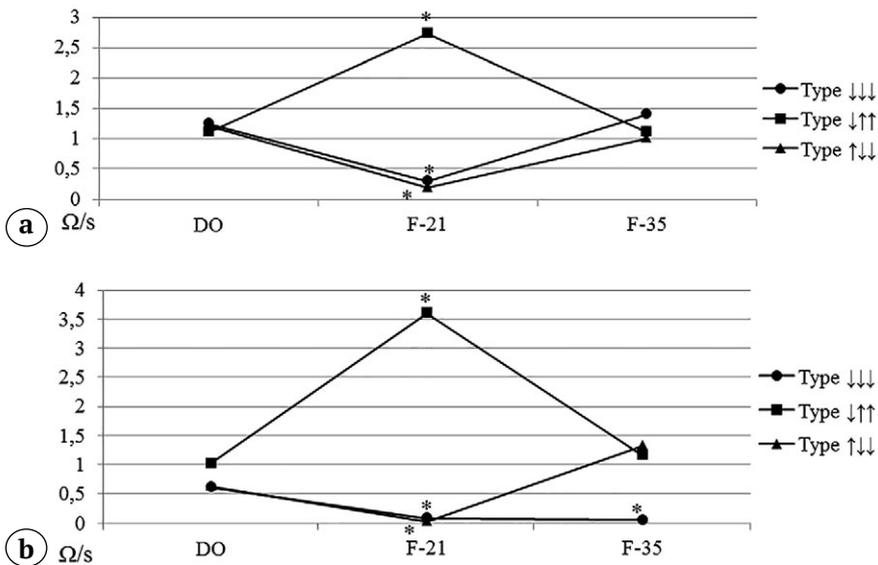


Рис. 3. Динамика изменения средней скорости медленного кровенаполнения на этапе фиксации при разных вариантах кровообращения: а – 1-я серия; б – 2-я серия; * – $p > 0,05$

Fig. 3. Dynamics of changes in the average rate of slow blood filling at the fixation stage with different variants of blood flow: a – 1st series; b – 2nd series; * – $p > 0.05$

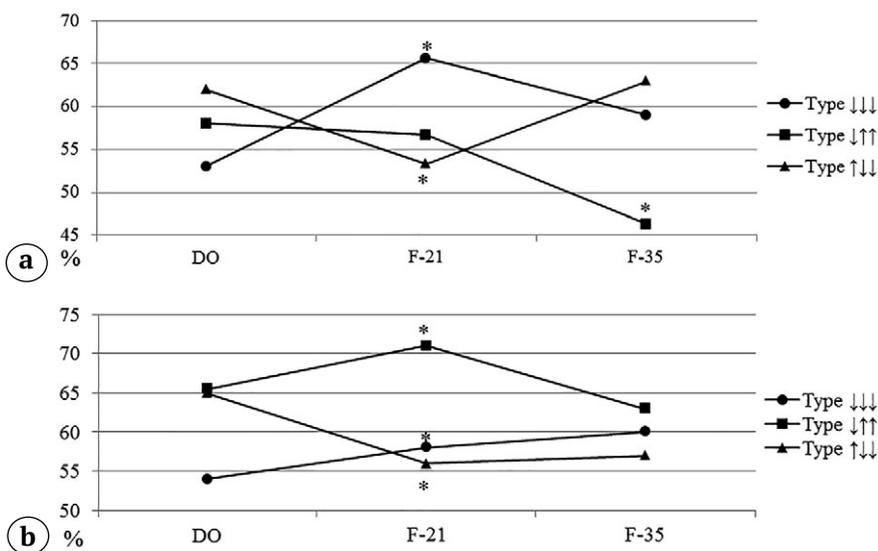


Рис. 4. Динамика изменения индекса венозного оттока на этапе фиксации при разных вариантах кровообращения: а – 1-я серия; б – 2-я серия; * – $p > 0,05$

Fig. 4. Dynamics of changes in the venous outflow index at the fixation stage with different variants of blood flow: a – 1st series; b – 2nd series; * – $p > 0.05$

Дополнительные результаты исследования

В ходе выполнения экспериментов в периоды обследования у всех животных не было выявлено признаков патологических изменений мягких тканей в проекции моделированного перелома. Также не было отмечено статистически значимых изменений частоты сердечных сокращений и общей температуры тела на разных этапах по отношению к дооперационным значениям. Не было зарегистрировано статистически значимых различий данных параметров на разных сроках эксперимента и между сериями (табл. 1).

ОБСУЖДЕНИЕ

При сращении первичного либо повторного (рефрактура, обусловленная ранним прекращением фиксации) перелома диафиза костей голени в области повреждения происходили однотипные, но разной степени выраженности изменения температурной реакции и кровообращения гипо- или гиперкинетического характера. При однотипной динамике в условиях сращения первичного перелома кровообращение и температура тканей нормализовались в течение 1 мес. после прекращения фиксации. При этом консолидация рефрактур сопровождалась более выраженными изменениями вазомоторных реакций сосудов, которые сохранялись и через 1 мес. после прекращения фиксации.

Известно, что восстановление периферического кровообращения и его интенсивность являются одними из главных факторов, оказывающих влияние на процессы ремоделирования при травматических повреждениях костной и мягких тканей [19, 20]. В настоящее время для оценки перфузии тканей в области сращения переломов чаще всего применяют неинвазивные методы исследования,

базирующиеся на оптических системах ближнего инфракрасного диапазона. Наиболее дешевым и простым в исполнении считается ФПГ [21, 22]. Длина световой волны от 470 нм и выше способна достигать дермы кожи человека, что соответствует 0,5–6,0 мм толщины тканей. При этом в приложенных датчиком тканях световая волна проникает в более глубокие слои за счет увеличения сигнала ФПГ, тем самым достигаются глубже расположенные сосуды [23].

В выполненном экспериментальном исследовании для изучения гемодинамики в созданных условиях также применяли метод ФПГ. В результате проведенного исследования выявили, что при сращении первичного либо повторного перелома диафиза костей голени в условиях наружной фиксации в области повреждения могут происходить однотипные, но с разной степенью выраженности, изменения кровообращения. При этом процессы гемодинамики могут протекать как по гипокинетическому, так и по гиперкинетическому типам.

Через 21 сут. после моделирования перелома и остеосинтеза в 33% наблюдений определяли изменение венозного оттока по отношению к дооперационному уровню, однако в сравнении с физиологической нормой значимых различий не выявили. При этом преобладали процессы вазодилатации артерий разного калибра, о чем свидетельствовало зарегистрированное уменьшение скорости притока крови более чем на 70%. Это объясняло понижение температуры покровных тканей в проекции повреждения. При подобной динамике кровоснабжения к окончанию периода аппаратной фиксации в случаях с первичным переломом восстанавливались вазомоторные свойства артерий и температура тканей, нормализовался венозный отток. В последующем изменения кровообраще-

Таблица 1

Динамика изменения частоты сердечных сокращений и общей температуры тела, Ме (Q1–Q3)

№ серии	Этап эксперимента			
	перед началом опыта	фиксация 21 сут.	фиксация 35 сут.	без аппарата 28 сут.
Частота сердечных сокращений, уд./мин.				
1 (n = 13)	294 (246,5–325,0)	264 (256–308)	304,5 (251,5–327,0)	278 (257,5–299,0)
2 (n = 18)	291 (254,5–331,0)	276,5 (245–322)	302 (290,5–332,0)	276,5 (238–322)
T_{общ.}, °C				
1 (n = 13)	34,3 (33,9–34,9)	34,74 (34,0–34,9)	35,0 (34,2–35,5)	34,52 (34,1–34,8)
2 (n = 18)	34,7 (34,0–35,4)	34,8 (34,3–35,3)	34,97 (34,1–35,7)	34,9 (34,7–35,3)

По отношению к дооперационным значениям и на разных этапах между сериями уровень значимости различий $p > 0,05$.

ния в области сформированного костного сращения не происходило. У животных, которым моделировали рефрактуру, в период ее консолидации температурная реакция тканей восстанавливалась, однако скорость кровотока продолжала снижаться, венозный отток слабо затруднялся. После прекращения аппаратной фиксации до окончания эксперимента нормализации кровообращения в проекции перелома не происходило.

Есть сведения, что у детей при лечении переломов длинных костей разными методами через 7–14 сут. после остеосинтеза происходит усиление кровотока в области повреждения, а в период формирования костного сращения гемодинамика в тканях сегмента нормализуется [14, 15]. Подобный гиперкинетический тип кровообращения более чем в 30% наблюдений был зарегистрирован и в выполненном исследовании, когда через 21 сут. фиксации происходило значимое увеличение скорости кровотока в проекции костной мозоли. Венозный отток в этих случаях обеспечивался в достаточной степени. По всей видимости, повышение скорости кровенаполнения сосудов было обусловлено гипертонусом стенки сосудов. В этот период вазоконстрикция артерий, особенно мелкого диаметра, стала причиной снижения температуры покровных тканей более чем на 1,5 °С.

При данной динамике в период формирования механически прочного костного сращения после первичного перелома вазомоторные свойства артерий и температура тканей нормализовались, а венозный отток усиливался. В случаях сращения рефрактур к окончанию периода аппаратной фиксации степень вазоконстрикции сосудов крупного калибра уменьшалась, а тонус мелких артерий нормализовался. Это способствовало усилению притока крови в поврежденной области. В результате температура тканей повышалась. При этом венозный отток нормализовался. После прекращения фиксации температура тканей и венозный отток сохранялись, однако тонус стенок артерий значительно снижался, о чем свидетельствовало уменьшение скорости кровенаполнения сосудов.

Третий вариант кровообращения, выявленный через 21 сут. после моделирования перелома и остеосинтеза, был зарегистрирован у 22% животных. В этих случаях локально наблюдали слабо выраженную вазодилатацию артерий в сочетании с усиленным венозным оттоком. Подобная динамика изменений функциональных свойств сосудов способствовала слабому повышению температуры тканей. При таких изменениях в период формирования консолидации первичного перелома все показатели нормализовались и в последующем не изменялись. В случаях сращения рефрактур к окончанию этапа аппаратной фиксации

происходило резкое увеличение тонуса сосудов, характеризующееся увеличением скорости их кровенаполнения. Температура покровных тканей повышалась. Сохранялись признаки усиления венозного оттока. В период после прекращения фиксации артерии находились в состоянии вазоконстрикции, а венозный отток еще более усиливался. Все это способствовало ухудшению кровенаполнения тканей и закономерно приводило к снижению их температуры.

Разные типы кровотока в динамике лечения пациентов с травмами верхних и нижних конечностей зарегистрированы и другими авторами [16, 24, 25]. При этом некоторые из них наблюдали преимущественно усиление притока крови в тканях конечности при лечении переломов костей разными методами [26, 27], тогда как другие отмечали его снижение [17, 28, 29].

В выполненном исследовании у всех животных (кроме случаев, которые были отнесены к критериям исключения) после прекращения аппаратной фиксации не отмечали формирования рефрактур. Это свидетельствует о том, что выявленные три варианта гемодинамических изменений и температурной реакции в тканях области костной травмы можно расценивать в качестве положительных критериев течения костеобразования при сращении как первичного перелома, так и рефрактуры, обусловленной ранним прекращением иммобилизации сегмента. Ценность полученных результатов для клинического применения связана с возможностью их использования в качестве прогностических признаков течения репаративного остеогенеза при лечении травм длинных костей, в частности в условиях наружной аппаратной фиксации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сращении первичного либо повторного (рефрактура, обусловленная ранним прекращением фиксации) перелома диафиза костей голени в области повреждения происходят однотипные, но разной степени выраженности изменения кровообращения, которые могут быть как гипотермическими, так и гиперкинетическими.

Благоприятными прогностическими критериями течения репаративного остеогенеза могут являться варианты локальной гемодинамики, такие как понижение скорости кровотока в сочетании с гипотермией тканей и признаками затруднения венозного оттока; усиление скорости кровотока при локальной гипотермии и сохраненном венозном оттоке; незначительно выраженные признаки замедления скорости кровотока, локальной гипотермии тканей и усиления венозного оттока.

При сращении первичного перелома кровообращение и температурная реакция тканей в об-

ласти костной мозоли восстанавливаются в период формирования консолидации отломков. Сращение рефрактур сопровождается более выраженными

изменениями этих показателей и через 1 мес. после прекращения фиксации их восстановления не происходит.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Косимов А.А. — концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста статьи.

Ходжанов И.Ю. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

Кононович Н.А. — сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Работа выполнена на базе НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова в рамках договора № 165 на выполнение научно-исследовательских работ при финансовой поддержке канд. мед. наук А.А. Косимова. Результаты исследования будут учитываться при выполнении государственного задания НМИЦ ТО им. акад. Г.А.Илизарова в 2021–2023 гг.

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

Этическая экспертиза. Получено положительное решение локального этического комитета при ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России на проведение исследования — протокол № 18 от 19.03.2018.

При выполнении экспериментов соблюдали принципы гуманного отношения к животным, которые соответствовали требованиям Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей, и директиве 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS

Author contribution

Kosimov A.A. — the idea and design of the study, writing the draft, editing.

Khodzhanov I.Yu. — the idea and design of the study, text editing.

Kononovich N.A. — data collection and analysis, manuscript writing

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. The work was carried in the National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedic under contract No. 165 for the implementation of research work with the financial support of A.A. Kosimov.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedic, protocol No 18, 19.03.2018.

The study was carried out in accordance with the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals and Directive 2010/63/EU of the European Parliament and the Council of the European Union on the protection of animals used for scientific purposes.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Ходжанов И.Ю., Храповицкая А.Ю., Косимов А.А. Рефрактуры длинных костей у детей (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2012;1:117-120.
Khodzhanov I.Yu., Khrapovitskaya A.Yu., Kosimov A.A. [Refractures long bones in children (literature review)]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 2012;1:117-120. (In Russian).
- Шальгина О.И., Кузнецова Н.Л. Причины, способствующие развитию рефрактур длинных трубчатых костей после изолированных и множественных повреждений. *Медицинская наука и образование Урала*. 2012;13(3-1):120-122.
- Shalygina O.I., Kuznetsova N.L. [The reasons for promoting the development of long bones refracture after isolated and multiple injuries]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala* [Medical Science and Education in the Urals]. 2012;13(3-1):120-122. (In Russian).
- Fernandez F.F., Langendörfer M., Wirth T., Eberhardt O. Failures and complications in intramedullary nailing of children's forearm fractures. *J Child Orthop*. 2010;4(2):159-167. doi: 10.1007/s11832-010-0245-y.
- Starr K.A., Fillman R., Raney E.M. Reliability of radiographic assessment of distraction osteogenesis site. *J Pediatr Orthop*. 2004;24(1):26-29. doi: 10.1097/00004694-200401000-00006.
- Ten Berg P.W.L., Kraan R.B., Jens S., Maas M. Interobserver Reliability in Imaging-Based Fracture Union Assessment – Two Systematic Reviews. *J Orthop Trauma*. 2020;34(1):e31-e37. doi: 10.1097/BOT.0000000000001599.

6. Atwan Y., Schemitsch E.H. Radiographic evaluations: Which are most effective to follow fracture healing? *Injury*. 2020;51(Suppl 2):S18-S22. doi: 10.1016/j.injury.2019.12.028.
7. Litrenta J., Tornetta P. 3rd, Ricci W., Sanders R.W., O'Toole R.V., Nascone, J.W. et al. In vivo correlation of radiographic scoring (radiographic union scale for tibia fractures) and biomechanical data in a sheep osteotomy model: can we define union radiographically? *J Orthop Trauma*. 2017;31(3):127-130. doi: 10.1097/BOT.0000000000000753.
8. Кононович Н.А., Попков А.В. Гемодинамика в разных группах мышц при лечении оскольчатых переломов костей голени (экспериментальное исследование). *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015;(5-2):246-250. Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6720>. Kononovich N.A., Popkov A.V. [Hemodynamics in different muscle groups when treating comminuted fractures of leg bones (an experimental study)]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2015; (5-2):246-250. Available from: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6720>. (In Russian).
9. Sadoughi F., Behmanesh A., Najd Mazhar F., Joghataei M.T., Yazdani S., Shams R. et al. Bone Healing Monitoring in Bone Lengthening Using Bioimpedance. *J Healthc Eng*. 2022;2022:3226440. doi: 10.1155/2022/3226440.
10. Glatt V., Evans C.H., Tetsworth K. A Concert between Biology and Biomechanics: The Influence of the Mechanical Environment on Bone Healing. *Front Physiol*. 2017;7:678. doi: 10.3389/fphys.2016.00678.
11. Kononovich N.A., Shastov A.L. Use of impedance plethysmography for assessment of intraosseous hemodynamics in Ilizarov transosseous osteosynthesis. *Biomed Eng*. 2021;55(4):245-249. doi: 10.1007/s10527-021-10111-0.
12. Han S., Proctor A.R., Vella J.B., Benoit D.S., Choe R. Non-invasive diffuse correlation tomography reveals spatial and temporal blood flow differences in murine bone grafting approaches. *Biomed Opt Express*. 2016;7(9):3262-3279. doi: 10.1364/BOE.7.003262.
13. Ren J., Han S., Proctor A.R., Desa D.E., Ramirez G.A., Ching-Roa V.R.D. et al. Longitudinal 3D blood flow distribution provided by diffuse correlation tomography during bone healing in a murine fracture model. *Photochem Photobiol*. 2020;96(2):380-387. doi: 10.1111/php.13201
14. Ватолин К.В., Пыков М.И., Выборнов Ю.В., Гуревич А.И., Синицына Н.В. Возможности комплексной ультразвуковой диагностики репаративного остеогенеза в норме при переломах длинных костей у детей. *Вестник Российского научного центра рентгенодиагностики*. 2011;(11-2). Режим доступа: http://vestnik.mccr.ru/vestnik/v11/papers/sinits_v11.htm. Vatolin K.V., Pykov M.I., Vubornov D.Yu., Gurevich A.I., Sinitsyna N.V. [Possibility of complex ultrasound examination of the long bones fractures in children with normal osteogenesis]. *Vestnik Rossijskogo nauchnogo centra rentgenoradiologii Minzdrava Rossii* [Bulletin of the Russian Scientific Center for Roentgen Radiology]. 2011;(11-2). (In Russian). Available from: http://vestnik.mccr.ru/vestnik/v11/papers/sinits_v11.htm.
15. Зюзько А.В., Ситко Л.А., Никонов В.М., Степанов М.А., Тищенко А.Б. Ультразвуковая диагностика переломов длинных костей у детей с мониторингом репозиции и репарации. *Медицинская визуализация*. 2012;6:112-119. Zusko A.V., Sitko L.A., Nikonov V.M., Stepanov M.A., Tishenko A.B. [Ultrasound investigation of children long bone fracture including monitoring of reduction and reparation process]. *Medicinskaya vizualizaciya* [Medical Visualization]. 2012;6:112-119. (In Russian).
16. Шпагина Л.А., Карпенко А.Г., Колосов Н.Г., Локтин Е.М., Шелепова Н.В., Фирсов С.А. Состояние микроциркуляции у больных со скелетной травмой в динамике лечения. *Вестник новых медицинских технологий*. 2008;(1):107-110. Shpagina L.A., Karpenko A.G., Kolosov N.G., Shelepova N.V., Firsov S.A. [Microcirculation state in patients with the skeletal injury in dynamic treatment]. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij* [Journal of New Medical Technologies]. 2008;(1):107-110. (In Russian).
17. Щуров В.А., Мацукатов Ф.А. Функциональное состояние больных с переломами костей голени при лечении с помощью аппарата Мацукидиса-Шевцова. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2013;(2):69-72. Shchurov V.A., Macukatov F.A. [Functional state of patients with fractures of the shin bones during treatment using the Matsoukidis-Shevtsov apparatus]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 2013;(2):69-72. (In Russian).
18. Косимов А.А., Ходжанов И.Ю., Горбач Е.Н., Силантьева Т.А., Дюрягина О.В., Борзунов Д.Ю. Морфологические особенности регенерации костной ткани при экспериментальном моделировании рефрактуры длинных трубчатых костей в периоде их роста. *Гений ортопедии*. 2019;25(4):555-560. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-555-560 Kosimov A.A., Khodzhanov I.Yu., Gorbach E.N., Silanteva T.A., Diuriagina O.V., Borzunov D.Yu. [Morphological features of bone regeneration in simulated refracture of growing long bones]. *Genij Ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2019;25(4):555-560. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-555-560.
19. Pliefke J., Rademacher G., Zach A., Bauwens K., Ekkernkamp A., Eisenschenk A. Postoperative monitoring of free vascularized bone grafts in reconstruction of bone defects. *Microsurgery*. 2009;29(5):401-407. doi: 10.1002/micr.20662.
20. Белокрылов Н.М., Белокрылов А.Н., Мухамадеев И.С., Денисов А.С., Киряков В.Н., Горковец К.И. Повреждения магистральных сосудов конечностей с полным нарушением кровотока у детей (результаты клинических наблюдений). *Гений ортопедии*. 2022;28(1):7-11. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-7-11 Belokrylov N.M., Belokrylov A.N., Mukhamadeev I.S., Denisov A.S., Kiryakov V.N., Gorkovets K.I. [Damage to the major limb vessels with complete disturbance of blood flow in children (results of clinical observations)]. *Genij Ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2022;28(1):7-11. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-7-11.
21. Becker R.L., Siamwala J.H., Macias B.R., Hargens A.R. Tibia bone microvascular flow dynamics as compared to anterior tibial artery flow during body tilt. *Aerosp Med Hum Perform*. 2018;89(4):357-364. doi: 10.3357/AMHP.4928.2018.
22. Rodrigues L.M., Rocha C., Ferreira H., Silva H. Different lasers reveal different skin microcirculatory flow motion-data from the wavelet transform analysis of human hindlimb perfusion. *Sci Rep*. 2019;9(1):16951. doi: 10.1038/s41598-019-53213-2.

23. Castaneda D., Esparza A., Ghamari M., Soltanpur C., Nazeran H. A review on wearable photoplethysmography sensors and their potential future applications in health care. *Int J Biosens Bioelectron*. 2018;4(4):195-202. doi: 10.15406/ijbsbe.2018.04.00125.
24. Бакланова Д.А., Шакирова Ф.В., Ахтямов И.Ф., Ключкина Ю.А. Артериальная гемодинамика тазовых конечностей кролика при интрамедуллярном остеосинтезе имплантатами с покрытиями нитридами титана и гафния. *Ветеринарный врач*. 2015;(5):37-40. (In Russian).
Baklanova D.A., Shakirova F.V., Akhtyamov I.F., Klushkina Yu.A. [Arterial hemodynamics in rabbit hind limbs after intramedullary osteosynthesis using implants coated with titanium and hafnium nitrides]. *Veterinarnyj vrach* [Veterinary Surgeon]. 2015;(5):37-40. (In Russian).
25. Melnyk M., Henke T., Claes L., Augat P. Revascularisation during fracture healing with soft tissue injury. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;128(10):1159-1165. doi: 10.1007/s00402-007-0543-0.
26. Плахов А.И., Колесникова Л.И., Корытов Л.И., Виноградов В.Г., Даренская М.А. Изменения показателей микроциркуляции в ранний послеоперационный период при лечении диафизарных переломов костей голени с помощью пластины с ограниченным контактом. *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4(3):58-62. doi: 10.29413/ABS.2019-4.3.8.
Plakhov A.I., Kolesnikova L.I., Korytov L.I., Vinogradov V.G., Darenskaya M.A. [Changes in indicators of microcirculation in the early postoperative period in the treatment of diaphyseal fractures of the shin bones using a plate with limited contact]. *Acta Biomedica Scientifica* 2019;4(3):58-62. (In Russian). doi: 10.29413/ABS.2019-4.3.8.
27. Рахматулина А.А., Лунева С.Н., Накоскина Н.В., Ключин Н.М., Люлин С.В., Долганова Т.И. и др. Содержание некоторых сосудистых факторов роста в сыворотке крови больных с гнойными осложнениями высокоэнергетической травмы. *Гений ортопедии*. 2021;27(3):325-330. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-3-325-330.
Rakhmatulina A.A., Luneva S.N., Nakoskina N.V., Kliushin N.M., Lyulin S.V., Dolganova T.I. et al. [The serum vascular endothelial growth factor levels in patients with high-energy trauma complicated with infection]. *Genij Ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2021;27(3):325-330. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-3-325-330.
28. Писарев В.В., Львов С.Е., Васин И.В., Тихомолова Э.В. Регионарная гемодинамика при различных видах оперативного лечения диафизарных переломов костей голени. *Травматология и ортопедия России*. 2012;1:36-42. doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-36-43.
Pisarev V.V., Lvov S.E., Vasin I.V., Tikhomolova E.V. [Regional hemodynamics in different types of surgical treatment of diaphyseal fractures of the shin bone]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics in Russia]. 2012;(1):36-42. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-36-43.
29. Kalbas Y., Qiao Z., Horst K., Teuben M., Tolba R.H., Hildebrand F. et al. Early local microcirculation is improved after intramedullary nailing in comparison to external fixation in a porcine model with a femur fracture. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2018;44(5):689-696. doi: 10.1007/s00068-018-0991-y.

Сведения об авторах

✉ Наталья Андреевна Кононович — канд. вет. наук
Адрес: Россия, 640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6
<https://orcid.org/0000-0002-5990-8908>
e-mail: n.a.kononovich@mail.ru

Косимов Аззам Азимович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0001-9253-2597>
e-mail: azamrefracture@mail.ru

Ходжанов Искандар Юнусович — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0001-9420-3623>
e-mail: prof.Khodjanov@mail.ru

Authors' information

✉ Natalia A. Kononovich — Cand. Sci. (Vet.)
Address: 6, M. Ulyanova st., Kurgan, 640014, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-5990-8908>
e-mail: n.a.kononovich@mail.ru

Azam A. Kosimov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0001-9253-2597>
e-mail: azamrefracture@mail.ru

Iskandar Yu. Khodzhanov — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0001-9420-3623>
e-mail: prof.Khodjanov@mail.ru



К вопросу о репаративной регенерации у детей

Редакционный комментарий к статье А.А. Косимова с соавторами
«Гемодинамика и температура тканей в области сращения первичного и повторного перелома длинных костей: эксперимент *in vivo*»

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1976>

А.М. Мироманов

ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Чита, Россия

В комментарии затрагивается трактовка термина «рефрактура» и обсуждаются гемодинамические особенности в области формирующегося сращения при первичном и повторном переломах у детей. В частности, не только рассматривается роль методов исследования кровообращения в диагностике нарушений репаративных процессов, но и акцентируется внимание на риске осложнений при консервативном и оперативном лечении переломов длинных костей конечностей у детей. Подчеркивается, что для минимизации рисков развития рефрактур необходимо учитывать индивидуальные особенности пациента детского возраста, способ фиксации перелома, реабилитацию и диспансерное наблюдение. В комментарии представлен краткий обзор публикаций отечественных и зарубежных авторов по этой проблеме.

Ключевые слова: перелом, рефрактура, гемодинамика, термометрия, регенерация костной ткани, дети.

 Мироманов А.М. К вопросу о репаративной регенерации у детей. Редакционный комментарий к статье А.А. Косимова с соавторами «Гемодинамика и температура тканей в области сращения первичного и повторного перелома длинных костей: эксперимент *in vivo*». *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):170-174. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2034>.

 Мироманов Александр Михайлович; e-mail: miromanov_a@mail.ru

Рукопись получена: 09.12.2022. Статья опубликована: 16.12.2022.

© Мироманов А.М., 2022



To the Question of Reparative Regeneration in Children

Editorial Comment on the Article by A.A. Kosimov et al.

“Hemodynamics and Tissue Temperature in Bone Union Area of Long Bones Primary Fractures and Refractures: in vivo Experiment”

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1976>

Aleksandr M. Miromanov

Chita State Medical Academy, Chita, Russia

The commentary touches upon the interpretation of the term “refracture” and discusses the hemodynamic features in the area of the emerging fusion in primary and repeated fractures in children. In particular, not only the role of methods for studying blood circulation in the diagnosis of disorders of reparative processes is considered, but attention is also focused on the risk of complications in the conservative and surgical treatment of fractures of the long bones of the extremities in children. It is emphasized that in order to minimize the risks of refractory development, it is necessary to take into account the individual characteristics of a pediatric patient, the method of fixing a fracture, rehabilitation and dispensary observation. The commentary provides a brief overview of publications by domestic and foreign authors on this problem.

Keywords: fracture, refracture, hemodynamics, thermometry, bone tissue regeneration, children.

Cite as: Miromanov A.M. [To the Question of Reparative Regeneration in Children. Editorial Comment on the Article by A.A. Kosimov et al. “Hemodynamics and Tissue Temperature in Bone Union Area of Long Bones Primary Fractures and Refractures: in vivo Experiment”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):170-174. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2034>.

✉ Aleksandr M. Miromanov; e-mail: miromanov_a@mail.ru

Submitted: 09.12. 2022. Published: 16.12.2022.

© Miromanov A.M., 2022

Актуальность данной работы не вызывает сомнений ввиду увеличения как частоты переломов длинных костей конечностей у детей, так и различных осложнений при их лечении [1, 2, 3, 4, 5]. Одним из осложнений переломов длинных сегментов конечностей у детей, в том числе и после хирургического лечения, является рефрактура.

К сожалению, на сегодняшний день отсутствует общепризнанное толкование термина «рефрактура». Еще в 1987 г. D. Grob и F. Magerl охарактеризовали данное повреждение как фокальное (совпадающее с первым переломом по плоскости) и парафокальное (в зоне патологической перестройки кости) [6]. S.B. Kessler и L. Schweiberer считают, что данный диагноз правомочно выставлять только при соблюдении всех следующих условий:

- перед первым переломом кость была здорова;
- второй перелом наступил только после сращения первого;
- если первый перелом лечился оперативно, фиксатор удален прежде чем произошел второй перелом;
- второй перелом наступил в месте локализации первого без адекватной травмы [7].

Учитывая продолжающиеся дискуссии о термине «рефрактура» до настоящего времени, можно говорить о неоднозначности трактовки специалистами данного осложнения в практической деятельности. Частота рефрактур, о которых сообщается в литературе, составляет примерно 5% [3]. Установлено, что при раннем удалении металлоконструкций, открытых переломах и/или открытых вправлениях, частота рефрактур может увеличиваться до 9% [3, 8]. Однако, несмотря на множественные медицинские технологии, применяемые при данной патологии, вопрос полного и быстрого восстановления костной ткани на сегодня остается открытым из-за сохраняющихся осложнений. Процесс выявления (прогнозирования, диагностики) осложнений на этапе их доклинического развития также не решен до настоящего времени.

Ревовографическому методу оценки кровообращения сегментов конечностей, применяемому при исследовании репаративной регенерации длинных сегментов конечностей, в том числе и *in vivo*, посвящено значительное количество публикаций как отечественных [9, 10, 11, 12], так и зарубежных [1, 2, 3, 4, 5].

Так какую же роль в диагностике нарушений репаративных процессов у детей имеет метод реовографии и термометрии? Несомненно, данная методика позволяет оценить кровоснабжение конечности. Однако хотелось бы акцентировать внимание на том, что у детей имеются прекрасные адаптивные возможности организма и, как показа-

но в многочисленных исследованиях, большинство педиатрических пациентов с переломами длинных костей конечностей имеют отличные конечные результаты лечения и возвращаются к полноценной деятельности [5]. В диссертационном исследовании Е.А. Захарьян (Комплексное лечение деформаций нижней конечности у детей с врожденным ложным суставом костей голени, 2017) доказано, что у ранее оперированных детей с врожденным ложным суставом костей голени (ВЛСКГ) даже на фоне нейрофиброматоза и миелодисплазии, в исследуемых сегментах не выявлено статистически значимых отклонений реовографических показателей как от расчетных нормативов, так и от соответствующих показателей контралатеральных сегментов нижних конечностей. Периферическая гемодинамика была стабильной, капиллярный кровоток не затруднен, венозный отток не замедлен, что указывает на хорошую адаптацию опорно-двигательной и центральной нервной систем ребенка после восстановления опороспособности оперированной конечности. Изменения регистрировались только на фоне фиброзной дисплазии. У пациентов с консолидированным ВЛСКГ на фоне фиброзной дисплазии сохранялись нарушения кровоснабжения всей пораженной нижней конечности, которые характеризовались пониженной микроциркуляцией пораженной голени, однако они были компенсированными, что свидетельствует о перспективности выполнения оперативных вмешательств, направленных на коррекцию деформаций и удлинение пораженной нижней конечности. Автором доказано, что предупреждение развития таких осложнений, как несращения и повторные рефрактуры, зависит от индивидуально подобранного, своевременно выполненного оперативного лечения и диспансерного наблюдения. Аналогичные данные получены и авторами других работ. Таким образом, говорить о важном влиянии нарушения процессов кровоснабжения при переломах у детей можно только при наличии тяжелой сопутствующей патологии и/или грозных осложнений, например при сочетанной высокоэнергетической травме, компартмент-синдроме, ожирении и пр., что закономерно [1, 2, 5].

Так каков риск осложнений при консервативном и оперативном лечении переломов длинных костей у детей? Заживают ли переломы с внутренней фиксацией быстрее, чем переломы, леченные иммобилизацией? Показано, что внутренняя фиксация переломов диафиза большеберцовой кости со смещением у детей стала более популярной, чем раньше. В исследованиях, проведенных с 1970-х по 2000-е гг., все закрытые переломы лечили гипсовой иммобилизацией, тогда как в недавних публикациях частота хирургического лечения колеблется от 29 до 100% [4]. Так, А. Egger с соавторами

в 2020 г. показали, что результаты после установки гибких стержней при переломах большеберцовой кости у детей превосходны, а для предупреждения осложнений необходимо строго соблюдать технологию установления данных стержней [2].

В исследовании J.E. Martus отмечено, что большинство переломов диафиза большеберцовой кости у подростков можно успешно лечить с помощью закрытой репозиции и иммобилизации гипсовой повязкой, однако этот метод требует рентгенологического наблюдения для исключения потери репозиции в течение первых 3 нед. Смена гипса или переход на оперативное лечение может потребоваться в 25–40% случаев [1]. Факторы риска неэффективного консервативного лечения не всегда понятны. Обнаружено, что ассоциированный перелом малоберцовой кости и начальное смещение перелома более чем на 20% представляют собой независимые факторы риска для оперативного лечения, в то время как в других работах высказано предположение, что интактная малоберцовая кость может привести к варусной деформации и, соответственно, к оперативному лечению [3].

Нестабильные переломы, не поддающиеся лечению гипсовой повязкой, следует лечить оперативно. Гибкий интрамедуллярный стержень, жесткий интрамедуллярный стержень, пластинчатый и винтовой остеосинтез и внешняя фиксация являются приемлемыми вариантами лечения, которые могут быть рассмотрены для отдельного пациента в зависимости от клинического сценария. Введение гибких стержней обеспечивает

относительную стабильность перелома, не травмируя при этом зоны роста, а дополнительная послеоперационная иммобилизация позволяет осуществлять раннюю нагрузку, что дает положительный эффект [1]. Схожие результаты получены и в работе A.I. Cruz Jr. с соавторами [5].

К сожалению, в настоящее время нет однозначного ответа на вопрос о воздействии оперативного или консервативного метода на процессы репаративной регенерации. При этом у детей младшего возраста (младше 10 лет), как правило, происходит более быстрое сращение переломов независимо от метода лечения. Это свидетельствует о том, что при лечении переломов целесообразно различать детей младшего и старшего возраста, а возраст 10 лет можно рассматривать как пороговое значение [3].

Таким образом, при исследовании репаративной регенерации при «простых» переломах длинных костей конечностей и возможных причин несращения, а также при повторных переломах необходимо акцентировать внимание на индивидуальных особенностях пациента детского возраста, способах лечения, реабилитации и диспансерном наблюдении. Тем не менее, учитывая стремительное развитие медицинской техники и увеличивающуюся нагрузку на врачей травматологов-ортопедов, применение портативных аппаратов (карманных) с возможностью быстрого и качественного вывода заключения о кровоснабжении поврежденного сегмента и возможном исходе репаративного процесса может стать привлекательным диагностическим методом в практической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Martus J.E. Operative Fixation Versus Cast Immobilization: Tibial Shaft Fractures in Adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2021;41(Suppl 1):S33-S38. doi: 10.1097/BPO.0000000000001806.
- Egger A., Murphy J., Johnson M., Hosseinzadeh P., Louer C. Elastic Stable Intramedullary Nailing of Pediatric Tibial Fractures. *JBJS Essent Surg Tech.* 2020;10(4):e19.00063. doi: 10.2106/JBJS.ST.19.00063.
- Poutoglidou F., Metaxiotis D., Kazas C., Alvanos D., Mpeletsiotis A. Flexible intramedullary nailing in the treatment of forearm fractures in children and adolescents, a systematic review. *J Orthop.* 2020;14(20):125-130. doi: 10.1016/j.jor.2020.01.002.
- Stenroos A., Puhakka J., Nietosvaara Y., Kosola J. Treatment of Closed Tibia Shaft Fractures in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur J Pediatr Surg.* 2020;30(6):483-489. doi: 10.1055/s-0039-1693991.
- Cruz A.I. Jr., Raducha J.E., Swarup I., Schachne J.M., Fabricant P.D. Evidence-based update on the surgical treatment of pediatric tibial shaft fractures. *Curr Opin Pediatr.* 2019;31(1):92-102. doi: 10.1097/MOP.0000000000000704.
- Grob D., Magerl F. Refractures. *Unfallchirurg.* 1987;90(2):51-58.
- Kessler S.B., Schweiberer L. Refrakturen nach operativer Frakturenbehandlung. Berlin: Springer-Verlag; 1988. 73 p.
- Lyman A., Wenger D., Landin L. Pediatric diaphyseal forearm fractures: epidemiology and treatment in an urban population during a 10-year period, with special attention to titanium elastic nailing and its complications. *J Pediatr Orthop B.* 2016;25(5):439-446. doi: 10.1097/BPB.0000000000000278.
- Барабаш Ю.А., Мандров Д.В., Балаян В.Д. Комплексная сравнительная оценка результатов хирургического лечения нестабильных переломов дистального отдела голени. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2019;15(1):48-52. Barabash Yu.A., Mandrov D.V., Balayan V.D. [Comprehensive comparative evaluation of results of surgical management of unstable distal tibia fractures]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal [Saratov Journal of Medical Scientific Research]*. 2019;15(1):48-52. (In Russian).
- Васютина М.Л., Печникова Н.А., Торопова Я.Г. Методы визуализации и анализа состояния микроциркуляторного русла в ветеринарной и экспериментальной практике. *Лабораторные животные для научных исследований.* 2019;(2):1-18. doi: 10.29296/2618723X-2019-02-07.

- Vasutina M., Pechnikova N., Toropova Ya. [Methods of Visualization and Analysis of The Microcirculatory State in Veterinary and Experimental Practices]. *Laboratornye zhivotnye dlya nauchnyh issledovaniy* [Laboratory Animals for Science]. 2019;(2):1-18. doi: 10.29296/2618723X-2019-02-07. (In Russian).
11. Поздеев А.П., Захарьян Е.А., Зубаиров Т.Ф., Никитюк И.Е. Функциональное состояние периферического кровотока и нервно-мышечной системы нижних конечностей у пациентов с врожденным ложным суставом костей голени после устранения псевдоартроза. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2015;3(4): 6-11. doi: 10.17816/PTORS346-11. Pozdeev A.P., Zakharyan E.A., Zubairov T.F., Nikityuk I.E. [Functional status of peripheral blood flow and neuromuscular system of the lower extremities after surgical treatment of congenital false joint of the lower leg]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya hirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics, and Reconstructive Surgery]. 2015;3(4): 6-11. doi: 10.17816/PTORS346-11. (In Russian).
12. Пусева М.Э., Кинаш И.Н., Верхозина Т.К. Динамика показателей регионарного кровотока у больных с переломом диафиза лучевой кости при чрескостном остеосинтезе. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2015;(6):91-94. Puseva M.E., Kinash I.N., Verkhovina T.K. [Dynamics of regional blood flow parameters in patients with fracture of radial shaft in transosseous osteosynthesis]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)* [South Ural State Medical University]. 2015;(6):91-94. (In Russian).

Сведения об авторе

✉ Миromanов Александр Михайлович — д-р мед. наук, профессор
 Адрес: Россия, 672000, г. Чита, ул. Горького, д. 39 «а»
<https://orcid.org/0000-0003-1432-1844>
 e-mail: miromanov_a@mail.ru

Author's information

✉ Aleksandr M. Miromanov — Dr. Sci. (Med.), Professor
 Address: 39 a, Chita, Gor'kogo st., 672000, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-1432-1844>
 e-mail: miromanov_a@mail.ru



Экономика эндопротезирования тазобедренного сустава: обзор литературы

А.П. Серeda^{1,2}, И.И. Шубняков¹, А.А. Джавадов¹, М.В. Маметов³, Р.М. Тихилов¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

² Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», г. Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова», г. Санкт-Петербург, Россия

Статья посвящена вопросам экономического анализа при оказании помощи пациентам, нуждающимся в эндопротезировании тазобедренного сустава. Большое количество факторов, влияющих на конечный финансовый результат, заставляют смотреть на экономические исследования в области эндопротезирования с некоторой долей критичности. При этом существующие системы финансирования не могут в полной мере учесть все возможные затраты, возникающие при эндопротезировании тазобедренного сустава. По этой причине особый интерес представляют исследования, касающиеся ревизионной артропластики тазобедренного сустава, при выполнении которой затраты на лечение могут значительно различаться в зависимости от этиологии и сложности случая. Данные различия отражены в работах авторов из Франции, Германии и Великобритании, которые сравнивали затраты на лечение пациентов с септическими и асептическими ревизиями. Весьма различающиеся данные как между странами, так и внутри одной страны хорошо демонстрируют необходимость критического подхода к результатам исследований соотношения затраты-эффективность, QALY на основе Марковских и других моделей, так как качество исходных данных может быть весьма переменчивым и воспроизводить ошибку изначально некорректной структуры цены. В то же время стремительно увеличивающееся число операций первичного и ревизионного эндопротезирования суставов и, соответственно, увеличение экономических затрат на их проведение требуют четких и точных экономических критериев оценки. Формирование и применение данных критериев и будет являться целью дальнейших исследований.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, ревизионное эндопротезирование, экономический анализ.

Серeda А.П., Шубняков И.И., Джавадов А.А., Маметов М.В., Тихилов Р.М. Экономика эндопротезирования тазобедренного сустава: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):175-182. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1778>.

Серeda Андрей Петрович; e-mail: drsereda@gmail.com

Рукопись получена: 03.05.2022. Рукопись одобрена: 29.07.2022. Статья опубликована онлайн: 18.10.2022.

© Серeda А.П., Шубняков И.И., Джавадов А.А., Маметов М.В., Тихилов Р.М., 2022



Economics of Total Hip Arthroplasty: Review

Andrei P. Sereda^{1,2}, Igor I. Shubnyakov¹, Alisagib A. Dzhavadov¹, Malik V. Mametov³, Rashid M. Tikhilov¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

³ Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

This review article focuses on issues of economic analysis in providing care to patients requiring total hip arthroplasty. A large number of factors affecting the final financial result force us to look at economic research in the field of arthroplasty with a certain degree of criticality. At the same time, the existing financing systems cannot fully take into account all the possible costs arising from total hip arthroplasty. For this reason, studies concerning revision total hip arthroplasty are of particular interest, where treatment costs can vary significantly depending on the etiology and complexity of the case. These differences are reflected in the works of authors from France, Germany and Great Britain, who compared the treatment costs of patients with septic and aseptic revisions. Very different data both between countries and within the same country well demonstrate the need for a critical approach to the results of cost-effectiveness studies, QALYs based on Markov and other models, as the quality of the original data can be highly variable and reproduce the error of the initially incorrect price structure. At the same time, the rapidly increasing number of operations of primary and revision hip arthroplasty and, accordingly, the increasing economic costs of these operations require clear and effective economic criteria for their evaluation. The formation and application of these criteria will be the purpose of further research.

Keywords: total hip arthroplasty, revision total hip arthroplasty, economic analysis.

Cite as: Sereda A.P., Shubnyakov I.I., Dzhavadov A.A., Mametov M.V., Tikhilov R.M. [Economics of Total Hip Arthroplasty: Review]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):175-182. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1778>.

✉ Andrei P. Sereda; e-mail: drsereda@gmail.com

Submitted: 03.05.2022. Accepted: 29.07.2022. Published Online: 18.10.2022.

© Sereda A.P., Shubnyakov I.I., Dzhavadov A.A., Mametov M.V., Tikhilov R.M., 2022

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ

Вопрос экономики и финансирования эндопротезирования, конечно же, очень, если не сказать жизненно, важен для больницы и системы здравоохранения в целом. С другой стороны, чем больше занимаешься вопросом экономики, тем больше становится заметен разрыв между качеством исследований в области самого эндопротезирования и его экономики. Казалось бы, экономические исследования должны быть более просты и строги, давать, соответственно, более однозначные результаты, но на самом деле количество конфаундерных (искажающих) факторов в экономических исследованиях столь велико, что в качестве конечного критерия разумнее видеть наличие просроченной кредиторской задолженности больницы в целом, чем соответствие тарифа стоимости финансирования лечения одного случая реальным финансовым затратам на одного пациента.

Источниками этого разрыва являются множество факторов, и самый весомый из них — CAPEX-затраты, т. е. капитальные затраты на приобретение внеоборотных (со сроком действия более 1 года) активов, а также на их модернизацию. Да, в структуре тарифа высокотехнологичной медицинской помощи в Российской Федерации предусмотрены затраты на приобретение оборудования (основных средств), но не предусмотрены затраты на капитальный ремонт, строительство, которые, как правило, субсидируются. Многие оборудование приобретается за счет иных источников финансирования, есть неделимые общие накладные расходы (налоги, электроэнергия, связь и т.д.), которые могут быть весьма высоки и тоже могут субсидироваться, льготироваться (некоторые медицинские организации в нашей стране освобождены от налога на землю, но многие — нет) или обеспечиваться смешанными источниками финансирования.

Непосредственно лечит пациента врач, и сложно недооценить важность его заработной платы. Но заработная плата врача и медсестер не всегда генерируется только из финансирования за случай лечения: существуют, например, такие механизмы, как субсидия на выплату заработной платы для достижения целевых показателей средней заработной платы.

В конце концов, существуют специализированные и многопрофильные больницы, в которых высокие накладные расходы и иногда даже прямые расходы при лечении «убыточных» сложных и высокозатратных пациентов/нозологий могут диверсифицироваться и «перебрасываться» на более экономически «выгодных» пациентов других клинических клинических профилей (терапия, хирургия, ЛОР и т.д.).

Число этих конфаундеров столь велико, что, повторимся, реальной конечной точкой, пожалуй, будет являться финансовая состоятельность (просроченная кредиторская задолженность) больницы в целом. Конечно же, такой ориентир чреват трендом к избеганию «дорогостоящих» пациентов: именно поэтому есть очень высокий риск стагнации и примитивизации клинического развития больницы, если экономисты или менеджеры получают главенствующую роль в управлении. В конечном итоге такая стагнация приводит к профессиональной деградации медицинского персонала, увеличению рисков, осложнений и парадоксальному увеличению расходов на лечение этих осложнений вопреки начальной цели «сэкономить».

Ситуация весьма приблизительного подсчета стоимости лечения характерна не только для нашей страны, иначе мы бы не наблюдали в новостных лентах многочисленные сообщения о кризисе финансирования системы здравоохранения во многих странах.

Тем не менее финансирование конкретного случая лечения пациента может идти по двум принципиальным схемам. Первая — это усредненный тариф одного случая в рамках модели или клинко-статистической группы. Плюсом этого подхода является более простая система отчетности, лечение «дорогостоящего» пациента компенсируется более «дешевыми» в рамках одного тарифа. Однако чем более сложных пациентов берет на себя больница, тем больше отклонение от среднего. Например, в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в 2021 г. по разным источникам финансирования (не только по программе высокотехнологичной медицинской помощи) выполнены операции ревизионного эндопротезирования. Разброс прямых медицинских затрат (без учета CAPEX, накладных расходов, части прямых OPEX (операционные затраты для возможности оказания услуг), заработной платы, бытовых расходов на размещение, питание пациента и др.) составил от $\text{R}5\ 307,82$ до $\text{R}590\ 042,27$, т.е. самая дешевая ревизия отличалась от самой дорогой более чем в сто раз!

Фундаментальный минус такого ценообразования — ретроспективность, что означает формирование среднего тарифа на основании ранее пролеченных «аналогичных» пациентов [1] с соответствующим риском отставания от реальной рыночной ситуации и изменяющихся клинических рекомендаций. В нашей стране существует следующая система обоснования стоимости: клиническая апробация — высокотехнологичная медицинская помощь (ВМП) — медико-экономические стандарты (МЭС) — обязательное медицинское страхование (ОМС) через МЭС или клиническая рекомендация — МЭС — тариф ОМС. Казалось бы,

такая система должна избежать этой ретроспективности, но продолжительность пути от первого звена до конечного реально составляет годы, и все равно мы имеем риск отставания тарифов.

Вторая принципиальная схема финансирования — возмещение реальных затрат в рамках одного случая. В нашей стране такая схема чуть более развита в случае выполнения договорных операций, но тариф на ту или иную медицинскую услугу в преискуранте также базируется на усредненных показателях, которые при детальном анализе паспорта стоимости услуги могут быть весьма неточными.

В странах Европейского союза несколько лет назад была внедрена система возмещения затрат по фактической стоимости — так называемый “lump sum reimbursements”, который на самом деле привел к росту финансового давления на больницы в целом [2]. Изначально благая идея «сколько потратили — столько и оплатим» на практике приводит только к обострению конфликта экономистов и врачей, так как этот принцип неизменно влечет за собой необходимость обосновывать структуру тарифа той или иной услуги с соответствующим катастрофическим ростом отчетности. Нужно констатировать, что чем дальше, тем больше в своем развитии Россия идет по пути европейских стран с повторением аналогичных ошибок и генерацией аналогичных не влияющих на результат бюрократических сущностей. Например, R. Fernández-Fernández с соавторами отмечают, что с внедрением системы “lump sum reimbursements” выросло число госпитальных контроллеров, которые посчитывают стоимость операции, ухода, диагностики [2]. При этом на самом деле принцип «сколько потратили, столько и оплатим» не всегда работает до своего финального девиза: если лечение пациента оказалось дешевле среднего, то больница становится более маржинальной, а если дороже — то часто такой пациент так и остается убыточным для больницы без соответствующей компенсации [3].

Аналогичное финансовое давление существует и в странах «бюджетного финансирования», то есть без единовременной системы возмещения расходов: в этих странах больницы обычно ежегодно согласовывают с вышестоящим органом здравоохранения свои бюджеты и определенное количество пациентов или процедур для лечения в рамках этого бюджета и периода [4, 5]. При этом возможны субсидии для обеспечения финансовой стабильности учреждения как от правительства, органа управления здравоохранением, местных муниципалитетов или даже политических партий, повышающих лояльность электората [6].

Все эти многочисленные конфаундер-факторы заставляют смотреть на экономические исследо-

вания в области эндопротезирования с некоторой долей критичности, но тем не менее мы, конечно же, остановимся на некоторых их них.

В целом для большинства больниц первичное эндопротезирование является экономически выгодным, что подтверждается своеобразной «охотой» маркетинговых служб больниц за такими пациентами [3, 5, 7].

Экономическая целесообразность организации центра эндопротезирования тем не менее должна оцениваться в контексте общего количества операций: с учетом риска перипротезной инфекции (ППИ) и других поводов к ревизии [8, 9] в госпитале, выполняющем небольшое количество операций, по теории вероятностей может появиться несколько «дорогостоящих» пациентов, которые либо разрушат экономику больницы, либо заставят врача отправить пациента в более крупное учреждение. Последняя тактика часто встречается в нашей стране, что было продемонстрировано высокой долей ревизий по поводу ППИ в локальном регистре [10]. Концентрация пациентов с ППИ в каком-либо специализированном месте, например, в федеральном центре лечения ППИ, потребует пересмотра тарифов, так как принцип компенсации «дорогостоящего» пациента «дешевым» будет уже невозможен.

В системах, когда больница выполняет все ревизии после своих первичных операций в достаточно большом количестве, экономика оказывается сбалансированной ввиду в целом невысокой доли этих осложнений [6].

Уже упоминавшаяся выше система среднего тарифа в рамках базовой или сверхбазовой программы высокотехнологичной помощи или тарифа ОМС в рамках клинко-статистической группы (КСГ) перекликается с европейской системой сгруппированных диагнозов (diagnosis-related groups — DRG), в которых пациенты схожей тяжести и диагноза группируются в рамках приблизительно схожих затрат по наполнению и стоимости [4]. Для большинства случаев принцип КСГ/DRG работает хорошо, но стремление к пересмотру этих групп имеет риск сверхдетализации с соответствующими бюрократическими рисками.

В подавляющем большинстве случаев в публикациях сообщается о более высоких затратах на лечение пациентов с ППИ, что создает соблазн выделения дополнительных более детализированных групп финансирования. На наш взгляд, несмотря на известные минусы убыточности «дорогих» пациентов в условиях финансирования КСГ/DRG [11], к стремлению некоторых авторов к сверхдетализации групп [8, 9] нужно относиться весьма прохладно.

Например, в европейских странах, как и у нас, асептические и септические ревизии объединены в рамках одной DRG. Стоимость асептической ре-

визии, как и септической, может быть весьма разной. По нашим данным, отличия могут превышать сто раз, а конечная точка — финансовая стабильность больницы в целом.

ЭКОНОМИКА РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

В случае первичного эндопротезирования стоимость затрат в основном обусловлена расходами на собственно операционную, имплантаты, расходные материалы, и достаточно статична [12]. Но в случае развития сопутствующих патологических состояний и ППИ структура затрат значительно меняется [13].

Среди публикаций по экономике ревизионного эндопротезирования большая часть фокусируется на ППИ в сравнении с асептическими ревизиями, поэтому цель данного обзора заключалась в описании экономического обеспечения операций ревизионного эндопротезирования в формате сравнения стоимости затрат на асептическую и септическую ревизию.

Опубликованы достаточно подробные данные о структуре затрат лечения пациентов с ППИ во Франции, Германии и Великобритании [7, 14, 15, 16].

Франция

Во Франции средняя стоимость лечения пациента с ППИ после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава составляет €23 757, а асептической ревизии — €12 049. Максимальное

возмещение затрат при этом составляет €14 062 для асептической ревизии и €15 081 — для ППИ [15]. Таким образом, средний пациент с асептической ревизией выигрывает для экономики больницы, а средний пациент с ППИ — убыточен.

Самой весомой составляющей в структуре затрат на лечение пациента с ППИ во Франции являются расходы на персонал, которые напрямую связаны с длительностью стационарного лечения [15]. Другими важными аспектами затрат являются расходы на операцию, медицинские расходные материалы и общие расходы на немедицинские услуги. Примечательно, что затраты на имплантаты и операцию ниже при септической ревизии, чем при асептической, в то время как все другие области затрат значительно увеличиваются при лечении ППИ (табл. 1).

Германия

Экономика ревизионного эндопротезирования в Германии описана в трех публикациях. G. Assmann с соавторами сообщают о затратах в \$14 379 для септической ревизии и в \$5 487 — для асептической [17]. M. Haenle с соавторами оценивают затраты на септическую ревизию в €29 322 [7, 14], а E. Lieb с соавторами сообщают о затратах на септическую ревизию в €20 166 [11] (табл. 2).

Можно отметить, что стоимость затрат в Германии не только весьма отличается от затрат во Франции, но эти затраты отличаются между собой.

Таблица 1

Структура затрат на ревизию и лечение ППИ во Франции [17]

Затраты	Асептические ревизии	Септические ревизии	Разница затрат, %
Персонал	€2 210	€9 948	+450,1
Расходные материалы	€146	€2 742	+1878,1
Эндопротез	€2 047	€1 862	-9,0
Непрямая амортизация	€23	€39	+169,6
Операционная + анестезия	€3 079	€2 900	-5,8
Физиотерапия	€244	€388	+159,0
Диагностика (радиология, лаборатория)	€404	€1 019	+252,2
Лекарственные средства	€245	€706	+288,2
Общие расходы	€850	€3 594	+422,8

Таблица 2

Затраты и тарифы на ревизию в Германии

Затраты и компенсации	Асептическая ревизия [19]	Септическая ревизия [19]	Септическая ревизия [7]	Септическая ревизия [13]
Средние затраты	\$5 487	\$14 379	€29 322	€20 166
Средний тариф (компенсация)	—	—	€16 645	€21 580
Возмещение затрат компенсацией, %	—	—	56,7	107,0

G. Assmann с соавторами использовали анализ фиксированных и переменных затрат, полученных через бизнес-администрацию больницы [17]. M. Naenle с соавторами [7, 14] использовали восходящий анализ затрат, а E. Lieb с соавторами [11] использовали матричную калькуляцию.

Великобритания

I.S. Vanhegan с соавторами сообщают, что средняя стоимость септической ревизии составляет £21 937, а асептической ревизии — £11 897 (табл. 3) [16]. Расчет возмещения затрат для больниц в Великобритании более сложен, чем в странах Европейского союза, и включает в себя комбинацию тарифа на случай лечения и дополнительного финансирования, которое является

в некоторой степени аналогом субсидиарного финансирования в нашей стране. Компенсация фиксированная и одинакова как для септических, так и для асептических ревизий и составляет £8 152, соответственно, оба типа ревизий убыточны для больницы. После дополнительного финансирования септические ревизии все еще остаются убыточными для больницы, но уже в меньшем размере — убыток уменьшается до £860 на один случай [16].

Затраты на лекарства вносят самый высокий вклад в относительный структурный рост стоимости септической ревизии в сравнении с асептической (427%). Затем следуют расходы на диагностику (288,9%), прочие расходы (197,6%) и расходы на пребывание в стационаре (184,4%) табл. 4).

Таблица 3

Затраты и тарифы на ревизии в Великобритании [18]

Затраты и компенсации	Асептическая ревизия	Септическая ревизия	Разница, %
Средние затраты	£11 897	£21 937	+184,4
Максимальная компенсация	£8 152	£8 152	+0
Возмещение затрат максимальной компенсацией, %	68,5	37,1	-31,4

Таблица 4

Структура затрат на ревизии в Великобритании [18]

Затраты	Асептическая ревизия	Септическая ревизия	Разница, %
Стационарное размещение	£3 688	£6 800	+184,4
Диагностика	£342	£988	+288,9
Лекарства	£200	£854	+427,0
Имплантаты	£2 298	£3 345	+145,6
Операционная	£1 216	£1 744	+143,4
Другие затраты	£4 153	£8 206	+197,6

ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ СТОИМОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ

Один из самых весомых вкладов в увеличение стоимости лечения пациента с ППИ в сравнении с асептической ревизией вносят расходы на антибиотикотерапию [7, 15]. Стоимость антибиотиков может быть различной и определяется патогеном, их ассоциацией, резистентностью. S. Klouche с соавторами сообщают о диапазоне стоимости антибиотикотерапии от €77 до €336 [15].

В случае инфекции, трудно поддающейся лечению (difficult-to-treat — ДТТ), расходы могут быть еще выше. По данным НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, в составе которого имеется специализированное отделение для лечения ППИ, где проходят лечение пациенты со всей страны, максимальные нехирургические расходы, включая

лекарственные средства в случае ДТТ-инфекции, в 2021 г. достигали Р551 442,27 у одного пациента. Еще у 141 пациента с ППИ, прошедшего лечение в 2021 г., нехирургические расходы превысили очерченный S. Klouche с соавторами максимум в €336 [15] (Р28 244 по курсу ЦБ РФ на 31 декабря 2021 г.) и составили в среднем Р61 683,84 (т.е. €734 по курсу ЦБ РФ на 31 декабря 2021 г.). Вероятно, такой значительный рост стоимости лечения в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в сравнении с французскими клиниками обусловлен более сложными случаями, большей долей пациентов с хронической и ДТТ-инфекцией, что обусловлено неоптимальной маршрутизацией.

По данным M. Naenle с соавторами, стоимость антибиотиков варьирует от €5 для первичного эндопротезирования до €600 для ППИ [7], что, впро-

чем, все равно меньше аналогичных расходов в НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена.

Анализ расходов на антибиотикотерапию, выполненный R. Fernández-Fernández с соавторами, показывает разброс от €184 в случае терапии ципрофлоксацином фторхинолон-чувствительных штаммов *Enterobacteriaceae* до €13 167 при терапии даптомицином пенициллин-резистентных *Enterococcus* spp. [2].

Особая область затрат — реанимация / интенсивная терапия. Стоимость дня лечения в палате интенсивной терапии достигает €2 000 в случае ППИ [18] и суммарно можно достигать €5 395 при лечении ППИ [7, 14]. В НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в 2021 г. максимальные расходы на пациента с ППИ в отделении реанимации достигали Р321 687,64 (€3 826 по курсу ЦБ РФ на 31 декабря 2021 г.).

В любом случае пациент с ППИ требует дополнительных расходов на лабораторную диагностику, рентгенологические методы исследования,

периоперационный менеджмент, длительное пребывание и т. д. [7, 14, 15, 16, 18].

Весьма различающиеся данные как между странами, так и внутри одной страны хорошо демонстрируют необходимость критического подхода к результатам исследований соотношения затраты-эффективность, QALY на основе Марковских и других моделей, так как качество исходных данных может быть весьма переменным и репродуцировать ошибку изначально некорректной структуры цены. В то же время стремительно увеличивающееся число операций первичного и ревизионного эндопротезирования суставов и, соответственно, увеличение экономических затрат на проведение данных вмешательств требует четких и эффективных экономических критериев их оценки, что и будет являться целью дальнейших исследований. Формирование и применение данных критериев и будет являться целью дальнейших исследований.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Sereda A.P. — сбор и обработка материала, подготовка текста.

Шубняков И.И. — редактирование.

Джавадов А.А. — подготовка текста.

Маметов М.В. — сбор и обработка материала.

Тихилов Р.М. — редактирование.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS

Author contribution

Sereda A.P. — collection and processing of material, writing the draft.

Shubnyakov I.I. — text editing.

Dzhavadov A.A. — writing the draft.

Mametov M.V. — collection and processing of material.

Tikhilov R.M. — text editing.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Dittmann H. [Analysis of the conceptual structure of the DRG payments from a cost-accounting point of view]. *Gesundheitsökonomie Qualitätsmanagement*. 2016;21(03):150-157. (In German). doi: 10.1055/s-0035-1553731.
- Fernández-Fernández R., Cruz-Pardos A., García-Rey E. Revision Total Hip Arthroplasty: Epidemiology and Causes. In: Rodríguez-Merchán, E. (eds.) *Revision Total Joint Arthroplasty*. Springer, Cham; 2020. p. 43-57. doi: 10.1007/978-3-030-24773-7_4.
- Hanstein T., Kumpe O., Mittelmeier W., Skripitz R. [Hybrid and uncemented hip arthroplasty: Contribution margin in the German lump sum reimbursement system]. *Orthopade*. 2015;44(8):617-622. (In German). doi: 10.1007/s00132-015-3139-3.
- Diagnosis-related Groups in Europe: Moving towards transparency, efficiency and quality in hospitals (European Observatory on Health Systems and Policies Series). Quentin W., Busse R., Geissler A. (eds.). McGraw-Hill; 2011. Ch. 2, 8. p. 9-21; 37-58.
- Stargardt T. Health service costs in Europe: cost and reimbursement of primary hip replacement in nine countries. *Health Econ*. 2008;17(1 Suppl):S9-20. doi: 10.1002/hec.1328.

6. Середа А.П., Богдан В.Н., Андрианова М.А., Беренштейн М. Лечение перипротезной инфекции: где и кто? *Травматология и ортопедия России*. 2019;(4): 33-55. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-33-55.
Sereda A.P., Bogdan V.N., Andrianova M.A., Berenstein M. [Treatment of Periprosthetic Infection: Where and Who?] *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;(4):33-55. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-33-55.
7. Haenle M., Skripitz C., Mittelmeier W., Skripitz R. [Economic impact of infected total hip arthroplasty in the German diagnosis-related groups system]. *Orthopade*. 2012;41(6):467-476. (In German). doi: 10.1007/s00132-012-1939-2.
8. Bozic K.J., Kurtz S.M., Lau E., Ong K., Chiu V., Vail T.P. et al. The epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(1):45-51. doi: 10.1007/s11999-009-0945-0.
9. Bozic K.J., Kurtz S.M., Lau E., Ong K., Vail T.P., Berry D.J. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(1):128-133. doi: 10.2106/JBJS.H.00155.
10. Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О., Корыткин А.А., Алиев А.Г., Вебер Е.В. и др. Основные тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):119-142. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142.
Shubnyakov I.I., Riahi A., Denisov A.O., Korytkin A.A., Aliyev A.G., Veber E.V. et al. [The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):119-142. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142.
11. Lieb E., Hanstein T., Schuerings M., Trampuz A., Perka C. [Reduction of Treatment Duration in Periprosthetic Infection with a Fast-Track Concept Is Economically Not Feasible]. *Z Orthop Unfall*. 2015;153(6):618-623. (In German). doi: 10.1055/s-0035-1557858.
12. Maradit Kremers H., Visscher S.L., Moriarty J.P., Reinalda M.S., Kremers W.K., Naessens J.M. et al. Determinants of direct medical costs in primary and revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(1):206-214. doi: 10.1007/s11999-012-2508-z.
13. Fisman D.N., Reilly D.T., Karchmer A.W., Goldie S.J. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of 2 management strategies for infected total hip arthroplasty in the elderly. *Clin Infect Dis*. 2001;32(3):419-430. doi: 10.1086/318502.
14. Haenle M., Skripitz C., Mittelmeier W., Skripitz R. Economic impact of infected total knee arthroplasty. *ScientificWorldJournal*. 2012;2012:196515. doi: 10.1100/2012/196515.
15. Klouche S., Sariali E., Mamoudy P. Total hip arthroplasty revision due to infection: a cost analysis approach. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010;96(2):124-132. doi: 10.1016/j.rcot.2010.02.005.
16. Vanhegan I.S., Malik A.K., Jayakumar P., Ul Islam S., Haddad F.S. A financial analysis of revision hip arthroplasty: the economic burden in relation to the national tariff. *J Bone Joint Surg Br*. 2012;94(5):619-623. doi: 10.1302/0301-620X.94B5.27073.
17. Assmann G., Kasch R., Maher C.G., Hofer A., Barz T., Merk H. et al. Comparison of health care costs between aseptic and two stage septic hip revision. *J Arthroplasty*. 2014;29(10):1925-1931. doi: 10.1016/j.arth.2014.04.043.
18. Kasch R., Assmann G., Merk S., Barz T., Melloh M., Hofer A. et al. Economic analysis of two-stage septic revision after total hip arthroplasty: What are the relevant costs for the hospital's orthopedic department? *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17:112. doi: 10.1186/s12891-016-0962-6.

Сведения об авторах

✉ *Середа Андрей Петрович* — д-р мед. наук
Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>
e-mail: drsereda@gmail.com

Шубняков Игорь Иванович — д-р мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>
e-mail: shubnyakov@mail.ru

Джавадов Алисагиб Аббасович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-6745-4707>
e-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru

Маметов Малик Велибалаевич
<https://orcid.org/0000-0003-1082-7872>
e-mail: m_mametov@inbox.ru

Тихилов Рашид Муртузалиевич — чл.-корр. РАН,
д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>
e-mail: rtikhilov@gmail.com

Authors' information

✉ *Andrei P. Sereda* — Dr. Sci. (Med.)
Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>
e-mail: drsereda@gmail.com

Igor I. Shubnyakov — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>
e-mail: shubnyakov@mail.ru

Alisagib A. Dzhavadov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-6745-4707>
e-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru

Malik V. Mametov
<https://orcid.org/0000-0003-1082-7872>
e-mail: m_mametov@inbox.ru

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>
e-mail: rtikhilov@gmail.com



Обзорная статья
УДК 617.577-007.24-08
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1996>

Современное состояние проблемы лечения повреждений типа “mallet finger”: обзор литературы

Ю.С. Волкова, Л.А. Родоманова

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

Введение. Часто неправильно выбранная тактика лечения “mallet finger” становится причиной выраженной дисфункции пальца, приводящей к снижению ловкости, силы схвата кисти и уменьшению способности выполнять мелкие манипуляции. Кроме того, остаточная деформация пальца может существенно снижать эстетическую удовлетворенность пациента. Актуальность проблемы данного типа травм обусловлена преимущественно отсутствием единого алгоритма выбора тактики лечения и, как следствие, высоким процентом неудовлетворительных клинических результатов.

Цель обзора — на основании анализа литературы оценить современное состояние проблемы и эффективность предложенных методик лечения “mallet finger”.

Результаты. Отсутствие единого протокола лечения “mallet finger” оставляет открытым вопрос выбора оптимальной тактики. Вариабельность видов лечения и показаний к их применению вынуждают специалистов опираться на собственный опыт при определении тактики в каждом клиническом случае. Продолжаются поиски оптимального вида шва и способов иммобилизации при закрытом повреждении в I зоне для улучшения клинических результатов и минимизации риска потенциальных осложнений. Предложенные модификации блокирующего остеосинтеза имеют свой спектр преимуществ, однако требуют исследований на большей выборке пациентов для подтверждения эффективности. Различные внутренние фиксаторы, позволяющие достичь анатомичной репозиции, нуждаются в проведении дополнительных исследований ввиду высокого риска осложнений и недостаточной стабильности фиксации. Полученных данных недостаточно для принятия обоснованного решения по выбору оптимальной методики. Наряду с высоким процентом осложнений эти факторы значительно ухудшают функциональные результаты лечения.

Заключение. В результате анализа литературы получены крайне противоречивые данные. Высокий процент неудовлетворительных исходов и осложнений, отсутствие единого алгоритма выбора способа лечения, а также противоречивость имеющейся в литературе информации свидетельствуют о нерешенной проблеме лечения “mallet finger”, которая требует поиска рациональной методики с исключением существующих недостатков.

Ключевые слова: молоткообразная деформация, молоткообразный палец, подкожный разрыв сухожилия, сухожилия разгибателей пальцев кисти, дистальный межфаланговый сустав.

📖 Волкова Ю.С., Родоманова Л.А. Современное состояние проблемы лечения повреждений типа “mallet finger”: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):183-192. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1996>.

✉ Волкова Юлия Станиславовна; e-mail: volkoways@mail.ru

Рукопись получена: 15.09.2022. Рукопись одобрена: 14.11.2022. Статья опубликована онлайн: 08.12.2022.

© Волкова Ю.С., Родоманова Л.А., 2022



Management of Mallet Finger: Current Status (Review)

Yulia S. Volkova, Liubov A. Rodomanova

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

Background. Often, an incorrect treatment tactic injuries of the “mallet finger” can cause a pronounced dysfunction of the finger. In addition, remaining finger deformation can significantly reduce the aesthetic satisfaction of the patient. The relevance of the problem of this injury type can be mainly explained by the lack of a unified algorithm for choosing treatment tactics, and, as a result, a high percentage of unsatisfactory clinical results.

Review purpose – to assess the current state of the problem and the effectiveness of the proposed methods of treatment of “mallet finger” based on the analysis of the literature

Results. The lack of a single protocol for the treatment of “mallet finger” leaves the question of choosing the optimal tactics open. The variability of interventions and indications for their implementation force specialists to rely on their own empirical experience when determining tactics in each clinical case. The search continues for the optimal type of suture and methods of immobilization with a closed injury in the Zone I to improve clinical results and minimize the risk of potential complications. The proposed modifications of blocked osteosynthesis have their own advantages, however, they require future studies on a larger cohort of patients to confirm their effectiveness. Various internal implants that allow to achieve anatomical reposition require additional studies due to the high risk of complications and insufficient stability of fixation. The obtained data are not enough to make a reasonable decision on the choice of the optimal method of treating the pathology in question. Along with a high percentage of complications, these factors significantly worsen the functional outcomes of treatment.

Conclusion. Literature analysis shows that there is an active search for new surgical methods for the treatment of mallet finger injuries among both Russian and foreign specialists. The data obtained are not enough to make a reasonable decision on the choice of the optimal method of treating the pathology in question, since the results of the studies carried out are rather contradictory or require verification. This determines the need to improve treatment concepts with the elimination of existing shortcomings in order to create a well-founded algorithm for choosing a rational technique.

Keywords: mallet finger, extensor tendon injury, mallet fracture, baseball finger, rupture of the extensor tendon, DIP joint, soft tissue mallet finger, bony mallet finger.

Cite as: Volkova Yu.S., Rodomanova L.A. [Management of Mallet Finger: Current Status (Review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):183-192. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1996>.

✉ Yulia S. Volkova; e-mail: volkoways@mail.ru

Submitted: 15.09.2022. Accepted: 14.11.2022. Published Online: 08.12.2022.

© Volkova Yu.S., Rodomanova L.A., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на многолетнюю историю, создание рационального алгоритма выбора тактики лечения повреждений типа “mallet finger” все еще остается актуальной проблемой современной кистевой хирургии [1, 2, 3]. При кажущейся простоте данной патологии и легкости диагностики не существует общепринятого протокола, позволяющего сформулировать показания к определенной тактике в зависимости от типа повреждения [3]. В связи с этим лечение одного и того же типа “mallet finger” часто отличается у разных специалистов, а предложенные на сегодняшний день методики остаются спорными и не позволяют достигнуть оптимальных клинических результатов [4, 5]. В последние годы отмечается тенденция к разработке новых оперативных методик и усовершенствованию уже существующих, однако большая часть публикаций представлена серией наблюдений с небольшой выборкой пациентов или единичными клиническими случаями с описанием методики, требующей верификации. При этом результаты таких наблюдений довольно противоречивы и сопряжены с высоким процентом послеоперационных осложнений. Совокупность перечисленных факторов формирует замкнутый круг, усложняющий принятие решения при выборе лечебной тактики.

Цель исследования — на основании анализа зарубежной и отечественной литературы оценить современное состояние проблемы “mallet finger” и эффективность предложенных методик лечения.

Анатомические сложности восстановления разгибательного аппарата на уровне дистального межфалангового сустава

Восстановление целостности разгибательного аппарата на уровне дистального межфалангового сустава (ДМФС) является сложновыполнимой задачей в связи с его анатомическими особенностями. Малая толщина, распластанность и, как следствие, высокая степень разволокнения концов поврежденного сухожилия являются причиной меньшей прочности накладываемого шва и формирующегося рубцового регенерата, что при нарушении рекомендованного режима может вызвать рецидив деформации [6, 7, 8]. В работах, посвященных особенностям кровоснабжения разгибательного аппарата, сделан вывод о дефиците кровоснабжения сухожилия в зоне ДМФС, так как основной сосудистый пучок проходит на 11 мм проксимальнее [9, 10, 11, 12]. Возрастные особенности кровоснабжения сухожилий обусловлены богатой сетью микроциркуляторного русла в детском возрасте. В процессе роста, по мере уплотнения межклеточного вещества, количество капил-

ляров уменьшается, и их ориентация совпадает с направлением пучков коллагеновых волокон. По этой причине лечение травм сухожилий у детей эффективнее, чем у взрослых [9]. Факт относительно скудного кровоснабжения разгибательного аппарата на уровне ДМФС может иметь значение в этиологии “mallet finger”, а также влиять на регенераторный потенциал и время восстановления сухожилия [9, 12, 13]. В связи с перечисленными особенностями и слабо развитой подкожной жировой клетчаткой по тыльной поверхности ДМФС открытые техники восстановления “mallet finger” оказываются высокотравматичными (обнажение сухожилия на протяжении для проведения нити или открытой репозиции) и связаны с высоким риском развития осложнений [6, 7, 14]. Помимо анатомических особенностей, недостаточная длина дистальной культы сухожилия, а также высокая степень деформации и укорочения сухожилия при выполнении традиционных швов также значительно ограничивают показания к их выполнению [6, 7].

Распространенность

Несмотря на высокую распространенность повреждений сухожилий верхних конечностей, имеется мало данных о встречаемости патологии типа “mallet finger” [15, 16, 17]. Согласно данным R.A. Clayton с соавторами, распространенность “mallet finger” среди взрослого населения в США составляет 9,3% по данным 2008 г., занимая четвертое место по частоте встречаемости повреждений мягких тканей после менисков, связок акромиально-ключичного сочленения и ахиллова сухожилия [18].

Статистически значимых различий в частоте повреждений типа “mallet finger” среди мужчин и женщин нет. Однако у женщин рассматриваемая деформация чаще является результатом дегенеративных изменений и проявляется в возрасте 48–50 лет вследствие незначительного механического воздействия [17, 18]. У мужчин данная деформация, как правило, возникает в результате травмы, полученной во время занятий спортом, в возрасте 20–50 лет (средний возраст — 39,9 лет) [18, 19].

Клиническая картина и диагностика

Диагностика свежего “mallet finger” относительно проста и основывается на типичных жалобах пациентов, которые включают боль, отек, молоткообразную деформацию и дефицит активного разгибания ногтевой фаланги различной степени выраженности. Для подтверждения и оценки потенциального костного или сухожильного “mallet finger” обычно выполняется рентгенография в прямой и строго боковой проекциях. Боковые

проекции демонстрируют наличие отрывного перелома основания ногтевой фаланги или подвывиха, которые в значительной мере могут повлиять на тактику выбора лечения [20, 21, 22, 23, 24].

Данные литературы о других методах визуализации “mallet finger” довольно скудные. В некоторых исследованиях для диагностики острого “mallet finger” использовали УЗИ и МРТ [25, 26, 27, 28, 29]. Авторы сообщили, что высокочастотное УЗИ позволяет оценить функцию сухожилия разгибателя в режиме реального времени, дифференцировать истинный и ложный “mallet finger” (например, при ревматоидном и псориатическом артрите), оценить положение проксимальной культи поврежденного сухожилия (по опыту авторов ее смещение на 4 мм и более от ДМФС уменьшает успех консервативного лечения) и таким образом определиться с оптимальной тактикой лечения [26]. УЗИ является более быстрым и доступным методом скрининга в сравнении с МРТ, которое ввиду своей дороговизны практически не применяется при данном типе повреждения. Кроме того, УЗИ позволяет оценить толщину сухожильного рубцового регенерата в процессе лечения, что также является важным аспектом в последующем наблюдении [25, 26, 27, 28]. При том, что МРТ и УЗИ высокоинформативны, их выполнение в большинстве отделений неотложной помощи довольно затруднительно, в то время как выполнение стандартного рентгеновского исследования доступно круглосуточно и выполняется рутинно [24, 26].

Классификации

В настоящее время существует несколько классификаций “mallet finger”. Классификации Wehbe–Schneider [30] и Tubiana [31] описывают типы повреждения в зависимости от наличия или отсутствия подвывиха с сопутствующей нестабильностью и размера костного фрагмента с подразделением на подтипы по степени вовлеченности сустава. Данные классификации исключают открытые повреждения и разрывы сухожилия на протяжении (soft tissue mallet finger), что ограничивает показания к их применению.

Наиболее часто ввиду своей универсальности используется классификация J.R. Doyle, которая описывает шесть типов повреждений с учетом анатомического расположения линии перелома, размера костного фрагмента и наличия подвывиха в суставе, а также включает сухожильный “mallet finger” и открытые повреждения различного характера [32].

В последние годы наблюдается тенденция к созданию новых классификаций и модификации уже существующих. В 2016 г. была предложена модифицированная классификация Tubiana, основанная преимущественно на наличии подвывиха

дистального межфалангового сустава и возможности его консервативного устранения [23]. Новый метод классификации, учитывающий степень вовлеченности суставной поверхности, толщину отрывного фрагмента и время, прошедшее после травмы, предложили в 2020 г. Y. Yang с соавторами [33]. Классификацию подвывихов в ДМФС в 2017 г. разработали J.O. Yoon с соавторами для определения возможности консервативного лечения “mallet finger” с фрагментом более 1/3 суставной поверхности и наличием подвывиха [21].

Некоторые из предложенных классификаций основаны на визуализационных методах исследования. Например, T. Wang с соавторами по данным УЗИ и МРТ разделили “mallet finger” на три типа: отрывной перелом без разрыва сухожилия разгибателя; сухожильный “mallet finger” (полный разрыв сухожилия без перелома дистальной фаланги); ушиб сухожилия разгибателя. По мнению авторов, такая классификация может быть использована для определения оптимальной тактики лечения [26].

Тактика лечения свежих закрытых повреждений типа “mallet finger”

Несмотря на прогрессивное развитие современной кистевой хирургии, в лечении “mallet finger” остается много спорных моментов. При всем многообразии предложенных способов алгоритм выбора оптимальной тактики все еще находится в стадии обсуждения, не достигнуто единого мнения об эффективности существующих лечебных методик.

Консервативное лечение закрытого сухожильного «mallet finger» требует соблюдения таких условий, как «свежесть» травмы, возможность сблизить концы сухожилия, стабильность и адекватность фиксации [3, 4]. Способность пациентов придерживаться рекомендованного режима иммобилизации и проведения гигиенических процедур во избежание возникновения осложнений обычно невозможно отследить [34]. Способы консервативного лечения, продолжительность и детали реабилитации значительно отличаются у разных специалистов [34, 35, 36]. В исследовании эффективности различных вариантов шин было определено, что тип фиксатора не оказывает существенного влияния на функциональный результат, однако он должен быть достаточно прочным и комфортным для пациента во избежание нарушений рекомендованного режима, чему соответствует индивидуальная шина из термопластика [35]. Некоторые авторы предпочитают использовать гипсовую иммобилизацию [25, 29, 37].

Ряд авторов отмечают, что независимо от вида проведенного лечения пациента должна лечить мультидисциплинарная бригада, в частности специалисты по кистевой реабилитации и физио-

терапевты, при этом для улучшения результатов лечения необходимы комплаентность пациента и его грамотное обучение [12, 22, 38, 39, 40]. Однако в части исследований специализированная реабилитация после прекращения иммобилизации отсутствовала [25, 29, 37]. Сроки постоянной иммобилизации наиболее часто составляют 6–8 нед., однако в некоторых исследованиях они увеличены до 10–12 нед. [2, 34]. В исследовании по оценке эффективности ночного шинирования было определено, что оно не улучшает клинические результаты [41]. При этом многие авторы используют протоколы дополнительного ортезирования после окончания основного периода иммобилизации сроком до 2–8 нед., обосновывая его необходимость биологическим процессом сращения сухожилия и высоким риском рецидива деформации [8, 34, 35, 36].

Неоднозначны мнения исследователей о дополнительной иммобилизации проксимального межфалангового сустава (ПМФС) поврежденного пальца, которая длительное время считалась необходимой. В нескольких кадаверных экспериментах проводилась оценка влияния иммобилизации ПМФС на потенциальный диастаз между концами поврежденного сухожилия на уровне ДМФС. В литературе приводятся крайне полярные мнения. А.С. Золотов с соавторами доказали отсутствие влияния [42], Ф.Ф. Камолов с соавторами сделали вывод, что движения в ПМФС и пястно-фаланговом суставе (ПФС) способствуют увеличению диастаза за счет смещения сухожильного капюшона проксимальнее ПФС и настаивают на их фиксации в физиологическом положении [25, 29].

Во многом подход и выбор тактики лечения острых повреждений “mallet finger” зависят от давности травмы [3, 4]. На сегодняшний день определение «свежести» повреждения достаточно спорно, так как единого мнения по поводу обозначения временных промежутков для дифференциации разрывов сухожилий разгибателей пальцев на свежие и застарелые не существует. В связи с этим временной интервал после травмы, в течение которого консервативное лечение может быть эффективным, также остается неопределенным

[12, 43]. По мнению М.А. Ходорковского с соавторами, консервативное лечение целесообразно только в первые сутки после травмы, с увеличением интервала времени с момента травмы до начала лечения эффективность консервативной терапии резко уменьшается [37]. А. Reiter с соавторами считают повреждения типа “mallet finger” «острыми» в первые 4 нед., хроническими — после 4 нед. и в обоих случаях рекомендуют консервативное лечение с помощью шины [44]. Е. Altan с соавторами сравнили лечение пациентов с сухожильными “mallet finger” в срок до 2 нед. и в интервале от 2 до 4 нед. после травмы и сделали вывод, что функциональные результаты в этих группах не отличаются [43].

Все предложенные оперативные методики направлены на восстановление целостности сухожилия или анатомичной репозиции и жесткой стабильной фиксации с одновременной возможностью ранней мобилизации поврежденного пальца для предотвращения контрактур [5, 43, 45]. На сегодняшний день не существует однозначных показаний к выполнению оперативного вмешательства [19, 46]. Однако в связи высоким процентом неудовлетворительных исходов консервативного лечения все больше авторов предлагают новые методики или модификацию уже существующих в попытках улучшить клинические результаты.

Оценка результатов лечения

Для оценки результатов лечения в подавляющем большинстве статей используется шкала G.P. Crawford, учитывающая степень дефицита активного разгибания и сгибания в ДМФС, а также наличие болевого синдрома. В соответствии с этими критериями и жалобами пациента результат оценивается как отличный, хороший, удовлетворительный или плохой [47] (табл. 1). Данная шкала является наиболее распространенной для оценки результатов лечения и позволяет отразить функциональный результат и уровень физического комфорта пациентов.

Таблица 1

Классификация G.P. Crawford [47]

Результат	Дефицит разгибания	Сгибание	Болевой синдром
Отличный	Нет	Полное	Нет
Хороший	0–10°	Полное	Нет
Удовлетворительный	10–25°	Любой дефицит	Нет
Плохой	>25°	Любой дефицит	Постоянный

Шов сухожилия и его вариации

Вопрос показаний к выполнению первичного шва при свежем сухожильном “mallet finger” остается открытым. Неудовлетворительные функциональные исходы консервативного лечения зачастую требуют оперативного вмешательства и сопряжены с высокой степенью неудовлетворенности пациента проведенным лечением. В связи с этим продолжают поиски оптимального шва сухожилия при повреждении в I зоне. Для восстановления целостности сухожилия при свежем закрытом повреждении предложены различные погружные швы с дальнейшей гипсовой иммобилизацией или в сочетании с трансартикулярной фиксацией ДМФС спицей и различными точками фиксации нити [40, 48, 49, 50]. При открытых повреждениях используются вариации внутрисуставных швов с внутренней или наружной фиксацией [6, 7, 49]. Однако такие методики имеют существенные недостатки в виде высокой травматичности, риска развития пролежней, лигатурных свищей и инфицирования [6, 7, 9, 14].

Трансартикулярная фиксация

Некоторые авторы используют трансартикулярную фиксацию при закрытом сухожильном “mallet finger” у пациентов без большой комплаентности с невозможностью соблюдать сроки постоянной внешней иммобилизации, что позволяет лицам определенных профессий сразу после операции вернуться к работе [2]. Другим показанием может быть множественное повреждение пальцев, когда наружное шинирование нескольких пальцев трудно выполнимо [9]. Кроме того, зачастую трансартикулярная фиксация используется при хирургическом лечении свежих травм или выполнении тенодермодеза [40]. Однако потенциальные осложнения (инфекция, болезненность на кончике пальца, деформация ногтевой пластинки, миграция спицы) ограничивают показания к выполнению этой манипуляции [2].

Блокирующий остеосинтез и его варианты

Оперативное лечение костного “mallet finger” с вовлечением более одной трети суставной поверхности или с подвывихом остается спорным, поскольку раньше предполагалось, что все подобные повреждения можно лечить консервативно. При этом все большее количество исследователей в таких случаях поддерживает оперативное лечение, чтобы предотвратить остеоартрит, деформацию типа «лебединой шеи» и стойкую ригидность в ДМФС [19, 21]. Одной из наиболее часто применяемых является методика блокирующего остеосинтеза, предложенная Т. Ishiguro в 1997 г. [51]. Критериями для выполнения данной методики являются наличие фрагмента более 33% сустав-

ной поверхности, перелом с подвывихом сустава и смещение отломка более 2 мм [5, 52]. Многие авторы отмечают, что методика блокирующего остеосинтеза в различных вариациях стала популярной, потому что она относительно проста и минимально инвазивна. Однако возможные последствия повторных попыток введения спиц, включающие повреждение суставного хряща, вторичный остеоартрит, повреждение ногтевого ложа и некроз кожи, ухудшают клинические результаты [5, 21, 52, 53].

На сегодняшний день предложены различные варианты этой методики, направленные на минимизацию потенциальных осложнений. Например, техника блокирующего остеосинтеза по типу «рыболовного крючка» (“fish hook”), суть которой заключается в фиксации отрывного фрагмента изогнутой спицей и трансартикулярной фиксации. По данным D.H. Kim с соавторами, средний дефицит разгибания после лечения составил 3°. По шкале Crawford было получено 76% отличных результатов, 19% хороших и 3% удовлетворительных [54].

Другая модификация заключается в фиксации костного “mallet finger” с помощью конструкции из мягкой проволоки. Ввиду отсутствия трансартикулярной фиксации ДМФС активная мобилизация может быть начата сразу после операции. Авторы демонстрируют один клинический случай с хорошим результатом по Crawford [53].

При использовании модификации блокирующего остеосинтеза одной спицей без фиксации ДМФС получен средний дефицит активного разгибания 3,8°, объем сгибания — 76,0°. Отличный результат получен в 61,5% случаев, хороший — в 30,7% и удовлетворительный — в 7,69% [55].

Клинический случай с использованием модифицированного метода блокирующего остеосинтеза с использованием двух спиц Киршнера для фиксации костного “mallet finger” предложили Q. Chen с соавторами. По их мнению, преимущество методики заключается в малоинвазивности и возможности удерживать фрагмент в анатомической репозиции благодаря обвиванию спиц между собой проволокой [56].

Все описанные методики применены на небольшой выборке пациентов [54, 55] или представлены единичными клиническими случаями [53, 56], поэтому они требуют дальнейших исследований для оценки их эффективности.

Открытая репозиция и внутренняя фиксация

Основная цель открытых методик с применением различных внутренних фиксаторов заключается в восстановлении анатомической репозиции и создании стабильной фиксации с возможно-

стью ранней мобилизации сустава. К показаниям относят переломы типа IVB или IVC по классификации J.R. Doyle [32] с наличием или отсутствием подвывиха.

В качестве фиксатора некоторые авторы рекомендуют использовать крючковидную пластину для стабилизации крупного фрагмента [45, 57]. По мнению G. Szalay с соавторами, данная методика может давать хорошие результаты, однако ввиду высокого процента осложнений техника операции и имплантат требуют дополнительных исследований [58]. R. Niwatari с соавторами для лечения предложили чрескожную методику фиксации мини-винтом — “chased method”. Авторы отметили, что этот метод имеет многообещающий потенциал, однако не подходит для “mallet finger” с наличием подвывиха [59]. При оценке эффективности метода якорной фиксации S.G. Vatibay с соавторами пришли к выводу, что эта техника не имеет преимуществ по сравнению с консервативным лечением и сопряжена с высокой частотой осложнений, таких как нестабильность фиксации, инфекция и подвывих в ДМФС [60].

Продолжаются споры о целесообразности проведения открытого оперативного вмешательства. В сравнительном исследовании блокирующего остеосинтеза и открытой фиксации крючковидными пластинами M.A. Asar с соавторами отметили, что оба этих метода дают хорошие результаты, при этом блокирующий остеосинтез выполняется технически быстрее и проще, кроме того, он дешевле [57]. Сравнив методики блокирующего остеосинтеза и шинирования у пациентов с “mallet finger” типов IB-IC по классификации Wehbe–Schneider, G. Gumussuyu с соавторами отметили, что оба метода одинаково эффективны и консервативное лечение должно быть предпочтительным [22]. Согласно исследованию Y. Huang с соавторами, наиболее распространенными фиксирующими устройствами являются спицы Киршнера и якорная фиксация, которые обеспечивают отличные клинические исходы, при этом методика фиксации спицами в различных вариациях является

лучшей альтернативой в связи с меньшим количеством осложнений и меньшими экономическими затратами [5].

Осложнения

По данным литературы, осложнения консервативного лечения наиболее часто включают поражение кожи в виде мацераций и поверхностных некрозов, деформацию ногтевой пластинки, остаточную деформацию и тугоподвижность сустава [21, 58, 60, 61].

Открытые вмешательства сопряжены с высоким риском развития инфекции и некроза кожи, артроза ДМФС, остеомиелита и деформации ногтевой пластинки с частотой до 30% случаев [5, 14, 57, 60, 61]. При применении методики блокирующего остеосинтеза с частотой до 41% встречаются случаи некроза кожи, остаточного дефицита активного разгибания, инфекции, ятрогенного повреждения ногтевого ложа и деформаций ногтевой пластинки, остеомиелита, поломки или миграции металлоконструкции [21, 22, 52, 53]. В исследовании S.G. Vatibay с соавторами после хирургического лечения отмечено больше осложнений, в частности 14% случаев поверхностного некроза кожи, 7% — параспицевого остеомиелита, 21% — повреждений ногтевого ложа и 21% — поверхностных кожных инфекций [60]. По данным G. Szalay с соавторами после открытого вмешательства у 9% пациентов возникла деформация ногтевой пластинки, в 2,5% потребовалось преждевременное удаление металлофиксаторов ввиду угрозы перфорации кожи [58].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа литературы получены крайне противоречивые данные. Высокий процент неудовлетворительных исходов и осложнений, отсутствие единого алгоритма выбора способа лечения, а также противоречивость имеющейся в литературе информации свидетельствуют о нерешенной проблеме лечения “mallet finger”, которая требует поиска рациональной методики с исключением существующих недостатков.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

DISCLAIMERS

Author contribution

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Kakinoki R., Ohta S., Noguchi T., Kaizawa Y., Itoh H., Duncan S.F. et al. A modified tension band wiring technique for treatment of the bony mallet finger. *Hand Surg.* 2013;18(2):235-242. doi: 10.1142/S0218810413500299.
- Renfree K.J., Odgers R.A., Ivy C.C. Comparison of Extension Orthosis Versus Percutaneous Pinning of the Distal Interphalangeal Joint for Closed Mallet Injuries. *Ann Plast Surg.* 2016;76(5):499-503. doi: 10.1097/SAP.0000000000000315.
- Lin J.S., Samora J.B. Surgical and Nonsurgical Management of Mallet Finger: A Systematic Review. *J Hand Surg Am.* 2018;43(2):146-163.e2. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.10.004.
- Alla S.R., Deal N.D., Dempsey I.J. Current concepts: mallet finger. *Hand (NY).* 2014;9(2):138-144. doi: 10.1007/s11552-014-9609-y.
- Huang Y., Wu K., Shi H., Shen Y., Zhang Z., Rui Y. Kirschner wire fixation versus suture anchor technique for mallet finger: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(11):e24996. doi: 10.1097/MD.00000000000024996.
- Золотов А.С., Зеленин В.Н. Особенности и результаты лечения различных вариантов дистальных повреждений пальцев кисти, приводящих к «молоткообразной» деформации. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.* 2006;50(4):113-116. Zolotov A.S., Zelenin V.N. [Features and results of treatment of various variants of distal injuries of the fingers of the hand, leading to «mallet finger» deformation]. *Bulletin of VSNC SO RAMS.* 2006;50(4): 113-116. (In Russian).
- Золотов А.С., Зеленин В.Н., Сороковиков В.А. Способы восстановления сухожилий разгибателей пальцев кисти на уровне дистального межфалангового сустава при открытых повреждениях. *Травматология и ортопедия.* 2006;(4):73-75. Zolotov A.S., Zelenin V.N., Sorokovikov V.A. [Methods of restoring the tendons of the extensors of the fingers of the hand at the level of the distal interphalangeal joint with open injuries]. *Travmatologiya i ortopediya [Traumatology and Orthopedics].* 2006;(4):73-75. (In Russian).
- Золотов А.С., Зеленин В.Н., Сороковиков В.А. «Отучение от шины» при лечении дистальных повреждений сухожилий разгибателей пальцев кисти. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 2006;(6):35-37. Zolotov A.S., Zelenin V.N., Sorokovikov V.A. [Weaning from a splint in the treatment of distal injuries of the extensor tendons of the fingers of the hand]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova [Grekov's Bulletin of Surgery].* 2006;(6):35-37. (In Russian).
- Золотов А.С., Зеленин В.Н., Сороковиков В.А. Лечение повреждений дистальных отделов пальцев кисти, приводящих к молоткообразной деформации. Иркутск; НЦРВХ СО РАМН. 2010. с.13-20. Zolotov A.S., Zelenin V.N., Sorokovikov V.A. [Treatment of injuries of the distal parts of the fingers of the hand, leading to «mallet finger» deformation]. *Irkutsk; NCRVH SB RAMS.* 2010. p. 13-20. (In Russian).
- Warren R.A., Kay N.R., Norris S.H. The microvascular anatomy of the distal digital extensor tendon. *J Hand Surg Br.* 1988;13(2):161-163. doi: 10.1016/0266-7681(88)90128-3.
- Kostopoulos E., Casoli V., Verolino P., Papadopoulos O. Arterial blood supply of the extensor apparatus of the long fingers. *Plast Reconstr Surg.* 2006;117(7):2310-2318; discussion 2319. doi: 10.1097/01.prs.0000218799.33322.7f.
- Jablecki J., Syrko M. Zone 1 extensor tendon lesions: current treatment methods and a review of literature. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2007;9(1):52-62.
- Бугаев Д.А., Горбунков В.Я., Деревянко Д.В. Лечение молоткообразной деформации пальцев кисти. *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова.* 2013;20(2):80-84. doi: 10.17816/vto20130280-84. Bugaev D.M., Gorbunkov V.Y., Derevyanko D.V. [Treatment of Mallet Fingers Deformation]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics].* 2013;20(2):80-84. (In Russian). doi: 10.17816/vto20130280-84.
- Золотов А.С. Результаты консервативного и оперативного лечения подкожных разрывов сухожилий разгибателей пальцев кисти на уровне ДМФС. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.* 2006;56(4) приложение:83. Zolotov A.S. [Results of conservative and surgical treatment of subcutaneous ruptures of the extensor tendons of the fingers at the DMFS level]. *Bulletin of the VSNC SB RAMS.* 2006;56(4) appendix:83. (In Russian).
- Matzon J.L., Bozentka D.J. Extensor tendon injuries. *J Hand Surg Am.* 2010;35(5):854-861. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.03.002.
- de Jong J.P., Nguyen J.T., Sonnema A.J., Nguyen E.C., Amadio P.C., Moran S.L. The incidence of acute traumatic tendon injuries in the hand and wrist: a 10-year population-based study. *Clin Orthop Surg.* 2014;6(2):196-202. doi: 10.4055/cios.2014.6.2.196.
- Turner A.R., Mabrouk A., Cooper J.S. Mallet Finger. 2022 Feb 7. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan.
- Clayton R.A., Court-Brown C.M. The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury.* 2008;39(12):1338-1344. doi: 10.1016/j.injury.2008.06.021.
- Bachoura A., Ferikes A.J., Lubahn J.D. A review of mallet finger and jersey finger injuries in the athlete. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2017;10(1):1-9. doi: 10.1007/s12178-017-9395-6.
- Husain S.N., Dietz J.F., Kalainov D.M., Lautenschlager E.P. A biomechanical study of distal interphalangeal joint subluxation after mallet fracture injury. *J Hand Surg Am.* 2008;33(1):26-30. doi: 10.1016/j.jhsa.2007.09.006.

21. Yoon J.O., Baek H., Kim J.K. The Outcomes of Extension Block Pinning and Nonsurgical Management for Mallet Fracture. *J Hand Surg Am.* 2017;42(5):387.e1-387.e7. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.02.003.
22. Gumussuyu G., Asoglu M.M., Guler O., May H., Turan A., Kose O. Extension pin block technique versus extension orthosis for acute bony mallet finger; a retrospective comparison. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107(5):102764. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102764.
23. Salazar Botero S., Hidalgo Diaz J.J., Benaïda A., Collon S. et al. Review of Acute Traumatic Closed Mallet Finger Injuries in Adults. *Arch Plast Surg.* 2016;43(2):134-144. doi: 10.5999/aps.2016.43.2.134.
24. Ramponi D.R., Hellier S.D. Mallet Finger. *Adv Emerg Nurs J.* 2019;41(3):198-203. doi: 10.1097/TME.000000000000251.
25. Камолов Ф.Ф., Байтингер В.Ф., Селянинов К.В. Оптимизация лечения повреждений сухожилий разгибателей пальцев кисти в первой зоне. *Гений ортопедии.* 2022;28(1):39-45. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-39-45.
26. Kamolov F.F., Baitinger V.F., Selyaninov K.V. [Optimization of treatment of injuries of the extensor tendons of the fingers of the hand in the first zone]. *Genij Orthopedii* [Orthopaedic Genius]. 2022;28(1):39-45. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-39-45.
27. Wang T., Qi H., Teng J., Wang Z., Zhao B. The Role of High Frequency Ultrasonography in Diagnosis of Acute Closed Mallet Finger Injury. *Sci Rep.* 2017;7(1):11049. doi: 10.1038/s41598-017-10959-x.
28. Lee S.A., Kim B.H., Kim S.J., Kim J.N., Park S.Y., Choi K. Current status of ultrasonography of the finger. *Ultrasonography.* 2016;35(2):110-123. doi: 10.14366/usg.15051.
29. Чуловская И.Г., Коршунов В.Ф., Еськин Н.А., Магдиев Д.А.. Современная ультразвукографическая диагностика повреждений сухожилий пальцев кисти. *Радиология-практика.* 2005;(3):17-25.
30. Chulovskaya I.G., Korshunov V.F., Eskin N.A., Magdiev D.A. [Modern ultrasonographic diagnostics of injuries to the tendons of the fingers of the hand]. *Radiologiya-praktika* [Radiology-practice]. 2005;(3):17-25. (In Russian).
31. Камолов Ф.Ф. Анализ неудовлетворительных результатов лечения закрытых повреждений сухожилий разгибателей пальцев кисти в 1-й зоне. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии.* 2017;(2):35-44. doi: 10.17223/1814147/60/04.
32. Kamolov F.F. [Analysis of unsatisfactory results in treatment of closed injuries of extensor tendons of fingers of a hand in the i-st zone]. *Voprosy rekonstruktivnoi i plasticheskoi khirurgii* [Issues of Reconstructive and Plastic Surgery]. 2017;20(61(2)):35-44. (In Russian). doi: 10.17223/1814147/60/04.
33. Wehbé M.A., Schneider L.H. Mallet fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(5):658-669.
34. Tubiana R. Mallet finger. In: *Traite de chirurgie de la main.* Paris; New York: Masson, 1986. p. 109-121.
35. Doyle J.R. Extensor tendons acute injuries. In: *Operative hand surgery.* 3rd ed. New York: Churchill Livingstone, 1993. p. 1950-1987.
36. Yang Y., Zhang W.G., Li Z.Z., Chen S.L., Tian W. Anatomical and clinical study of a new mallet fracture classification method. *Chin Med J (Engl).* 2020;133(6):657-663. doi: 10.1097/CM9.0000000000000676.
37. O'Brien L.J., Bailey M.J. Single blind, prospective, randomized controlled trial comparing dorsal aluminum and custom thermoplastic splints to stack splint for acute mallet finger. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(2):191-198. doi: 10.1016/j.apmr.2010.10.035.
38. Hong I.T., Baek E., Ha C., Han S.H. Long-term Stack splint immobilization for closed tendinous Mallet Finger. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2020;52(3):170-175. doi: 10.1055/a-1170-6660.
39. Saito K., Kihara H. A randomized controlled trial of the effect of 2-step orthosis treatment for a mallet finger of tendinous origin. *J Hand Ther.* 2016;29(4):433-439. doi: 10.1016/j.jht.2016.07.005.
40. Ходорковский М.А., Скорынин О.С. Хирургическое лечение повреждений сухожилий разгибателей длинных пальцев кисти на уровне дистального межфалангового сустава. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии.* 2012;5(2):430-433.
41. Khodorkovsky M.A., Skorynin O.S. [Surgical treatment of injuries of the extensor tendons of the long fingers of the hand at the level of the distal interphalangeal joint]. *Vestnik eksperimental'noi i klinicheskoi khirurgii* [Journal of Experimental and Clinical Surgery]. 2012;5(2):430-433. (In Russian).
42. Yee J., Waseem M. Mallet Finger Injuries. 2021 Nov 7. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
43. Tocco S., Boccolari P., Landi A., Leonelli C., Mercanti C., Pogliacomi F. et al. Effectiveness of cast immobilization in comparison to the gold-standard self-removal orthotic intervention for closed mallet fingers: a randomized clinical trial. *J Hand Ther.* 2013;26(3):191-200; quiz 201. doi: 10.1016/j.jht.2013.01.004.
44. Неттов Г.Г. Опыт лечения свежих повреждений разгибателей пальцев кисти. *Практическая медицина.* 2013;2(1-2):112-113.
45. Nettov G.G. [Treatment experience of recent injuries of hand extensor digitorum]. *Prakticheskaya meditsina* [Practical Medicine]. 2013;2(1-2 (69)):112-113. (In Russian).
46. Gruber J.S., Bot A.G., Ring D. A prospective randomized controlled trial comparing night splinting with no splinting after treatment of mallet finger. *Hand (N Y).* 2014;9(2):145-150. doi: 10.1007/s11552-013-9600-z.
47. Золотов А.С., Зеленин В.Н., Сороковиков В.Н., Сороковиков В.А. Следует ли фиксировать проксимальный межфаланговый сустав при лечении повреждений типа «mallet finger»? *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.* 2006;51(5):90-92.
48. Zolotov A.S., Zelenin V.N., Sorokovikov V.N., Sorokovikov V.A. [Should the proximal interphalangeal joint be fixed in the treatment of injuries of the «mallet finger» type?]. *Bulletin of the VSNC SB RAMS.* 2006;51(5):90-92. (In Russian).
49. Altan E., Alp N.B., Baser R., Yalçın L. Soft-Tissue Mallet Injuries: A Comparison of Early and Delayed Treatment. *J Hand Surg Am.* 2014;39(10):1982-1985. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.06.140.
50. Reiter A., Hasan M., Unglaub F., Dreyhaupt J., Hahn P. [Conservative treatment results of the acute and chronic mallet finger]. *Unfallchirurg.* 2005;108(12):1044, 1046-1048. (In German). doi: 10.1007/s00113-005-0974-4.
51. Theivendran K., Mahon A., Rajaratnam V. A novel hook plate fixation technique for the treatment of mallet fractures. *Ann Plast Surg.* 2007;58(1):112-115. doi: 10.1097/01.sap.0000232858.80450.27.

46. Leinberry C. Mallet finger injuries. *J Hand Surg Am.* 2009;34(9):1715-1717. doi: 10.1016/j.jhsa.2009.06.018.
47. Crawford G.P. The molded polythene splint for mallet finger deformities. *J Hand Surg Am.* 1984 Mar;9(2):231-237. doi: 10.1016/s0363-5023(84)80148-3.
48. Байтингер В.Ф. Клиническая и функциональная анатомия разгибательного аппарата пальца. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии.* 2011;38(3):24-34.
Baitinger V.F. [Clinical and functional anatomy of the extensor apparatus of the finger]. *Voprosy rekonstruktivnoi i plasticheskoi khirurgii* [Issues of Reconstructive and Plastic Surgery]. 2011;38(3):24-34. (In Russian).
49. Минаев Т.Р., Низов О.Н., Юлдашев А.А., Давлатов Ж.Х. Особенности восстановительных операций при дистальных повреждениях сухожилий сгибателей и разгибателей пальцев кисти. *Вестник экстренной медицины.* 2013;(1):22-25.
Minaev T.R., Nizov O.N., Yuldashev A.A., Davlatov Zh. [Peculiarities of restorative operations at distal injuries of flexor and extensor tendons of fingers]. *Vestnik ekstretnoi meditsiny* [Bulletin of Emergency Medicine]. 2013;(1):22-25.
50. Arora R., Lutz M., Gabl M., Pechlaner S. [Primary treatment of acute extensor tendon injuries of the hand]. *Oper Orthop Traumatol.* 2008;20(1):13-24. (In German). doi: 10.1007/s00064-008-1224-z.
51. Ishiguro T., Itoh Y., Yabe Y., Hashizume N. Extension block with Kirschner wire for fracture dislocation of the distal interphalangeal joint. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 1997;1(2):95-102. doi: 10.1097/00130911-199706000-00005.
52. Usami S., Kawahara S., Kuno H., Takamura H., Inami K. A retrospective study of closed extension block pinning for mallet fractures: Analysis of predictors of postoperative range of motion. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2018;71(6):876-882. doi: 10.1016/j.bjps.2018.01.041.
53. Garg B.K., Waghmare G.B., Singh S., Jadhav K.B. Mallet Finger Fracture Treated with Delta Wiring Technique: A Case Report of a New Fixation Technique. *J Orthop Case Rep.* 2019;10(1):98-101. doi: 10.13107/jocr.2019.v10.i01.1656.
54. Kim D.H., Kang H.J., Choi J.W. The "Fish Hook" Technique for Bony Mallet Finger. *Orthopedics.* 2016;39(5):295-298. doi: 10.3928/01477447-20160526-01.
55. Çapkın S., Büyük A.F., Sürücü S., Bakan O.M., Atlıhan D. Extension-block pinning to treat bony mallet finger: Is a transfixation pin necessary? *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2019;25(3):281-286. (In English). doi: 10.5505/tjtes.2018.59951.
56. Chen Q., Suo Y., Pan D., Xie Q. Elastic fixation of mallet finger fractures using two K-wires: A case report of a new fixation technique. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(20):e15481. doi: 10.1097/MD.00000000000015481.
57. Acar M.A., Güzel Y., Güleç A., Uzer G., Elmadağ M. Clinical comparison of hook plate fixation versus extension block pinning for bony mallet finger: a retrospective comparison study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2015;40(8):832-839. doi: 10.1177/1753193415581517.
58. Szalay G., Schleicher I., Kraus R., Pavlidis T., Schnettler R. [Operative treatment of the mallet fracture using a hook plate]. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2011;43(1):46-53. (In German). doi: 10.1055/s-0030-1267992.
59. Hiwatari R., Saito S., Shibayama M. The 'chased method' of mini screw fixation: a percutaneous surgical approach to treating mallet fractures. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014;39(7):784-786. doi: 10.1177/1753193412460817.
60. Batıbay S.G., Akgül T., Bayram S., Ayık Ö., Durmaz H. Conservative management equally effective to new suture anchor technique for acute mallet finger deformity: A prospective randomized clinical trial. *J Hand Ther.* 2018;31(4):429-436. doi: 10.1016/j.jht.2017.07.006.
61. Toker S., Türkmen F., Pekince O., Korucu İ., Karalezli N. Extension Block Pinning Versus Hook Plate Fixation for Treatment of Mallet Fractures. *J Hand Surg Am.* 2015;40(8):1591-1596. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.04.027.

Сведения об авторах

✉ Волкова Юлия Станиславовна

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,

ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0002-5449-0477>

e-mail: volkoways@mail.ru

Родоманова Любовь Анатольевна — д-р мед. наук,

профессор

<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>

e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

Authors' information

✉ Yulia S. Volkova

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,

Russia

<https://orcid.org/0000-0002-5449-0477>

e-mail: volkoways@mail.ru

Liubov A. Rodomanova — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>

e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

ХОМИНЕЦ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ К 60-летию со дня рождения

28 сентября 2022 г. исполнилось 60 лет доктору медицинских наук, профессору, заслуженному врачу Российской Федерации, полковнику медицинской службы Владимиру Васильевичу Хоминцу.

Владимир Васильевич родился 28 сентября 1962 г. на Украине в многодетной семье. Он с детства мечтал стать врачом. В 1982 г. он окончил с отличием Ивано-Франковское медицинское училище и сразу же был призван в ряды Советской армии. В 1983 г. В.В. Хоминец поступил в Военно-медицинскую академию им. С.М. Кирова в Ленинграде, а после ее окончания проходил службу врачом войскового звена, во время которой им было принято осознанное решение стать врачом травматологом-ортопедом. Владимир Васильевич продолжил службу в должности старшего ординатора хирургического отделения армейского военного госпиталя. В 1994 г. Владимир Васильевич поступил в адъюнктуру при кафедре военной травматологии и ортопедии ВМедА. В период обучения он был направлен в командировку на Северный Кавказ, где получил опыт оказания специализированной травматологической помощи в условиях боевых действий. Этот опыт стал фундаментом его кандидатской диссертации «Первичная пластика дефектов мягких тканей при хирургической обработке огнестрельных и открытых переломов костей голени».

После окончания адъюнктуры Владимир Васильевич проходил службу в ВМедА на кафедре военной травматологии и ортопедии, последовательно занимая должности начальника травматологического отделения клиники, старшего преподавателя и заместителя начальника кафедры. Ему приходилось неоднократно выезжать в служебные командировки в военные госпитали, оказывая методическую и практическую помощь коллегам на местах. Полученный опыт и результаты выполненных им научных исследований позволили Владимиру Васильевичу успешно защитить в 2012 г. докторскую диссертацию «Организация и совершенствование системы специализированной травматологической помощи раненым и пострадавшим с переломами длинных костей конечностей и их лечения в лечебных учреждениях Минобороны России».

На протяжении последних восьми лет профессор В.В. Хоминец возглавляет кафедру и клинику военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМедА и одновременно ис-



полняет обязанности главного травматолога Минобороны России. Он является специалистом высшей категории и признанным авторитетом, в совершенстве владеет всеми современными методами диагностики, оперативного и консервативного лечения заболеваний и травм опорно-двигательной системы, включая военные травмы. Ежегодно он выполняет более 650 сложных, в том числе высокотехнологичных операций, значительную часть из которых можно справедливо назвать уникальными. Это, прежде всего, операции по поводу неинфекционных осложнений внутреннего остеосинтеза, огнестрельных переломов костей конечностей и их последствий.

Как главный специалист Минобороны России Владимир Васильевич постоянно контролирует и курирует деятельность травматологических отделений военных госпиталей, участвует в решении организационных, кадровых и снабженческих вопросов, оказывает методическую помощь военным травматологам в лечебной и клинико-экспертной работе. Под его непосредственным руководством была сформирована современная система оказания специализированной медицинской помощи по профилю «травматология и ортопедия» в Вооруженных Силах РФ.

Наряду с руководящей и клинической деятельностью, профессор В.В. Хоминец уделяет большое внимание учебной работе. «Визитной карточкой» кафедры стали выездные циклы обучения, прово-

димые преподавателями кафедры для травматологов-ортопедов и хирургов в военных округах и на флотах. Систематически проводятся тематические семинары и научно-практические конференции.

Новыми направлениями научно-исследовательской работы коллектива кафедры и клиники, возглавляемых профессором В.В. Хоминцом, являются разработка современных методик лечения огнестрельных переломов; сберегательное лечение раненых с этапной хирургической обработкой; вакуумное дренирование и пластическое закрытие огнестрельных ран; разработка новых средств индивидуальной противоминной защиты, оригинальных имплантатов для внутреннего остеосинтеза и аппаратов внешней фиксации. Ведется работа по внедрению в клиническую практику аддитивных технологий, в том числе 3D-биопринтинга, клеточных технологий и генной терапии, позволяющих замещать костные и хрящевые дефекты. На кафедре проводятся исследования глобального баланса туловища и позвоночно-тазовых взаимоотношений. Большое внимание уделяется разработке и внедрению эндовидеохирургических технологий при лечении нестабильности коленного и плечевого суставов, мультилигаментарных повреждениях и дегенеративно-дистрофических заболеваний суставов, а также по разработке программ реабилитации пациентов, в т. ч. с применением активных экзоскелетов.

Коллектив кафедры и клиники военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера Военно-медицинской академии, многочисленные ученики, коллеги и редакция журнала поздравляют Владимира Васильевича с 60-летним юбилеем и желают ему доброго здоровья, новых творческих достижений и дальнейшего продолжения совместной работы!

Важным направлением деятельности кафедры стала военно-историческая работа. В ее рамках была установлена мемориальная доска профессору Г.И. Турнеру на доме, где он прожил 41 год. Были проведены юбилейные заседания, посвященные 90- и 95-летию старейшего в нашей стране Общества травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Профессор В.В. Хоминец — автор и соавтор более 250 научных работ, в том числе учебников, монографий и учебных пособий, научный руководитель 7 кандидатских и одной докторской диссертации. Он является руководителем научно-практической секции Ассоциации травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленобласти, заместителем председателя объединенного диссертационного совета при НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена и ВМедА им. С.М. Кирова по специальности «травматология и ортопедия», членом Международного общества ортопедической хирургии и травматологии (SICOT), преподавателем сообщества травматологов «АО Травма России».

Научная, учебная и клиническая деятельность профессора Владимира Васильевича Хоминца отмечена почетным званием «Заслуженный врач Российской Федерации» (2017), Почетной грамотой Министра обороны России (2018) и Почетной грамотой Президента Российской Федерации (2020).

РОДОМАНОВА ЛЮБОВЬ АНАТОЛЬЕВНА К 65-летию со дня рождения

28 сентября 2022 г. исполнилось 65 лет руководителю научного отделения хирургии кисти с микрохирургической техникой ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, заслуженному врачу России, доктору медицинских наук, профессору Любви Анатольевне Родомановой.

Любовь Анатольевна родилась в Ленинграде. В 1981 г. окончила лечебный факультет Первого Ленинградского медицинского института им. акад. И.П. Павлова. После окончания клинической ординатуры в 1988 г. Любовь Анатольевна начала работать в ЛНИИТО им. Р.Р. Вредена в должности врача травматолога-ортопеда. С 1989 г. она целенаправленно занимается разработкой новых методов хирургии кисти и использования микрохирургических технологий в травматологии и ортопедии. За это время ею были в совершенстве освоены практически все современные технологии оперативного лечения патологии конечностей с использованием микрохирургической техники. Любовь Анатольевна сумела передать свои знания, навыки и опыт своим ученикам, сформировав оригинальную научно-практическую школу.

В 1999 г. Л.А. Родоманова успешно защитила кандидатскую диссертацию «Восстановление первого пальца кисти с использованием микрохирургической техники», а в 2011 г. — докторскую диссертацию на тему «Возможности реконструктивной микрохирургии в раннем лечении больных с обширными посттравматическими дефектами конечностей», которые стали заметными событиями для специалистов хирургии кисти в нашей стране. В 2012 г. Л.А. Родомановой было присвоено ученое звание профессора.

С 2002 г. Любовь Анатольевна бессменно занимает должность руководителя научного отделения хирургии кисти с микрохирургической техникой. На этом поприще она проявила себя как прекрасный организатор и педагог, талантливый исследователь и травматолог-ортопед высшей квалификации. Значителен ее вклад в подготовку научных кадров и врачей отделения. Под ее руководством выполнены и защищены 7 кандидатских диссертаций, посвященные различным аспектам хирургии кисти и микрохирургии конечностей.

Любовь Анатольевна опубликовала более 180 печатных работ, в том числе три главы в национальных руководствах по травматологии и ортопедии, три методические рекомендации,



одно руководство для врачей. Она является соавтором 23 патента РФ на изобретения и полезные модели.

Профессор Л.А. Родоманова является действительным членом Общества пластических реконструктивных и эстетических хирургов Российской Федерации, членом Ассоциации травматологов-ортопедов России, Общества хирургов кисти России, членом объединенного диссертационного совета по травматологии и ортопедии, созданного при НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена и ВМедА им. С.М. Кирова.

Заслуги профессора Л.А. Родомановой высоко оценены государством: в 2008 г. ей было присвоено почетное звание Заслуженного врача Российской Федерации.

Редкостное трудолюбие, широкий научный кругозор, безупречная хирургическая техника, высокое педагогическое мастерство, принципиальность и чуткость к коллегам по работе, учащимся и пациентам заслуженно снискали глубокое уважение к Любви Анатольевне. Благодаря ее многолетним усилиям 16-е отделение хирургии кисти с микрохирургической техникой НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена является в настоящее время одним из самых крупных и авторитетных в нашей стране центров оказания высокотех-

нологичной помощи пациентам с различными травмами и заболеваниями не только верхней, но и нижней конечности.

Под руководством Л.А. Родомановой в клиническую практику успешно внедряются последние достижения науки, новейшие методики диагностики и лечения. Все сотрудники отделения обладают навыками микрохирургической техники, позволяющими им оказывать как неотложную микрохирургическую помощь пострадавшим, так

и проводить сложные плановые реконструктивные операции по пересадке кровоснабжаемых комплексов тканей. Большинство специалистов отделения вместе с Любовью Анатольевной принимают активное участие в научной работе Центра, выполняют диссертационные исследования, плановые и поисковые научно-исследовательские работы, выступают с докладами на конференциях, организуют и проводят тематические обучающие циклы и мастер-классы.

Руководство и коллектив НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, а также редакция журнала сердечно поздравляют профессора Любовь Анатольевну Родоманову с юбилеем, искренне желают ей крепкого здоровья, жизненного благополучия, дальнейших научных достижений и успехов в клинической работе во благо здоровья наших пациентов!