

Гений Ортопедии

Orthopaedic Genius

Том 30
№ 2
2024

Научно-теоретический и практический журнал
Основан в память академика Г.А. Илизарова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бурцев А.В. (Россия, Курган) – **главный редактор**
 Аранович А.М. (Россия, Курган) – **заместитель главного редактора**
 Samchukov M.L. (США) – **заместитель главного редактора**
 Баиндурашвили А.Г. (Россия, Санкт-Петербург)
 Борзунов Д.Ю. (Россия, Екатеринбург)
 Волокитина Е.А. (Россия, Екатеринбург)
 Губин А.В. (Россия, Санкт-Петербург)
 Дьячкова Г.В. (Россия, Курган)
 Котельников Г.П. (Россия, Самара)
 Кутепов С.М. (Россия, Екатеринбург)
 Миromanов А.М. (Россия, Чита)
 Линник С.А. (Россия, Санкт-Петербург)
 Попков А.В. (Россия, Курган)
 Попков Д.А. (Россия, Курган)
 Рябых С.О. (Россия, Москва)
 Скрыбин Е.Г. (Россия, Тюмень)
 Тихилов Р.М. (Россия, Санкт-Петербург)
 Birch J.G. (США)
 Catagni M.A. (Италия)
 Chaudhary M.M. (Индия)
 Dubousset J.F. (Франция)
 Glatt V. (США)
 Hosny G.A. (Египет)
 Kirienko A. (Италия)
 Lascombes P. (Швейцария)
 Madan S. (Великобритания)
 Monsell F. (Великобритания)
 Paley D. (США)
 Pinzur M.S. (США)
 Podeszwa D.A. (США)
 Weiss H.-R. (Германия)

Борзунова О.Б. – ответственный секретарь
 Беляева М.А. – технический секретарь
 Марченкова Л.О. – редактор

THE EDITORS

A.V. Burtsev (Russia, Kurgan) – **Editor in Chief**
 A.M. Aranovich (Russia, Kurgan) – **Deputy Editor**
 M.L. Samchukov (USA) – **Deputy Editor**
 A.G. Baindurashvili (Russia, St. Petersburg)
 D.Yu. Borzunov (Russia, Ekaterinburg)
 E.A. Volokitina (Russia, Ekaterinburg)
 A.V. Gubin (Russia, St. Petersburg)
 G.V. Diachkova (Russia, Kurgan)
 G.P. Kotel'nikov (Russia, Samara)
 S.M. Kutepov (Russia, Ekaterinburg)
 A.M. Miromanov (Russia, Chita)
 S.A. Linnik (Russia, St. Petersburg)
 A.V. Popkov (Russia, Kurgan)
 D.A. Popkov (Russia, Kurgan)
 S.O. Ryabykh (Russia, Moscow)
 E.G. Skryabin (Russia, Tyumen)
 R.M. Tikhilov (Russia, St. Petersburg)
 J.G. Birch (USA)
 M.A. Catagni (Italy)
 M.M. Chaudhary (India)
 J.F. Dubousset (France)
 V. Glatt (USA)
 G.A. Hosny (Egypt)
 A. Kirienko (Italy)
 P. Lascombes (Switzerland)
 S. Madan (UK)
 F. Monsell (UK)
 D. Paley (USA)
 M.S. Pinzur (USA)
 D.A. Podeszwa (USA)
 H.-R. Weiss (Germany)

O.B. Borzunova – Executive Secretary
 M.A. Beliaeva – Technical Secretary
 L.O. Marchenkova – Editor



Учредитель и издатель журнала:

**федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации**



**Издание журнала осуществляется при поддержке
Ассоциации по изучению и применению метода Илизарова России (А.С.А.М.И. Россия)**

Журнал включен в перечень научных специализированных изданий ВАК, в которых могут публиковаться основные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук (3.1.8 – травматология и ортопедия)

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory»

Журнал включен в библиографические и реферативные базы данных РИНЦ и SCOPUS

Журнал включен в электронные информационные ресурсы базы данных EBSCO

Электронная версия журнала размещена на сайтах

<http://ilizarov-journal.com>

<http://elibrary.ru>

<http://cyberleninka.ru>



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

Адрес: 640014, Россия, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6

Телефоны: (3522) 43-06-94 – редакция
(3522) 23-42-60 – реклама

Интернет: <http://ilizarov-journal.com/>

Email: genius@ilizarov.ru

Оригинал-макет изготовлен ОИАиВР ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-68207 от 30 декабря 2016 года

Территория распространения: Российская Федерация, зарубежные страны

Язык: русский, английский

Издается 6 раз в год

Цена свободная

© Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2024

Уважаемые коллеги!



Представляем вам очередной номер нашего журнала.

Раздел «Клинические исследования» открывает публикация авторского коллектива из Москвы и Тюмени (Е.А. Беляк с соавт.), в которой авторы провели сравнительный анализ методов полностью эндоскопической декомпрессии плечевого сплетения и мини-инвазивной техники с эндоскопической ассистенцией в лечении пациентов с травматической брахиоплексопатией. На основании результатов лечения 22 пациентов авторы пришли к заключению, что метод эндоскопического неврוליза плечевого сплетения в сочетании с артроскопией плечевого сустава в равной степени эффективен в лечении брахиоплексопатий в сравнении с изолированным мини-инвазивным неврוליзом плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией.

Авторы из Санкт-Петербурга (Ю.А. Федорова и соавт.) изучили клинико-лучевые особенности состояния предплечья у 92 детей с врожденным радиоульнарным синостозом. Авторами выявлены статистически значимые прямые корреляционные связи между жалобами и положением предплечья; подвывихом головки локтевой кости и положением предплечья; дугообразной деформацией лучевой кости, положением предплечья и подвывихом головки локтевой кости, а также между длиной костей предплечья и дугообразной деформацией лучевой кости. Выявлена статистически значимая обратная корреляционная связь между жалобами и баллами, отражающими общее состояние здоровья по опроснику PedsQL. Наблюдалось статистически значимое уменьшение просвета костномозгового канала в средней трети диафиза локтевой кости при неизменном просвете лучевой кости. В 30 % наблюдений выявлен тыльный подвывих головки локтевой кости. На основании полученных данных авторы делают заключение, что зависимость прогнозируемых жалоб пациента от положения предплечья необходимо учитывать в классификации и при определении показаний к хирургическому лечению, выделяя функциональный ($< 45^\circ$ пронации) и дисфункциональный ($\geq 45^\circ$ пронации) варианты.

П.В. Федотов с соавт. (Чебоксары) провели оценку отдаленных результатов эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти у 64 пациентов. Проанализировав полученные данные, авторы заключают, что эндопротезирование проксимального межфалангового сустава кисти различными типами имплантов обеспечивает увеличение мобильности верхней конечности, уменьшение болевого синдрома на фоне субъективного улучшения его функционального состояния. Эффективность операции статистически подтверждена при использовании всех типов имплантов, однако по всем параметрам достоверность изменений более выражена при применении несвязанных имплантов.

Авторы из Ирака (M.R. Jasim, M.A.M. Saeed) провели клиническое исследование по выявлению неочевидных и явных признаков патологии грудного отдела позвоночника у большой когорты пациентов (114 человек) и отмечают, что нелокальные симптомы при патологии грудного отдела позвоночника встречаются достаточно часто, причем осложненная и многолокальная боль в пояснице встречается чаще, чем изолированная боль в спине или грудном отделе позвоночника. Пожилой возраст, женский пол, ожирение и сопутствующие заболевания являются прогностическими факторами риска развития болей в пояснице. Парестезии являются наиболее частыми неврологическими проявлениями, а кифоз и сколиоз — первичными проявлениями грудной патологии.

Оценку эффективности вариантов артродезирования голеностопного сустава провели авторы из Казани, Улан-Удэ и Китая (Ж. Ван с соавт.). Проанализировав результаты лечения 82 пациентов, авторы резюмируют, что несмотря на различные осложнения, возникающие при артродезе голеностопного сустава, он остается эффективным для большинства пациентов. Аппарат Илизарова больше подходит для пациентов с неблагоприятным состоянием в зоне хирургического вмешательства. Каждый метод хирургической фиксации имеет свои преимущества и недостатки, но разница в долгосрочной эффективности незначительная. Выбор хирургического метода по-прежнему подчиняется принципу индивидуализации.

Авторский коллектив из Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета (А.А. Акулаев с соавт.) провели апробацию русской версии опросника оценки состояния стопы и голеностопного сустава Sefas у пациентов хи-

рургического профиля с патологией передних отделов стопы и отмечают, что в рамках исследования продемонстрированы надежность, валидность и чувствительность русской версии опросника SEFAS. Опросник является информативным и клинически интерпретируемым инструментом для оценки состояния стопы у взрослых пациентов хирургического профиля с ее патологией. Опросник SEFAS может быть рекомендован к использованию в отечественной травматологии и ортопедии для учета мнения пациента при оценке состояния.

Особенности походки у детей со спастической гемиплегией изучили авторы из Кургана (У.Ф. Мамедов с соавт.). Проведя анализ, авторы заключают, что патология движений присутствует во всех трех плоскостях измерений при типах походки 2а, 3, 4 по классификации Rodda et Graham. Наиболее выраженные отклонения выявлены при типе походки 3. Ротационный разворот таза является исходно компенсаторным механизмом на фоне внутриторсионной деформации бедра. Изолированные операции удлинения трицепса, выполненные в раннем возрасте, ведут к снижению силы подошвенного толчка, увеличению компенсаторной работы разгибателей коленного сустава и, вероятно, не предотвращают ортопедической патологии, встречающейся при типе походки 4 по Rodda et Graham.

Серию клинических случаев импакционной костной пластики при замещении дефектов вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава представили авторы из Барнаула и Новосибирска (В.Н. Гольник и соавт.). Анализ результатов показал, что применение импакционной костной пластики при ревизионном эндопротезировании может быть особенно эффективным при малых размерах вертлужной впадины. Комбинирование ИКП с металлическими аугментами из трабекулярного металла существенно расширяет возможности применения данной технологии. Использование ИКП позволяет улучшить костный запас в области дефекта, что создает более благоприятные условия для неизбежных повторных ревизионных вмешательств.

Авторы из Индии (S.V. Yadkikar et al.) приводят в своей публикации серию из шести случаев лечения контрактур суставов мягкотканного происхождения различной этиологии методом Илизарова. Во всех случаях получен приемлемый функциональный результат без рецидива деформации. Все больные осуществляют самостоятельное передвижение. Авторы делают заключение, что метод Илизарова может быть использован для лечения контрактур суставов, обусловленных травматической и нетравматической патологией.

В шести обзорных статьях обсуждаются проблемы применения перспективных костно-пластических материалов и хирургических технологий при реконструктивно-восстановительном лечении больных с псевдоартрозами и дефектами костной ткани (Д.Ю. Борзунов и Р.Т. Гильманов, Екатеринбург), лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией (И.С. Петленко с соавт., Санкт-Петербург), диагностики и лечения переходных пояснично-крестцовых позвонков у детей и подростков (Е.Г. Скрябин с соавт., Тюмень), ортопедических осложнений гемипаретических форм церебрального паралича со стороны нижних конечностей (У.Ф. Мамедов с соавт., Курган), тактических подходов в устранении неравенства длины нижних конечностей (К.И. Новиков с соавт., Курган) и эндопротезирования 1 плюсне-фалангового сустава (Г.П. Котельников с соавт., Самара).

Приглашаем вас подробнее познакомиться с материалами представленного номера, надеемся, что они заинтересуют вас и будут полезны в практической и научной работе.

*Главный редактор журнала "Гений ортопедии"
д.м.н. Бурцев А.В.*

Оригинальные статьи

- Сравнительный анализ методов полностью эндоскопической декомпрессии плечевого сплетения и мини-инвазивной техники с эндоскопической ассистенцией в лечении пациентов с травматической брахиоплексопатией 171
Е.А. Беляк, Р.Х. Сагдиев, Ф.Л. Лазко, А.А. Суфианов, Д.Л. Пасхин, А.П. Призов, М.Ф. Лазко, Н.В. Загородний
- Клинико-лучевые особенности состояния предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: когортное исследование 182
Ю.А. Федорова, С.В. Виссарионов, Я.Н. Проценко, В.И. Зорин
- Оценка отдаленных результатов эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти 191
П.В. Федотов, Д.В. Ковалев, С.Н. Рыбаков
- Неочевидные и явные признаки патологии грудного отдела позвоночника: клиническое исследование 200
M.R. Jasim, M.A.M. Saeed
- Оценка эффективности вариантов артродезирования голеностопного сустава 210
Ж. Ван, И.Ф. Ахтямов, Ц. Цай, Б.Г. Зиятдинов, Е.С. Шигаев
- Валидация и апробация русской версии опросника оценки состояния стопы и голеностопного сустава SEFAS у пациентов хирургического профиля с патологией передних отделов стопы 221
А.А. Акулаев, А.А. Иванов, Т.И. Ионова, С.М. Ефремов, Т.П. Никитина, К.А. Тищенко, А.А. Повалий
- Особенности походки у детей со спастической гемиплегией 234
У.Ф. Мамедов, Т.И. Долганова, О.И. Гатамов, Д.А. Попков

Случай из практики

- Импакционная костная пластика как метод выбора в замещении дефектов вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава: серия клинических случаев 245
В.Н. Гольник, В.А. Пелеганчук, Д.А. Джухаев, Ю.М. Батрак, В.В. Павлов
- Лечение контрактур сустава мягкотканного происхождения методом Илизарова 255
S.V. Yadkikar, R. Grover, P. Kaur, V.S. Yadkikar, A. Ojha

Обзор литературы

- Перспективные костно-пластические материалы и хирургические технологии при реконструктивно-восстановительном лечении больных с псевдоартрозами и дефектами костной ткани 263
Д.Ю. Борзунов, Р.Т. Гильманов
- Современное состояние проблемы лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией 273
И.С. Петленко, И.И. Шубняков, С.Ю. Федюнина, А.Г. Алиев, С.С. Билык, М.В. Рябинин
- Переходные пояснично-крестцовые позвонки у детей и подростков (обзор литературы, иллюстрированный собственными клиническими наблюдениями) 282
Е.Г. Скрябин, А.Ю. Кривцов, О.А. Кичерова, И.Н. Клоков, П.Б. Зотов, М.А. Аксельров
- Ортопедические осложнения гемипаретических форм церебрального паралича: проблемы нижних конечностей (обзор литературы) 292
У.Ф. Мамедов, А.В. Попков, О.И. Гатамов, Г.М. Чибиров, Д.А. Попков
- Эволюция тактических подходов в устранении неравенства длины нижних конечностей 301
К.И. Новиков, Э.С. Комарова, С.В. Колесников, О.В. Климов, К.С. Сергеев
- Эволюция эндопротезирования первого плюснефалангового сустава 309
Г.П. Котельников, А.Н. Николаенко, И.О. Гранкин, В.В. Иванов, П.Ю. Исайкин, С.О. Дороганов, Д.О. Згирский

Original Articles

Comparative analysis of the methods of an all-endoscopic brachial plexus decompression and a mini-invasive endoscopically-assisted technique for management of patients with traumatic brachioplexopathy	171
<i>E.A. Belyak, R.K. Sagdiev, F.L. Lazko, A.A. Sufianov, D.L. Pashin, A.P. Prizov, M.F. Lazko, N.V. Zagorodniy</i>	
Clinical and radiological aspects of the forearm in children with congenital radioulnar synostosis: a cohort study	182
<i>Yu.A. Fedorova, S.V. Vissarionov, Ya.N. Proschenko, V.I. Zorin</i>	
The long-term results of proximal interphalangeal joint arthroplasty of the hand	191
<i>P.V. Fedotov, D.V. Kovalev, S.N. Rybakov</i>	
Non-obvious and obvious signs of the thoracic spine pathology: a clinical study	200
<i>M.R. Jasim, M.A.M. Saeed</i>	
Evaluation of the effectiveness of ankle arthrodesis options	210
<i>R. Wang, I.F. Akhtiamov, J. Cai, B.G. Ziatdinov, E.S. Shigaev</i>	
Validation and evaluation of the Russian version of the SEFAS questionnaire for assessing foot and ankle in surgically treated patients with forefoot disorders	221
<i>A.A. Akulaev, A.A. Ivanov, T.I. Ionova, S.M. Efremov, T.P. Nikitina, K.A. Tishchenkov, A.A. Povaliy</i>	
Gait analysis characteristic features in children with spastic hemiplegia	234
<i>U.F. Mamedov, T.I. Dolganova, O.I. Gatamov, D.A. Popkov</i>	

Case report

Impaction bone grafting as a method of choice in bone defect management in the revision hip arthroplasty: a cases series	245
<i>V.N. Golnik, V.A. Peleganchuk, D.A. Dzhukhaev, Yu.M. Batrak, V.V. Pavlov</i>	
Soft-tissue origin joint contractures treated with the Ilizarov fixation method	255
<i>S.V. Yadkikar, R. Grover, P. Kaur, V.S. Yadkikar, A. Ojha</i>	

Literature review

Promising osteoplastic materials and surgical technologies in reconstructive treatment of patients with bone nonunion and defects	263
<i>D.Yu. Borzunov, R.T. Gilmanov</i>	
Current state of the treatment problem in the patients with elbow joint contractures due to ossification	273
<i>I.S. Petlenko, I.I. Shubniakov, S.Yu. Fedunina, S.S. Bilyk, A.G. Aliev, M.V. Riabinin</i>	
Lumbosacral transitional vertebrae in children and adolescents (literature review, illustrated with clinical observations)	282
<i>E.G. Skryabin, A.Yu. Krivtsov, O.A. Kicherova, I.N. Klovov, P.B. Zotov, M.A. Akselrov</i>	
Orthopaedic complications of hemiparetic forms of cerebral palsy: problems of the lower extremities (literature review)	292
<i>U.F. Mamedov, A.V. Popkov, O.I. Gatamov, G.M. Chibirov, D.A. Popkov</i>	
Evolution of tactical approaches to eliminating limb length discrepancy	301
<i>K.I. Novikov, E.S. Komarova, S.V. Kolesnikov, O.V. Klimov, K.S. Sergeev</i>	
Evolution of the first metatarsophalangeal joint replacement	309
<i>G.P. Kotelnikov, A.N. Nikolaenko, I.O. Grankin, V.V. Ivanov, P.Yu. Isaykin, S.O. Doroganov, D.O. Zgirskey</i>	

Научная статья

УДК 616.833.34-009.7-089.853

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-171-181>

Сравнительный анализ методов полностью эндоскопической декомпрессии плечевого сплетения и мини-инвазивной техники с эндоскопической ассистенцией в лечении пациентов с травматической брахиоплексопатией

Е.А. Беляк^{1,2✉}, Р.Х. Сагдиев^{3,4}, Ф.Л. Лазко^{1,2}, А.А. Суфианов^{3,4}, Д.Л. Пасхин², А.П. Призов^{1,2}, М.Ф. Лазко^{1,2}, Н.В. Загородний¹

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

² Городская клиническая больница им. В.М. Буянова, Москва, Россия

³ Федеральный центр нейрохирургии, Тюмень, Россия

⁴ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Евгений Александрович Беляк, belyakevgen@mail.ru

Аннотация

Введение. Брахиоплексопатия является актуальным полиэтиологичным заболеванием со встречаемостью, по данным разных авторов, от 0,17 до 1,6 на 100 тыс. населения в год. Существуют две основные эндоскопические методики лечения брахиоплексопатии путем неврוליза плечевого сплетения: мини-инвазивный трансаксиллярный метод с эндоскопической ассистенцией и полностью эндоскопический неврোলиз в ассоциации с артроскопией плечевого сустава.

Цель работы — сравнить два основных существующих на данный момент метода проведения неврוליза плечевого сплетения с использованием эндоскопа.

Материалы и методы. В исследование включено 22 пациента с установленным диагнозом «посттравматическая брахиоплексопатия»: в группу 1 — 8 пациентов, в группу 2 — 14. Всем пациентам проведено клинические и инструментальные обследования. Статистический анализ проведен с использованием непараметрического U-критерия Манна – Уитни. Различия считали значимыми при $p < 0,05$. Пациентам группы 1 выполнена эндоскопическая декомпрессия и неврোলиз плечевого сплетения в ассоциации с артроскопией плечевого сустава. Пациентам группы 2 выполнена ревизия и трансаксиллярный мини-инвазивный неврোলиз плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией.

Результаты. В группе 1 степень дисфункции верхней конечности по шкале DASH уменьшилась с $52,3 \pm 2,2$ до $28,8 \pm 3,8$ балла ($p < 0,05$). Во группе 2 степень дисфункции верхней конечности по шкале DASH уменьшилась с $47,9 \pm 4,4$ до $26,6 \pm 4,3$ балла ($p < 0,05$). Разница показателей по шкале DASH до и после операции в группе 1 составила $23,5 \pm 3,6$ балла, в группе 2 — $19,4 \pm 5,4$ балла, разница между группами была статистически незначимой ($p > 0,05$).

Обсуждение. Результаты, полученные в нашем исследовании, сопоставимы с результатами эндоскопического неврוליза плечевого сплетения, которые ранее были опубликованы в литературе другими авторами.

Заключение. Метод эндоскопического неврוליза плечевого сплетения в сочетании с артроскопией плечевого сустава в равной степени эффективен в лечении брахиоплексопатий в сравнении с изолированным мини-инвазивным неврוליзом плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией.

Ключевые слова: брахиоплексопатия, декомпрессия, неврোলиз, эндоскопия, артроскопия, плечевой сустав, синдром грудной апертуры

Для цитирования: Беляк Е.А., Сагдиев Р.Х., Лазко Ф.Л., Суфианов А.А., Пасхин Д.Л., Призов А.П., Лазко М.Ф., Загородний Н.В. Сравнительный анализ методов полностью эндоскопической декомпрессии плечевого сплетения и мини-инвазивной техники с эндоскопической ассистенцией в лечении пациентов с травматической брахиоплексопатией. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):171-181. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-171-181. EDN: MUBZXZ.



Comparative analysis of the methods of an all-endoscopic brachial plexus decompression and a mini-invasive endoscopically-assisted technique for management of patients with traumatic brachioplexopathy

E.A. Belyak^{1,2}, R.Kh. Sagdiev^{3,4}, F.L. Lazko^{1,2}, A.A. Sufianov^{3,4}, D.L. Pashkin², A.P. Prizov^{1,2}, M.F. Lazko^{1,2}, N.V. Zagorodniy¹

¹ Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

² Buyanov Moscow City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

³ Federal Center for Neurosurgery, Tyumen, Russian Federation

⁴ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Evgeniy A. Belyak, belyakevgen@mail.ru

Abstract

Introduction As reported, brachioplexopathy is a relevant polyetiological disease with an annual incidence from 0.17 to 1.6 per 100,000. There are two basic endoscopic methods of brachial plexus decompression: an endoscopically-assisted mini-invasive transaxillary approach and fully endoscopic decompression in association with shoulder arthroscopy.

Purpose Compare the two main endoscopic methods of brachial plexus decompression.

Material and methods Twenty-two patients diagnosed with post-traumatic brachioplexopathy were included in the study. There were 8 patients in group 1 and 14 patients in group 2. All patients passed clinical and instrumental examination. Statistical analysis was performed with non-parametric U-criteria of Mann – Whitney. Differences were considered significant at $p < 0.05$. Patients of group 1 underwent shoulder joint arthroscopy and fully endoscopic brachial plexus decompression. Patients of group 2 had revision and transaxillary mini-invasive decompression of brachial plexus with video endoscopic assistance.

Results In the first group, upper limb dysfunction according to DASH scale decreased from 52.3 ± 2.2 to 28.8 ± 3.8 points ($p < 0.05$). In the second group, upper limb dysfunction according to DASH scale decreased from 47.9 ± 4.4 to 26.6 ± 4.3 points ($p < 0.05$). Discrepancy according to DASH scale before and after surgery in the first group was 23.5 ± 3.6 points and in the second group it was 19.4 ± 5.4 points; the difference between the groups was statistically insignificant ($p > 0.05$).

Discussion The results of our study are similar to the results of endoscopic brachial plexus decompression in the previously published studies.

Conclusion The methods of endoscopic brachial plexus decompression in association with shoulder joint arthroscopy and isolated mini-invasive neurolysis and decompression of brachial plexus under videoendoscopic assistance are equally effective in the treatment of brachioplexopathy.

Keywords: brachioplexopathy, decompression, neurolysis, endoscopy, arthroscopy, shoulder joint, thoracic outlet syndrome

For citation: Belyak EA, Sagdiev RKh, Lazko FL, Sufianov AA, Pashkin DL, Prizov AP, Lazko MF, Zagorodniy NV. Comparative analysis of the methods of an all-endoscopic brachial plexus decompression and a mini-invasive endoscopically-assisted technique for management of patients with traumatic brachioplexopathy. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):171-181. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-171-181

ВВЕДЕНИЕ

Брахиоплексопатиями (БПП) называют группу состояний различной этиологии, сопровождающихся поражением плечевого сплетения на любом его уровне, что приводит к нарушению функции верхней конечности вследствие развития двигательных, чувствительных и вегетативных расстройств. Согласно последним исследованиям, частота развития БПП, по данным разных авторов, варьирует от 0,17 до 1,6 на 100 тыс. населения в год [1–7]. Этиология включает в себя как травмы, открытые и закрытые, так и нетравматические причины (врожденные аномалии развития, постлучевой плексит и идиопатические БПП). Общепринято считать, что при развитии симптомов БПП следует проводить нейровизуализацию с целью установления наличия или отсутствия нарушения анатомической целостности нервных структур. При наличии анатомического перерыва нерва, его спонтанное восстановление считается невозможным, что требует безотлагательного оперативного лечения с применением пластики либо невротизации поврежденных нервов [8–10]. В случае же отсутствия достоверных данных за нарушение анатомической целостности нервов, считается, что возможно восстановление проводимости по нервам на фоне консервативного лечения в течение 3–6 месяцев, и, если в течение данного промежутка времени восстановления не происходит, проведение оперативного лечения [11–13]. Одним из вариантов оперативного лечения в подобных случаях является невролиз, суть которого заключается в освобождении нервов от рубцов и спаек, и который можно проводить с использованием малотравматичной эндоскопической техники. В течение последних двух десятилетий произошло развитие данной операции, и сформировались два основных подхода для её проведения:

- невролиз плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией [14–16];
- полностью эндоскопический невролиз плечевого сплетения, в том числе робот-ассистированный [17–20].

Единичные опубликованные работы доказывают эффективность обоих методов, однако их сравнение ранее не проводили, что обуславливает актуальность данной работы.

Цель работы — сравнить два основных существующих на данный момент метода проведения невролиза плечевого сплетения с использованием эндоскопа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В наше исследование включено 22 пациента (18 мужчин, 4 женщины) с установленным на основании жалоб, анамнеза, данных осмотра и инструментальных методов исследований диагнозом «посттравматическая брахиоплексопатия». Пациенты прооперированы на базах отделения травматологии и ортопедии ГКБ им. Буянова (Москва) и отделения нейрохирургии № 5 Федерального центра нейрохирургии (Тюмень) с 2015 по 2022 гг. Исследование носило ретроспективный характер.

Критерии включения пациентов в исследование:

- 1) установленный на основании жалоб, анамнеза, данных инструментальных исследований диагноз «посттравматическая брахиоплексопатия»;
- 2) отсутствие по данным исследований достоверных признаков нарушения анатомической целостности структур плечевого сплетения;
- 3) неполное восстановление функции поражённой конечности на фоне адекватного консервативного лечения в течение 6 мес. и более до момента госпитализации;
- 4) значительное нарушение функции верхней конечности, снижающее качество жизни пациента;
- 5) возраст пациентов 18 лет и старше.

Критерии не включения пациентов в исследование:

- 1) нетравматический характер поражения плечевого сплетения;
- 2) степень пареза мышц по Британской шкале < 2 баллов;
- 3) отказ пациента от участия в исследовании.

В группу 1 включено 8 пациентов, которым по показаниям выполнена артроскопия плечевого сустава и полностью эндоскопическая декомпрессия плечевого сплетения. В группу 2 включено 14 пациентов, которым по показаниям выполнена ревизия, невролиз плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией.

В группе 1 средний возраст пациентов составил $53,3 \pm 20,1$ года, соотношение полов (мужчины/женщины) составило 6/2, сторона поражения (правая/левая) — 6/2. В группе 2 средний возраст пациентов составил $46,8 \pm 13$ лет, соотношение полов (мужчины/женщины) составило 12/2, сторона поражения (правая/левая) — 3/11.

Всем пациентам при госпитализации проведены исследования согласно общепринятым стандартам. Неврологический осмотр проведен с определением мышечной силы по Британской шкале (BMRC, M5–M0). Использованы следующие шкалы и опросники: опросник неспособностей верхних конечностей (*англ.* Disabilities of the arm, shoulder and hand, DASH), нумерологическая оценочная шкала боли (НОШ) [21]. Проведены стимуляционная ЭНМГ и МРТ плечевого сплетения с целью исключения нарушения анатомической целостности его структур.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Excel (Microsoft Office 365) и Stattech 2.0. Для количественных признаков рассчитывали среднее арифметическое (*M*) и стандартную ошибку средней (SEM). Для оценки статистической значимости полученных результатов использовали критерий Шапиро – Уилка, для оценки нормальности распределения признака, в случае ненормального распределения применяли непараметрический U-критерий Манна – Уитни. Различия считали значимыми при $p < 0,05$. Округление полученных нецелых значений производили с точностью до десятой части.

Хирургическая техника

Оперативное вмешательство у пациентов группы 1

Операцию выполняли в положении пациента «пляжное кресло» под эндотрахеальным наркозом. Первым этапом выполняли лечебно-диагностическую артроскопию плечевого сустава с осмотром внутрисуставных структур и выявлением внутрисуставной патологии. При выявлении признаков хронического теносиновита сухожилия длинной головки бицепса (СДГБ) выполняли его тенотомию. При выявлении дегенеративных изменений фиброзной губы гленоида выполняли дебридмент изменённых участков фиброзной губы. Участки хондромалиции суставного хряща головки плеча и гленоида обрабатывались шейвером и аблятором. При выявлении дегенеративных изменений сухожилий вращательной манжеты плеча (ВМП) выполняли дебридмент изменённых участков ВМП. При выявлении массивного невосстановимого повреждения сухожилия надостной мышцы устанавливали субакромиальный спейсер (рис. 1).

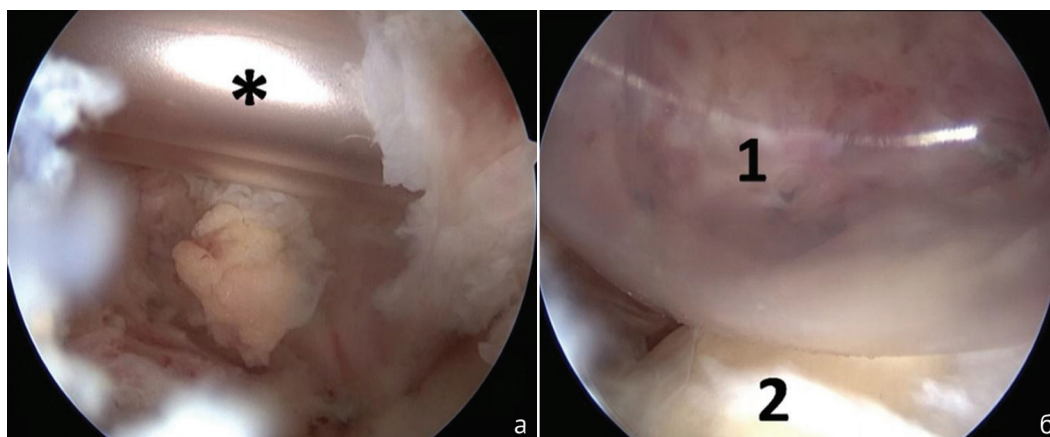


Рис. 1. Установка субакромиального спейсера при массивном повреждении ВМП: а — спейсер (*) введён в сложенном состоянии; б — спейсер (1) расправлен, (2) головка плечевой кости

Далее производили иссечение тканей ротаторного интервала, визуализировали клювовидный отросток лопатки, выполняли релиз тканей вокруг клювовидного отростка, определяя клювовидно-акромиальную связку, объединённое сухожилие, малую грудную мышцу. Затем производили отсечение малой грудной мышцы от клювовидного отростка и смещали её кнутри, что являлось компонентом декомпрессии сосудисто-нервного пучка в области малой грудной мышцы. Через сформированное «окно» осуществляли диссекцию тканей и визуализировали компоненты плечевого сплетения и сосуды. Рассекая рубцово-спаечные ткани в этой области, выполняли невролиз и декомпрессию сосудисто-нервного пучка (рис. 2).

Производили диссекцию тканей у основания клювовидного отростка и кнутри от него. Визуализировали подключичную мышцу и отсекали латеральную порцию мышцы от ключицы, формируя «окно» к грудной



Рис. 2. Мышечно-кожный нерв (1) и срединный нерв (2) в области клювовидного отростка после отсечения малой грудной мышцы

апертуре. Далее выполняли диссекцию тканей в области грудной апертуры, рассекая рубцово-спаечные ткани вокруг сплетения и между его компонентами, визуализировали компоненты ПС и подключичную артерию (рис. 3).

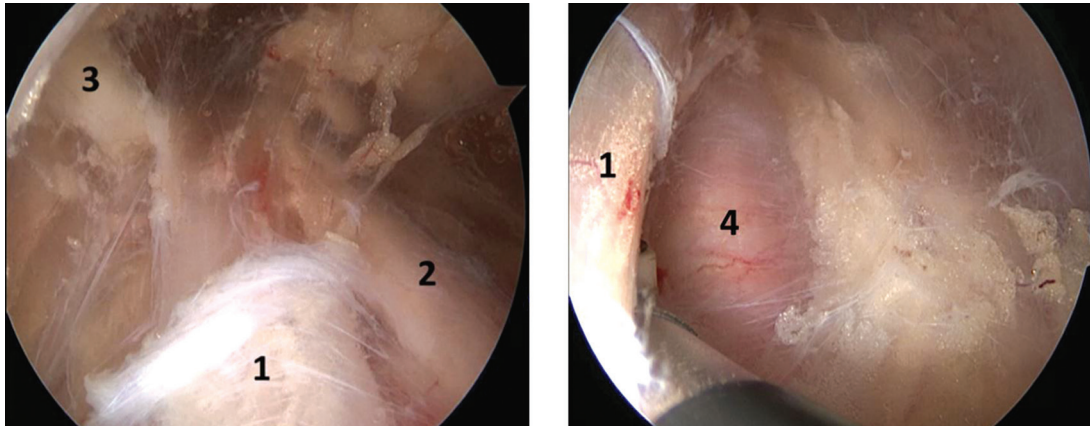


Рис. 3. Компоненты плечевого сплетения (ПС) в области грудной апертуры после выполнения декомпрессии, где 1 — верхний ствол ПС; 2 — задний дивизион верхнего ствола ПС; 3 — надлопаточный нерв; 4 — подключичная артерия

Формировали надключичные порты, куда переводили артроскоп и рабочий инструмент (рис. 7), выполняли диссекцию тканей и осуществляли доступ к межлестничному пространству. Производили рассечение рубцово-спаечных тканей вокруг стволов плечевого сплетения и между ними, осуществляя декомпрессию и невролиз. Визуализировали верхний, средний и нижние стволы ПС, подключичную артерию и среднюю лестничную мышцу (рис. 4, 5, 6).

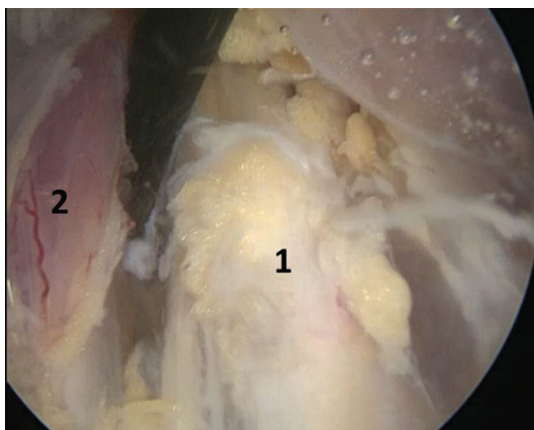


Рис. 4. Область межлестничного пространства, 1 — верхний ствол плечевого сплетения; 2 — средняя лестничная мышца

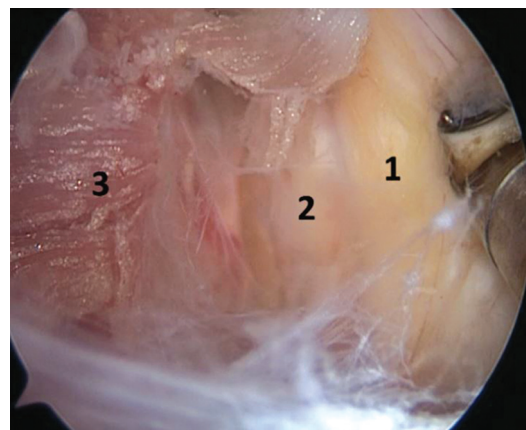


Рис. 5. Компоненты плечевого сплетения (ПС) после выполнения декомпрессии, где 1 — средний ствол ПС; 2 — нижний ствол ПС; 3 — средняя лестничная мышца

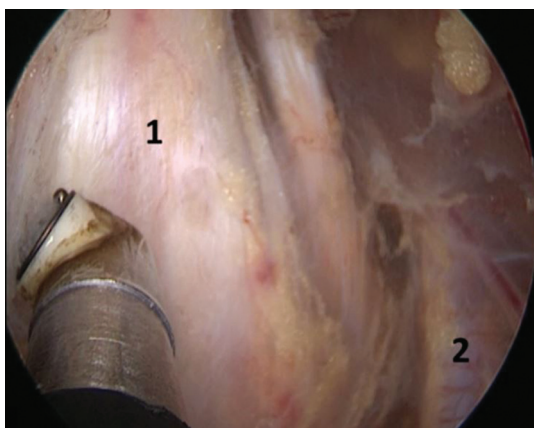


Рис. 6. Взаимное расположение верхнего ствола плечевого сплетения (1) и подключичной артерии (2) в области межлестничного пространства

Заключительным этапом операции зашивали послеоперационные раны, накладывали асептические повязки, верхнюю конечность иммобилизовали в косыночном ортезе (рис. 7).



Рис. 7. Внешний вид: а — интраоперационное расположение инструментов; б — послеоперационные эндоскопические доступы

Оперативное вмешательство у пациентов группы 2

Под эндотрахеальным наркозом в положении пациента лежа на спине с отведенной в сторону рукой в подмышечной впадине проводили разрез по кожной складке так, чтобы в центре разреза находилась проекция сосудисто-нервного пучка плеча (рис. 8).

После вскрытия подмышечной фасции выделяли сосудисто-нервный пучок, в нем идентифицировали нервы, артерию и вены, фиксировали их на держалки. После этого в рану параллельно сосудисто-нервному пучку вводили ретрактор с оптикой. Дальнейшие действия производили под контролем эндоскопической оптики и с помощью инструментов для эндоневролиза.

Проводили диссекцию нейро-сосудистых структур в проксимальном направлении до достижения рёберно-ключичного пространства. Затем верхнюю конечность на исследуемой стороне ассистент отводил кпереди от пациента за плечо и удерживал в таком положении (рис. 9), что обеспечивало протракцию ключицы и расширение рёберно-ключичного пространства (рис. 10).

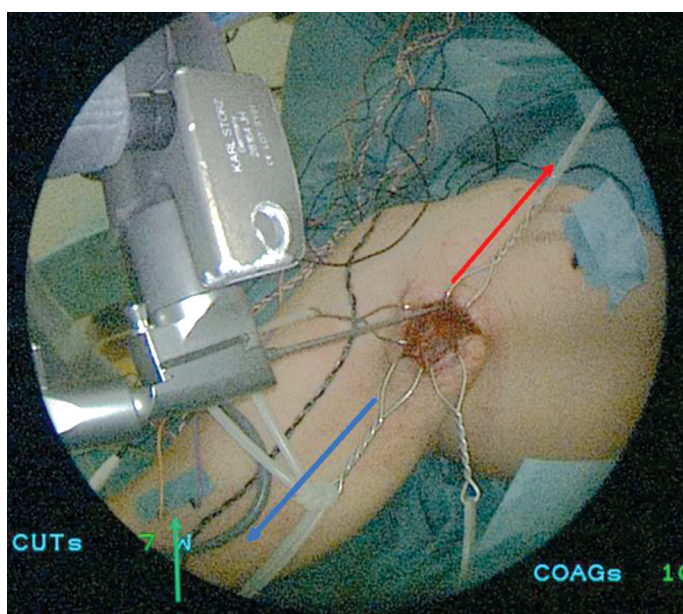


Рис. 8. Вид на рану перед введением эндоскопа в эндоскопический ретрактор. Красная стрелка указывает проксимальное направление, синяя — дистальное, зелёная — электроды для проведения нейрофизиологического контроля



Рис. 9. Тракция за верхнюю конечность на исследуемой стороне вверх, ассистент удерживает руку в достигнутом положении

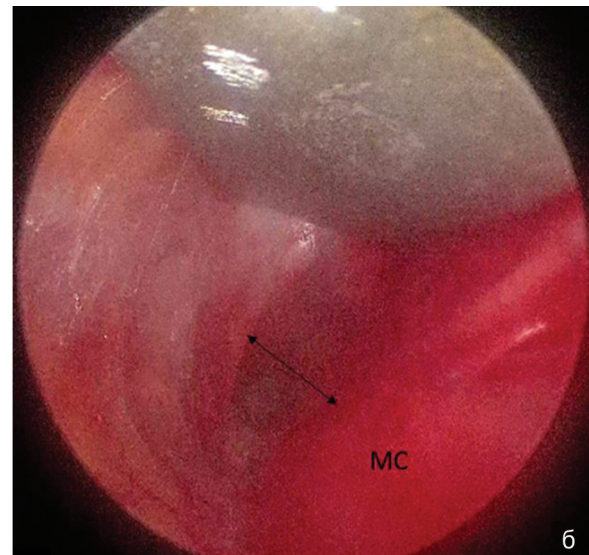
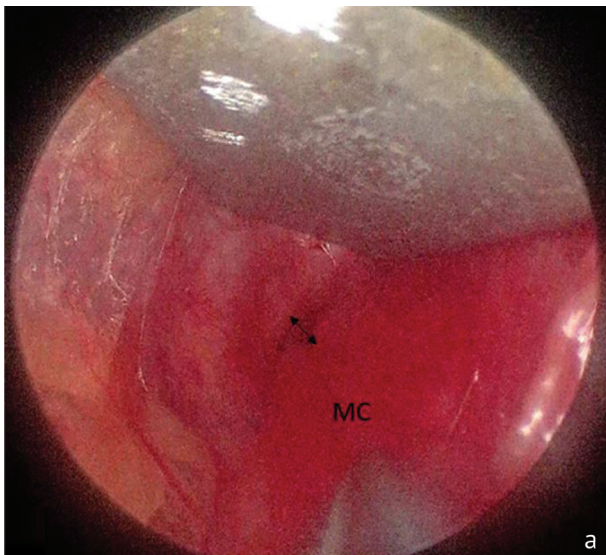


Рис. 10. Эндоскопический вид на рёберно-ключичный промежуток до проведения тракции верхней конечности (а) и в момент тракции (б). Чёрной стрелкой обозначен рёберно-ключичный промежуток, МС — медиальный пучок

Эндоскопический ретрактор проводили за ключицу, после чего осуществляли ревизию и невролиз надключичной части плечевого сплетения до места вхождения корешков в межпозвонковые отверстия. Постепенно продвигая эндоскопический ретрактор вдоль нервно-сосудистых структур, производили разведение спаек и освобождение структур плечевого сплетения от окружающих тканей, начиная дистально с уровня ответвления конечных ветвей и заканчивая проксимально, в месте вхождения корешков в межпозвонковые отверстия (рис. 11). Во время проведения операции проводили нейрофизиологический контроль.

Интерпретация возможных результатов

Результаты лечения оценивали на основании данных шкал и опросников, неврологического осмотра и подтверждали данными функциональной диагностики (стимуляционная ЭНМГ) через 6 мес. после операции. При неврологическом осмотре отдельно оценивали два показателя: сила и боль. Положительным результатом считали увеличение силы в пораженных мышцах на 1 балл и более. Боль оценивали по шкале НОШ, положительным результатом считали уменьшение болевого синдрома на 50 % и более.

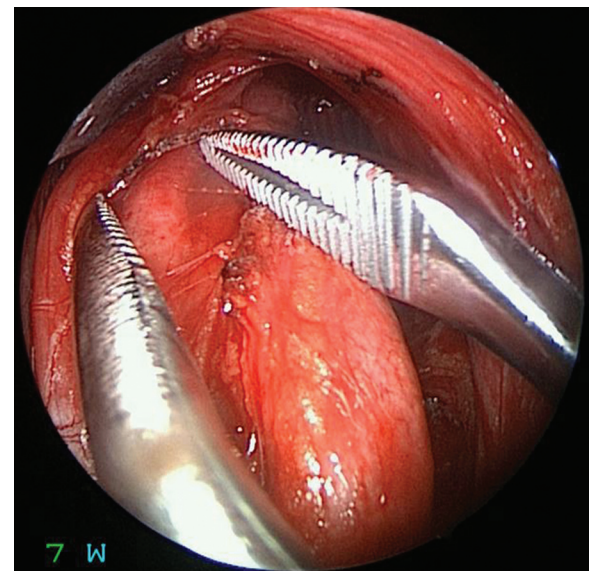


Рис. 11. Эндоскопический вид (диаметр рабочей части 4 мм, угол направления оптики 0 градусов) структур плечевого сплетения во время проведения основного этапа операции

РЕЗУЛЬТАТЫ

В группе 1 положительные результаты лечения достигнуты в 87,5 % случаев ($n = 7$). В одном случае положительный результат не достигнут, ухудшения состояния после операции не наблюдали. В группе 2 положительные результаты лечения достигнуты в 92,9 % случаев ($n = 13$). В одном случае положительный результат не достигнут, ухудшения состояния после операции не наблюдали. Результаты лечения пациентов представлены в таблице 1.

В связи со значительными отличиями в методах проведения операции сравнение проводили по универсальной шкале DASH. Для этого высчитывали разницу в показателе до и после операции в каждой группе, затем высчитывали среднее арифметическое и стандартную ошибку среднего по полученным данным. В группе 1 значение ($M \pm SEM$) составило $23,5 \pm 3,6$, в группе 2 — $19,4 \pm 5,4$, при $p > 0,05$.

По данным стимуляционной ЭНМГ у пациентов отмечали сокращение латентного периода и увеличение амплитуды М-ответа (рис. 12, 13).

Таблица 1

Показатели по шкалам до и после операции пациентов

Показатель	До операции ($M \pm SEM$)		Через 6 мес. после операции ($M \pm SEM$)		p -value	
	группа 1	группа 2	группа 1	группа 2	группа 1	группа 2
Степень пареза по BMRC	$3,1 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,7$	$4,4 \pm 0,3$	$3,7 \pm 1,0$	$< 0,05$	$< 0,05$
НОШ	$6,8 \pm 1,1$	$2,6 \pm 1,0$	$1,9 \pm 0,6$	$0,4 \pm 0,3$	$< 0,05$	$< 0,05$
DASH	$52,3 \pm 2,2$	$47,9 \pm 4,4$	$28,8 \pm 3,8$	$26,6 \pm 4,3$	$< 0,05$	$< 0,05$

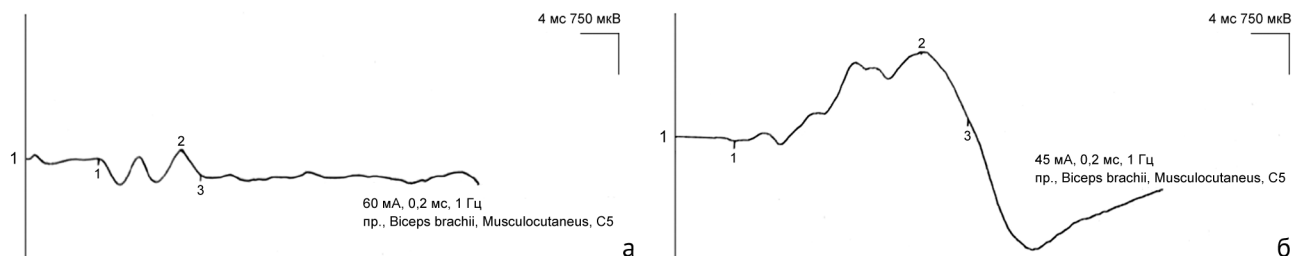


Рис. 12. Амплитуда М-ответа при стимуляции мышечно-кожного нерва у пациента Г. (мужчина, 38 лет, группа эндоскопического невролиза) до (а) и через 6 мес. после операции (б) (отмечено ее значительное увеличение)

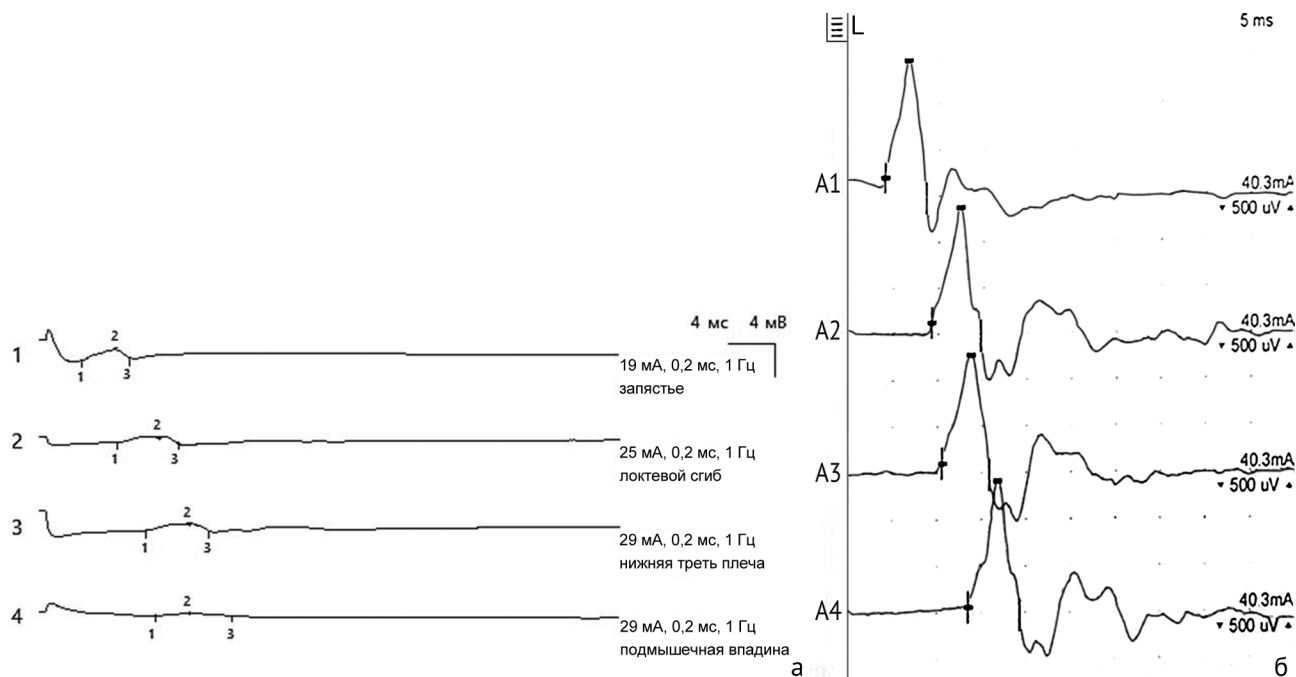


Рис. 13. Увеличение амплитуды М-ответа при стимуляционной электронейромиографии плечевого сплетения у пациента П. (мужчина, 53 года, группа с эндоскопической ассистенцией) до (а) и через 6 мес. после операции (б)

ОБСУЖДЕНИЕ

С момента внедрения миниинвазивных методов в хирургию периферических нервов с 60-х годов прошлого столетия произошло становление современных принципов хирургии периферических нервов и плечевого сплетения в частности. С тех пор основными направлениями в данной области считаются:

- проведение невротизации проксимальных отделов плечевого сплетения проходящими вблизи них нервами, такими как добавочный, диафрагмальный, межреберные и др.;
- проведение невротизации конечных и коротких ветвей плечевого сплетения расположенными рядом функционирующими нервами, например, невротизация срединного нерва лучевым нервом, невротизация мышечно-кожного нерва локтевым нервом и т.д.;
- транспозиция мышц.

Роль невролиза плечевого сплетения как самодостаточного метода хирургического лечения долгое время не воспринимали всерьез, рассматривали, скорее, как этап проведения операции по пластике или невротизации нервов, позволяющий провести анализ повреждения, окончательно установить степень повреждения нервных структур и определить их уровень [22].

В 1973 г. вышел обзор литературы, в котором приведены сведения об эффективности невролиза плечевого сплетения и утверждения, что невролиз является эффективным методом лечения при локальных фиброзных поражениях, но не считается панацеей [23].

Включение эндоскопической техники в арсенал методик хирургического лечения периферических нейропатий началось относительно недавно, в 80-х годах XX века, когда впервые под контролем артроскопа было предложено проводить декомпрессию срединного нерва на уровне запястного канала [24]. Применение эндоскопа в хирургии непосредственно плечевого сплетения было предложено позже, в 90-х годах, когда в эксперименте впервые была проведена ревизия корешков плечевого сплетения под эндоскопической ассистенцией [14]. Позже K.G. Krishnan et al., проведя исследования на трупах, одними из первых предложили проводить ревизию плечевого сплетения как диагностическую операцию, направленную на выявление степени повреждения плечевого сплетения и планирования дальнейшей тактики лечения, помимо этого, обозначив основные анатомические ориентиры при его выполнении через над- и подключичный доступы [14]. Аналогичное исследование, но с использованием роботизированной техники, проведено G. Mantovani et al. на двух плечевых сплетениях на одном свежем кадавере [17].

Первый, встречающийся в литературе случай проведения эндоскопической ревизии плечевого сплетения на живом человеке, описан в 2006 г., когда пациенту с закрытой травмой плечевого сплетения вследствие ДТП была проведена данная операция, через 6 мес. после которой наступило полное восстановление силы и чувствительности в пораженной руке [15]. Проводимую с 1910 г. резекцию первого ребра при синдроме верхней апертуры впервые было предложено проводить под видеоэндоскопической ассистенцией в 2007 г. [26]. В 2017 г. T. Lafosse et al. предложили оригинальный метод проведения невролиза всех отделов плечевого сплетения при синдроме верхнего грудного выхода [18]. Чуть позже, в 2020 г., той же группой ученых доказана эффективность данного метода при лечении взрослых с брахиоплексопатиями, возникшими вследствие вывиха плечевого сустава, и предложен алгоритм ведения пациентов с данной патологией [19]. В 2021 г. группой учёных предложен метод эндоскопической ревизии и невролиза плечевого сплетения, позволяющий при необходимости проводить вмешательства на плечевом суставе, что является актуальным для пациентов с сочетанной патологией [20]. В 2023 г. опубликованы положительные результаты лечения пациентов с брахиоплексопатиями различной этиологии методом невролиза под видеоэндоскопической ассистенцией, позволяющим проводить операцию через один трансаксиллярный доступ, особенно при использовании способа расширения рёберно-ключичного пространства [16, 27].

Несмотря на развитие эндоскопического направления в лечении пациентов с брахиоплексопатиями, широкое его применение ограничено до сих пор. В последнем, наиболее полном, руководстве по ведению и хирургическому лечению пациентов с брахиоплексопатиями от 2021 г. невролиз плечевого сплетения указывал лишь в историческом аспекте, а его применение с использованием эндоскопа не описано вовсе [21].

На основании опубликованных исследований на данный момент возможно разделение методов эндоскопического невролиза плечевого сплетения на несколько типов:

- невролиз плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией;
- полностью эндоскопический невролиз плечевого сплетения, в том числе робот-ассистированный.

В связи с появлением разных вариантов проведения операций невролиза плечевого сплетения с использованием эндоскопа и положительными результатами можно сделать заключение об отсутствии оптимального общепризнанного метода лечения и об активном развитии данного направления хирургии.

В целом, исходя из проведенного исследования, следует, что невролиз с использованием эндоскопа является малотравматичным методом лечения посттравматических брахиоплексопатий у пациентов с неглубоким парезом в пораженных группах мышц при неэффективности консервативного лечения. В данном исследовании результаты лечения пациентов группы 1, в которой помимо невролиза плечевого сплетения проводили восстановление плечевого сустава, статистически не отличались от результатов пациентов группы 2, где проводили только невролиз плечевого сплетения. Это означает, что при изолированном поражении плечевого сплетения обе методики являются эффективными и имеют примерно схожие и ожидаемые исходы лечения, в случае же сочетания плексопатии с патологией плечевого сустава приемлемо одномоментное комбинированное вмешательство с коррекцией внутрисуставной патологии и невролизом, что способствует более полному и раннему восстановлению функции верхней конечности.

Коллектив авторов предполагает, что требуется дальнейшее изучение темы с целью создания оптимального лечебно-диагностического алгоритма для пациентов с брахиоплексопатиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техники проведения неврилиза плечевого сплетения с использованием эндоскопа эффективны при лечении посттравматических брахиоплексопатий у взрослых в случае наличия силы в пораженных мышцах в 2 балла и более по Британской шкале. В данном исследовании метод проведения эндоскопического неврилиза плечевого сплетения в сочетании с артроскопией плечевого сустава в равной степени эффективен в сравнении с изолированным мини-инвазивным неврилизом плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией. Лечение пациентов с посттравматической брахиоплексопатией является трудной задачей и требует мультидисциплинарного подхода.

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

Источник финансирования. Исследование и публикации статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Этическая экспертиза. Протокол исследования одобрен комитетом по этике Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (№ 7 от 21.04.2022).

Информированное согласие. От всех пациентов, включённых в исследование, было получено добровольное письменное информированное согласие на их участие в исследовании и на публикацию их изображений в медицинском журнале, включая его электронную версию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Kaiser R, Waldauf P, Ullas G, Krajcová A. Epidemiology, etiology, and types of severe adult brachial plexus injuries requiring surgical repair: systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2020;43(2):443-452. doi: 10.1007/s10143-018-1009-2
- Tapp M, Wenzinger E, Tarabishy S, Ricci J, Herrera FA. The Epidemiology of Upper Extremity Nerve Injuries and Associated Cost in the US Emergency Departments. *Ann Plast Surg.* 2019;83(6):676-680. doi: 10.1097/SAP.0000000000002083
- Narakas AO. The treatment of brachial plexus injuries. *Int Orthop.* 1985;9(1):29-36. doi: 10.1007/BF00267034
- Kaiser R, Waldauf P, Haninec P. Types and severity of operated supraclavicular brachial plexus injuries caused by traffic accidents. *Acta Neurochir (Wien).* 2012;154(7):1293-1297. doi: 10.1007/s00701-012-1291-7
- MacDonald BK, Cockerell OC, Sander JW, Shorvon SD. The incidence and lifetime prevalence of neurological disorders in a prospective community-based study in the UK. *Brain.* 2000;123(Pt 4):665-676. doi: 10.1093/brain/123.4.665
- Rasulić L, Simić V, Savić A, et al. Management of brachial plexus missile injuries. *Acta Clin Croat.* 2018;57(3):487-496. doi: 10.20471/acc.2018.57.03.12
- Flores LP. Estudo epidemiológico das lesões traumáticas de plexo braquial em adultos [Epidemiological study of the traumatic brachial plexus injuries in adults]. *Arq Neuropsiquiatr.* 2006;64(1):88-94. (In Portuguese) doi: 10.1590/s0004-282x2006000100018
- Midha R. Nerve transfers for severe brachial plexus injuries: a review. *Neurosurg Focus.* 2004;16(5):E5. doi: 10.3171/foc.2004.16.5.6
- Siqueira MG, Malessy MJA. Traumatic brachial plexus lesions: clinical and surgical aspects. In: *Treatment of peripheral nerve lesions.* Prism Books; 2011:93-110.
- Terzis JK, Papakonstantinou KC. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast Reconstr Surg.* 2000;106(5):1097-1122; quiz 1123-4. doi: 10.1097/00006534-200010000-00022
- Bertelli JA, Ghizoni MF. Results and current approach for Brachial Plexus reconstruction. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2011;6(1):2. doi: 10.1186/1749-7221-6-2
- Millesi H. Update on the treatment of adult brachial plexus injuries. In: *Brachial plexus injuries.* Martin Dunitz Ltd.; 2001:77-90.
- Siquiera MG, Martins R, Heisse O, Socolovsky M (2010) Lesiones traumáticas del plexobraquial e adultos: Parte 1. Mecanismos de lesión, métodos diagnósticos e indicaciones del tratamiento quirúrgico. In: *Neurocirugía, Aspectos Clínicos y Quirúrgicos*, 1st Ed. Corpus, 2010: Ch. 95.
- Krishnan KG, Pinzer T, Reber F, Schackert G. Endoscopic exploration of the brachial plexus: technique and topographic anatomy--a study in fresh human cadavers. *Neurosurgery.* 2004;54(2):401-408; discussion 408-409. doi: 10.1227/01.neu.0000103423.08860.a9
- Braga-Silva J, Gehlen D, Kuyven CR. Endoscopic exploration of a brachial plexus injury. *J Reconstr Microsurg.* 2006;22(7):539-541. doi: 10.1055/s-2006-951320
- Сагдиев Р.Х., Дыдыкин С.С., Шапкин А.Г. и др. Эффективность неврилиза плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией при лечении брахиоплексопатий у взрослых. *Гений ортопедии.* 2023;29(1):7-11. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-1-7-11. EDN: AGNBKO.
- Mantovani G, Liverneux P, Garcia JC Jr, et al. Endoscopic exploration and repair of brachial plexus with telerobotic manipulation: a cadaver trial. *J Neurosurg.* 2011;115(3):659-664. doi: 10.3171/2011.3.JNS10931
- Lafosse T, Le Hanneur M, Lafosse L. All-Endoscopic Brachial Plexus Complete Neurolysis for Idiopathic Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome: A Prospective Case Series. *Arthroscopy.* 2017;33(8):1449-1457. doi: 10.1016/j.arthro.2017.01.050
- Le Hanneur M, Colas M, Serane-Fresnel J, et al. Endoscopic brachial plexus neurolysis in the management of infraclavicular nerve injuries due to glenohumeral dislocation. *Injury.* 2020;51(11):2592-2600. doi: 10.1016/j.injury.2020.08.005
- Беляк Е.А., Лазко Ф.Л., Призов А.П. и др. Эндоскопический неврилиз плечевого сплетения у пациента с повреждением вращательной манжеты плеча и посттравматической плексопатией (случай из практики). *Georgian Med News.* 2021;(316-317):30-35.
- Shin, A.Y., Pulos, N. (eds) *Operative Brachial Plexus Surgery.* Springer, Cham.; 2021:639. doi: 10.1007/978-3-030-69517-0
- Шевелев И.Н. *Травматические поражения плечевого сплетения (клиника, диагностика, микрохирургия).* М.; 2005:52-55.

23. Lusskin R, Campbell JB, Thompson WA. Post-traumatic lesions of the brachial plexus: treatment by transclavicular exploration and neurolysis or autograft reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 1973;55(6):1159-76.
24. Nagai H. Tunnel-endoscopy. *Arthroscopy.* 1980;(5):1-4.
25. Monsivais JJ, Narakas AO, Turkof E, Sun Y. The endoscopic diagnosis and possible treatment of nerve root avulsions in the management of brachial plexus injuries. *J Hand Surg Br.* 1994;19(5):547-549. doi: 10.1016/0266-7681(94)90111-2
26. Abdellaoui A, Atwan M, Reid F, Wilson P. Endoscopic assisted transaxillary first rib resection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2007;6(5):644-646. doi: 10.1510/icvts.2007.151423
27. Суфианов А.А., Сагдиев Р.Х., Беяк Е.А., Лазко Ф.Л., Суфианов Р.А. *Способ расширения рёберно-ключичного пространства при эндоскопической ревизии плечевого сплетения.* Патент РФ на изобретение № 2794823С1. 25.04.2023. Бюл. № 12. Доступно по: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7174&DocNumber=2794823&TypeFile=html. Ссылка активна на 26.07.2023.

Статья поступила 05.07.2023; одобрена после рецензирования 24.07.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 05.07.2023; approved after reviewing 24.07.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Евгений Александрович Беяк — кандидат медицинских наук, доцент кафедры, belyakevgen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2542-8308>; eLibrary SPIN: 7337-1214;

Ранель Хамитович Сагдиев — аспирант, Ranel313@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3295-6632>, eLibrary SPIN: 3937-4766;

Фёдор Леонидович Лазко — доктор медицинских наук, профессор кафедры, fedor_lazko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5292-7930>, eLibrary SPIN: 8504-7290;

Альберт Акрамович Суфианов — доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, директор, sufianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>, eLibrary SPIN: 1722-0448;

Дмитрий Львович Пасхин — врач нейрохирург, yas-moe@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3915-7796>, eLibrary SPIN: 8930-1390;

Алексей Петрович Призов — кандидат медицинских наук, доцент, aprizov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3092-9753>, eLibrary SPIN: 6979-6480;

Максим Фёдорович Лазко — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры, maxim_lazko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6346-824X>;

Николай Васильевич Загородний — доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой, zagorodniy51@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6736-9772>; eLibrary SPIN: 6889-8166.

Information about the authors:

Evgeniy A. Belyak — Candidate of Medical Sciences, associate professor, belyakevgen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2542-8308>;

Ranel Kh. Sagdiev — graduate student, Ranel313@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3295-6632>;

Fedor L. Lazko — Doctor of Medical Sciences, Professor of department, fedor_lazko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5292-7930>;

Albert A. Sufianov — Doctor of Medical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, sufianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>, Scopus ID 6603558501;

Dmitriy L. Pashkin — neurosurgeon, yas-moe@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3915-7796>;

Aleksey P. Prizov — Candidate of Medical Sciences, associate professor, aprizov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3092-9753>;

Maksim F. Lazko — Candidate of Medical Sciences, department assistant, maxim_lazko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6346-824X>;

Nikolay V Zagorodniy — Doctor of Medical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Department, zagorodniy51@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6736-9772>.

Вклад авторов:

Беяк Е.А., Пасхин Д.Л., Сагдиев Р.Х. — лечение пациентов, проведение операций;

Беяк Е.А., Сагдиев Р.Х., Призов А.П. — сбор и анализ инструментальных исследований;

Беяк Е.А., Лазко Ф.Л., Суфианов А.А., Загородний Н.В., Сагдиев Р.Х. — обработка и обсуждение результатов исследования, написание текста статьи;

Беяк Е.А., Сагдиев Р.Х., Лазко М.Ф. — поисково-аналитическая работа, обсуждение результатов исследования, написание текста статьи.

Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Научная статья

УДК 616-053.2:616.717.5/.6-007.274-053.1-073.756.8:303.446.34

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190>



Клинико-лучевые особенности состояния предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: когортное исследование

Ю.А. Федорова^{1✉}, С.В. Виссарионов¹, Я.Н. Проценко², В.И. Зорин^{1,3}

¹ Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия

² Медицинская академия АО «ГК «Медси», Санкт-Петербург, Россия

³ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Юлия Андреевна Федорова, julsigareva@gmail.com

Аннотация

Введение. Функциональные ограничения верхней конечности при врожденном радиоульнарном синостозе могут затруднять повседневную активность пациентов, при этом имеющиеся классификации являются описательными и имеют ограниченное практическое применение.

Цель работы — определение функционально значимого количественного критерия анатомических изменений предплечья.

Материалы и методы. Проанализированы результаты обследования 92 детей (136 предплечий) с врожденным радиоульнарным синостозом: жалобы на ограничение повседневной активности по шкале ADL (*англ.*: activity of daily living), качество жизни по данным опросника PedsQL; пронационное положение предплечья; ряд лучевых параметров. Выполнен сравнительный и корреляционный анализ, а также ROC-анализ с определением зависимости пронационной установки предплечья и активных жалоб на ограничение повседневной активности.

Результаты. Выявлены статистически значимые прямые корреляционные связи между жалобами и положением предплечья ($p < 0,01$, $r_{xy} = 0,5$); подвывихом головки локтевой кости и положением предплечья ($p < 0,001$, $r_{xy} = 0,6$); дугообразной деформацией лучевой кости, положением предплечья и подвывихом головки локтевой кости, а также между длиной костей предплечья и дугообразной деформацией лучевой кости ($p < 0,05$, $r_{xy} = 0,4$ и $r_{xy} = 0,5$). Выявлена статистически значимая обратная корреляционная связь между жалобами и баллами, отражающими общее состояние здоровья по опроснику PedsQL ($p = 0,038$, $r_{xy} = -0,4$). Пороговое значение положения предплечья, более которого прогнозировался высокий риск активного предъявления жалоб на ограничение повседневной активности, составило 45° пронации. Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза жалоб и положением предплечья, составила $0,955 \pm 0,021$ (95 % ДИ: 0,915–0,995). Наблюдалось статистически значимое ($p < 0,01$) уменьшение просвета костномозгового канала в средней трети диафиза локтевой кости при неизменном просвете лучевой кости. В 30 % наблюдений выявлен тыльный подвывих головки локтевой кости.

Обсуждение. Выявленные характеристики демонстрируют изменения на всем протяжении предплечья, а функциональные нарушения соотносятся с пронационной установкой предплечья.

Заключение. Зависимость прогнозируемых жалоб пациента от положения предплечья необходимо учитывать в классификации и при определении показаний к хирургическому лечению, выделяя функциональный ($< 45^\circ$ пронации) и дисфункциональный ($\geq 45^\circ$ пронации) варианты.

Ключевые слова: радиоульнарный синостоз, ребенок, классификация

Для цитирования: Федорова Ю.А., Виссарионов С.В., Проценко Я.Н., Зорин В.И. Клинико-лучевые особенности состояния предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: когортное исследование. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):182-190. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190. EDN: SMCNAO.

Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190>

Clinical and radiological aspects of the forearm in children with congenital radioulnar synostosis: a cohort study

Yu.A. Fedorova^{1✉}, S.V. Vissarionov¹, Ya.N. Proschenko², V.I. Zorin^{1,3}¹ H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint-Petersburg, Russian Federation² Medical Academy AO GK MEDSI, Saint-Petersburg, Russian Federation³ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation**Corresponding author:** Yulia A. Fedorova, julsigareva@gmail.com

Abstract

Introduction The upper limb functional limitations in congenital radioulnar synostosis may significantly affect the daily activities of patients. Classifications of the condition are descriptive and have limited practical application.

Purpose Determine a functionally significant quantitative criterion for anatomical changes in the forearm.

Material and methods 92 children (136 forearms) with congenital radioulnar synostosis were examined for limitations in activities of daily living (ADL), health-related quality of life measured with PedsQL questionnaire; pronation of the forearm and radiographic parameters. A comparative and correlation analysis, ROC analysis were performed to determine the relationship between the forearm pronation and limitations of ADL.

Results Statistically significant correlations were revealed between symptoms and the forearm alignment ($p < 0.01$, $r_{xy} = 0.5$); subluxation of the ulnar head and forearm alignment ($p < 0.001$, $r_{xy} = 0.6$); bowing deformity of the radius, forearm alignment and subluxation of the ulnar head and between the length of the forearm bones and bowing deformity of the radius ($p < 0.05$, $r_{xy} = 0.4$ and $r_{xy} = 0.5$). A statistically significant inverse correlation was revealed between symptoms and PedsQL scores ($p = 0.038$, $r_{xy} = -0.4$). Pronation of 45° was the threshold value of the forearm alignment with a high risk of ADL limitation. The area under the ROC curve corresponding to the relationship between symptoms and the forearm alignment was 0.955 ± 0.021 (95 % CI: 0.915–0.995). There was a statistically significant ($p < 0.01$) decrease in the lumen of the medullary canal in the middle third of the ulnar shaft with the radius lumen being unchanged. Dorsal subluxation of the ulnar head was detected in 30 % of cases.

Discussion The characteristics identified demonstrated changes in the forearm bones with functional impairments being correlated with the forearm pronation.

Conclusion The correlation between the patient's symptoms and the forearm alignment must be taken into account in the classification and when determining indications for surgical treatment distinguishing between functional ($< 45^\circ$ pronation) and dysfunctional ($\geq 45^\circ$ pronation) options.

Keywords: radioulnar synostosis, child, classification

For citation: Fedorova YuA, Vissarionov SV, Proschenko YaN, Zorin VI. Clinical and radiological aspects of the forearm in children with congenital radioulnar synostosis: a cohort study. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):182-190. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190

ВВЕДЕНИЕ

Врожденный радиоульнарный синостоз (ВРУС) — это редкая аномалия развития верхней конечности, при которой на этапе эмбриогенеза не происходит дифференцировка проксимальных отделов локтевой и лучевой костей, что приводит к их совместному энхондральному окостенению внутриутробно [1, 2, 3]. По классификации аномалий верхней конечности Oberg – Manske – Tonkin ВРУС относится к процессам нарушения лучелоктевой (переднезадней) осевой дифференцировки тканей [4, 5]. Синостозирование костей происходит исключительно на уровне проксимального лучелоктевого сочленения, однако может иметь достаточно большую протяженность — вплоть до дистальной трети предплечья [6]. Случаи идиопатического врожденного синостоза дистальных отделов костей предплечья являются казуистическими и, вероятно, имеют иной генез [7, 8]. Функциональные ограничения при ВРУС могут значительно сказываться на повседневной активности пациентов, особенно при выраженной пронационной установке предплечий и двустороннем поражении [9, 10].

Все имеющиеся на сегодняшний день классификации ВРУС носят описательный характер, основаны исключительно на особенностях рентгенологической картины заболевания на уровне проксимального отдела предплечья и имеют ограниченное практическое применение.

Цель работы — определение функционально значимого количественного критерия анатомических изменений предплечья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы данные 92 пациентов (136 предплечий) в возрасте от 2,5 до 17 лет с врожденным радиоульнарным синостозом, проходивших обследование и/или получавших лечение в НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера с 2010 по 2022 г. (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика обследованных детей

Показатель		Всего	Наличие жалоб		Отсутствие жалоб	
			абс.	%	абс.	%
Количество пациентов		92	77	83,7	15	16,3
Сторона поражения, количество пациентов	левая	33	28	84,8	5	15,2
	правая	15	10	66,7	5	33,3
	обе	44	39	88,6	5	11,4
Тип по Cleary – Omer, количество предплечий	I	7	4	57,1	3	42,9
	II	11	6	54,5	5	45,5
	III	104	97	93,3	7	6,7
	IV	14	9	64,3	5	35,7
Пациенты мужского пола		60	47	78,3	13	21,7
Пациенты женского пола		32	30	93,8	2	6,2
Возраст, полных лет, Ме [Q1–Q3]		7 [4–10]	6 [4–9]		8 [7–13]	

Дизайн соответствует одноцентровому когортному ретроспективному исследованию для первой части и исследованию по типу случай–контроль для второй части работы. Исследование выполнено в соответствии с рекомендациями STROBE и разделено на две последовательные части. Целью первой части работы стала оценка взаимосвязи между жалобами пациента, функцией верхних конечностей и клиническими особенностями состояния предплечья у детей с ВРУС. Целью второй части стал анализ рентгенологических характеристик у пациентов с односторонним ВРУС. Схема исследования представлена на рисунке 1.

Критерии включения: рентгенологически верифицированный врожденный радиоульнарный синостоз, возраст пациентов младше 18 лет. В исследование не включены пациенты с неполным представлением данных, а также после хирургического лечения.

Критерии исключения для второй части работы: двустороннее поражение верхних конечностей и отсутствие первичных лучевых данных до хирургического лечения.

Положение предплечья в градусах пронации оценивали клинически при помощи гониометра в положении сгибания в локтевых суставах 90°. Подвывих головки локтевой кости определяли по рентгенограммам предплечья в строго боковой проекции (рис. 2). Лучелоктевой индекс у детей до 11 лет оценивали по методу R. Hafner et al. [11], у пациентов 12 лет и старше аналогично стандартизированному методу у взрослых путем измерения расстояния между параллельными линиями, соответствующими суставной поверхности локтевой кости и дистальному краю сигмовидной вырезки лучевой кости.



Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования: * — в одном случае отсутствовали лучевые данные контралатеральной здоровой конечности

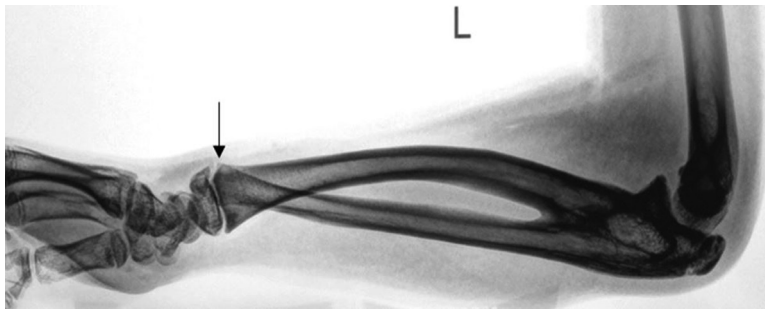


Рис. 2. Рентгенограмма предплечья пациента с ВРУС в строго боковой проекции, стрелкой отмечен тыльный подвывих головки локтевой кости

Пронационный угол оценивали по рентгенограммам предплечья в прямой проекции по методу L. Liu et al. [12]. Жалобы на ограничение повседневной активности оценивали в соответствии с 12-балльной шкалой ADL (англ.: activity of daily living) [13].

Длину костей предплечья оценивали по рентгенограммам в боковой проекции. Длину локтевой кости измеряли от локтевого до шиловидного отростка, лучевой кости — от центра суставной поверхности головки лучевой кости до шиловидного отростка. У детей младшего возраста при отсутствии на рентгенограммах ядер оксификации дистального и проксимального отделов костей предплечья измерение длины осуществляли от краев метафизов, а при наличии ядер оксификации — от наиболее дистальной и проксимальной точек вторичных центров оксификации.

Для оценки дугообразной деформации измеряли угол между пересекающимися среднедиафизарными линиями на вершине деформации по рентгенограммам в боковой проекции. Просвет костномозгового канала измеряли от внутренних краев кортикального слоя диафиза костей предплечья, поперечник соответствующей лучевой или локтевой кости измеряли на этом же уровне от наружных поверхностей кортикальных слоев.

Статистический анализ выполнен в IBM SPSS Statistics 26. Вариант распределения количественных данных предварительно оценивали по критерию Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса при объеме выборки более 50 либо по критерию Шапиро – Уилка при меньшем объеме выборки. Размер выборки предварительно не рассчитывали.

После предварительной оценки распределения данных проведен сравнительный анализ лучевых параметров с применением непараметрического критерия Манна – Уитни. Для анализа связей между рентгенологическими, клиническими и функциональными показателями выполнен корреляционный анализ по критерию Спирмена. Теснота связи оценена по шкале Чеддока.

Для определения порога отсечения (точки cut-off) прогнозирования появления жалоб и создания бинарной классификации в зависимости от пронационной установки предплечья и активно предъявляемых жалоб на ограничение повседневной активности выполнен ROC-анализ.

Исследование одобрено этическим комитетом учреждения и проведено в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди пациентов, обращавшихся для проведения хирургического лечения, выявлена большая распространенность ВРУС у лиц мужского пола (соотношение 2 : 1). Средний возраст на момент направления на операцию составил 6 лет. По классификации Cleary – Omer преобладал III морфотип (табл. 1). При двустороннем поражении в 70,5 % наблюдений отмечен одинаковый морфологический вариант, однако у 13 пациентов из 44 (29,5 %) с двусторонним ВРУС определены разные типы по Cleary – Omer.

Между группой пациентов, активно не предъявлявших жалобы на ограничение повседневной активности по шкале ADL, и пациентами, столкнувшимися с функциональными ограничениями, выявлены статистически значимые различия по показателю пронационной установки предплечья (табл. 2).

Оцениваемые рентгенологические характеристики второй части исследования и выявленные числовые характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 2

Положение предплечья в исследуемых группах

Показатель	Всего	Наличие жалоб	Отсутствие жалоб	p
Пронационное положение левого предплечья, градусы, Ме [Q1–Q3]	70 [30–90]	80 [50–90]	10 [10–20]	< 0,05*
Пронационное положение правого предплечья, градусы, Ме [Q1–Q3]	85 [30–90]	90 [60–90]	10 [5–15]	< 0,05*

* — между группами выявлены статистически значимые различия.

Таблица 3

Рентгенологические показатели у пациентов с ВРУС

Оцениваемый показатель		Односторонний ВРУС
Подвывих головки локтевой кости, абс. (%)		19 / 48 (39,5 %)
Длина лучевой кости, % по отношению к здоровой конечности, М ± SD		91,6 ± 5,4
Длина локтевой кости, % по отношению к здоровой конечности, М ± SD		94,1 ± 6,2
Дугообразная деформация лучевой кости, градусы, М ± SD		21,36 ± 6,05
Длина локтевой кости, % по отношению к лучевой, М ± SD	пораженная конечность	103,4 ± 5,5
	здоровая конечность	102,8 ± 4,2
Просвет костномозгового канала на уровне средней трети диафиза локтевой кости, % от поперечника диафиза на данном уровне, М ± SD	пораженная конечность	37,3 ± 8,1
	здоровая конечность	45,9 ± 9,7
Просвет костномозгового канала на уровне средней трети диафиза лучевой кости, % от поперечника диафиза на данном уровне, М ± SD	пораженная конечность	41,9 ± 8,2
	здоровая конечность	45,5 ± 9,5
Лучелоктевой индекс (Ulnar variance), мм, Ме [Q1–Q3]	пораженная конечность	0,74 [–1,48–1,52]
	здоровая конечность	–0,84 [–2,56–0]
Пронационный угол, градусы		11,06 ± 0,47

В 30 % всех наблюдений (41 из 136 предплечий) отмечался тыльный подвывих головки локтевой кости, причем доля подобных изменений была выше среди III типа по Cleary – Omer — 37,5 % (39 из 104 предплечий).

Длина локтевой и лучевой кости составила 91,6 ± 5,4 % и 94,1 ± 6,2 % относительно длины интактных костей контралатерального здорового предплечья соответственно. Различия соотношений длины костей предплечья (локтевой относительно лучевой) на здоровой и пораженной конечности были статистически незначимы.

Выявлено статистически значимое ($p < 0,01$) уменьшение просвета костномозгового канала, истончение локтевой кости, при относительно сохранном диаметре лучевой кости в сравнении со здоровой конечностью (рис. 3).

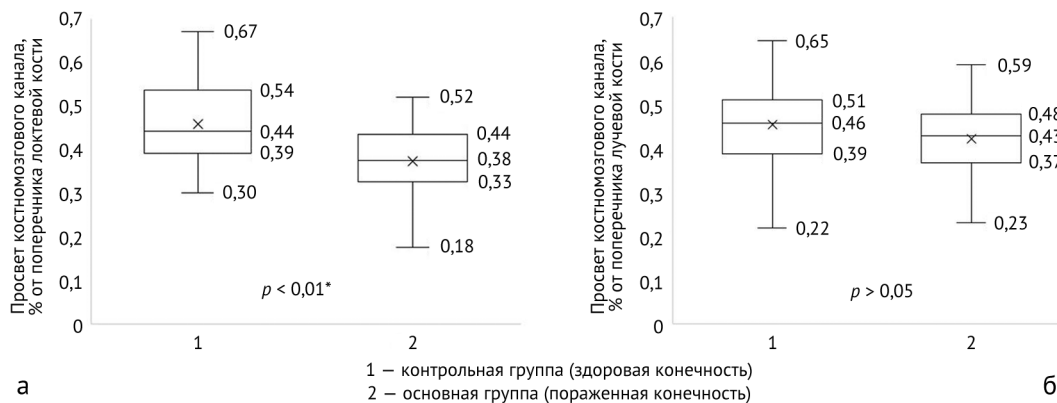


Рис. 3. Сравнение средних значений просвета костномозгового канала на уровне средней трети предплечья относительно поперечника локтевой кости (а) и лучевой кости (б): * — наличие статистически значимых различий между группами ($p < 0,01$)

По данным корреляционного анализа с использованием критерия Спирмена выявлены статистически значимые прямая корреляционная связь заметной тесноты по шкале Чеддока между активно предъявляемыми жалобами и положением предплечья ($p < 0,01$, $r_{xy} = 0,5$) и обратная корреляционная связь умеренной тесноты по шкале Чеддока между активно предъявляемыми жалобами и баллами, отражающими общее состояние здоровья по опроснику PedsQL ($p = 0,038$, $r_{xy} = -0,4$).

Статистически значимых корреляционных связей между жалобами и стороной поражения, полом, возрастом, функциональными шкалами ADL, Failla, ABILHAND, qDASH и суммарным баллом опросника PedsQL не выявлено.

Выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) прямые корреляционные связи умеренной тесноты ($r_{xy} = 0,4$ и $r_{xy} = 0,5$) по шкале Чеддока между дугообразной деформацией лучевой кости, пронационным положением предплечья и наличием подвывиха головки локтевой кости, а также между длиной лучевой и локтевой костей и дугообразной деформацией лучевой кости (рис. 4). Между пронационной установкой предплечья и возрастом пациента, лучелоктевым индексом не обнаружено статистически значимых корреляционных связей.

Выявлена статистически значимая ($p < 0,001$) прямая корреляционная связь заметной тесноты по шкале Чеддока ($r_{xy} = 0,6$) между тыльным подвывихом головки локтевой кости и выраженностью пронационного положения предплечья (рис. 4).

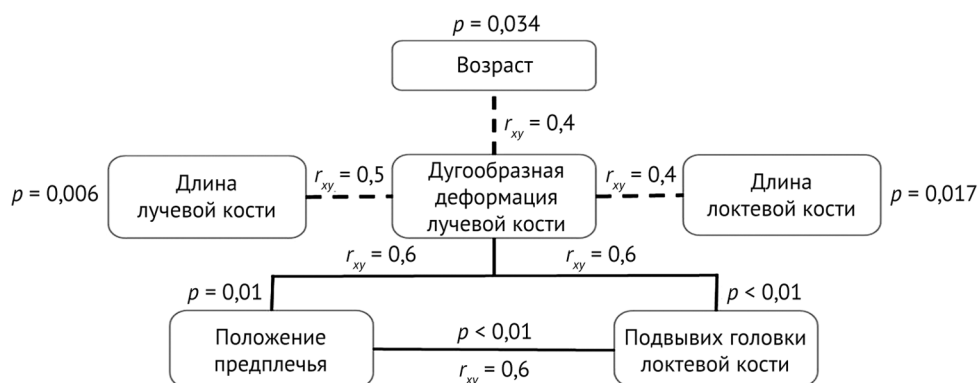


Рис. 4. Результаты корреляционного анализа по Спирмену. Прямые корреляционные связи отмечены сплошными линиями, обратные — пунктирными линиями

С учетом наличия статистически значимой корреляционной связи между активно предъявляемыми жалобами на ограничение активности в течение дня, в соответствии со шкалой повседневной активности, и положением предплечья выполнен ROC анализ для определения минимального порогового значения положения предплечья, более которого повышается вероятность наличия жалоб. С учетом того, что на предыдущем этапе статистической обработки данных не выявлено корреляций между сто-

роной поражения (односторонний или двусторонний ВРУС) и предъявляемыми жалобами на ограничение повседневной активности, для ROC-анализа выбрано предплечье с большей пронационной установкой как более клинически значимое, при одинаковом положении предплечий учитывали пронационную установку лишь одного.

Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза наличия жалоб и выраженностью пронационной установки правого предплечья в градусах, составила $0,955 \pm 0,021$ с 95 % ДИ: 0,915–0,995 (рис. 5). Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$).

Пороговое значение положения предплечья в точке cut-off составило 45° пронации. При положении предплечья, равном или превышающем данное значение, у пациента прогнозировался высокий риск наличия активно предъявляемых жалоб на ограничение повседневной активности. Чувствительность и специфичность метода составили 91 % и 100 % соответственно.

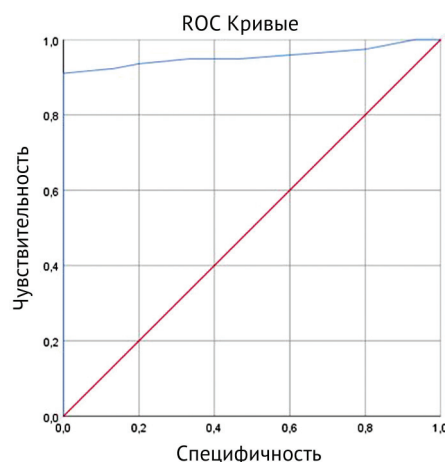


Рис. 5. Результаты ROC-анализа для бинарной классификации ВРУС в зависимости от пронационной установки предплечья в градусах

ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее распространенные в исследовательских работах классификации группы пациентов с ВРУС (табл. 4) основаны исключительно на рентгенологической картине заболевания. При этом сами авторы наиболее популярной классификации [10] отмечали ее ограниченное применение как с позиции оценки функции конечности, так и принятия тактического решения относительно подходов к лечению [14, 15, 16].

Таблица 4

Классификации ВРУС

Авторы, год, источник	Характеристики
Tachdjian M., 1990 [17]	Тип I: «истинный» ВРУС или тип без головки лучевой кости. Отсутствует головка лучевой кости, костное сращение проксимальных отделов лучевой и локтевой костей. Лучевая кость дугообразно искривлена, толщина ее больше толщины локтевой кости. Тип II: с вывихом головки лучевой кости. Неправильно сформированная головка лучевой кости смещена кзади. Костное сращение в проксимальном отделе. Тип III: отсутствует костное сращение, однако имеется выраженный фиброзный тяж, прикрепляющийся к обеим костям, ограничивающий ротационные движения. Самый редкий тип.
Cleary J.E., Omer Jr G.E., 1985 [14]	Тип I: фиброзный синостоз, без костных изменений, но с ограничением движений и укорочением предплечья. Тип II: костный синостоз, головка лучевой кости сформирована, центрирована. Тип III: костный синостоз, головка лучевой кости смещена кзади. Тип IV: костный синостоз, головка лучевой кости смещена кпереди.
Wilkie D., 1914 [18]	Тип I: сращение костномозговых каналов лучевой и локтевой костей, лучевая кость крупнее и длиннее, чем локтевая. Тип II: передний или задний вывих головки лучевой кости, костный синостоз проксимальных отделов диафизов костей предплечья.

Выявленные нами морфологические характеристики демонстрируют изменения на всем протяжении предплечья, а не только на уровне проксимального лучелоктевого сустава.

Уменьшение просвета костномозгового канала на уровне средней трети диафиза, а также дополнительные изменения на уровне дистального лучелоктевого сочленения соотносятся с современными представлениями с учетом этапов эмбриогенеза и классификации пороков развития верхних конечностей по OMT [4, 5].

В проведенном нами исследовании дополнительно обнаружен подвывих головки локтевой кости в 30 % наблюдений. Необходимо отметить, что в подавляющем большинстве случаев подвывих наблюдали при наиболее частом, по данным литературы и данной работы, III типе синостоза по Cleary – Omer [19, 20, 21, 22]. В ходе исследования отмечено, что, чем более пронационное положение занимало предплечье, тем чаще наблюдался тыльный подвывих головки локтевой кости (рис. 4). Мы предполагаем, что возможной причиной данного явления может быть относительно более интенсивный рост локтевой кости и ее относительное «переудлинение». Около 20 % длины предплечья обеспечивается проксимальной зоной роста лучевой кости и дистальной зоной роста локтевой [23, 24]. Вероятно, «выключение» проксимальной зоны роста лучевой кости при ВРУС III типа способствует замедлению темпов роста, что приводит к отставанию роста кости и обуславливает формирование дугообразной деформации лучевой кости [25], а также прогрессирование дисконгруэнтности в дистальном лучелоктевом сочленении с формированием подвывиха.

Возникает закономерный вопрос: является ли несоответствие продольных размеров лучевой и локтевой костей истинным анатомическим или же является проекционным искажением на основании рентгенологического обследования? R.A. Epner et al. [26] и A.K. Palmer et al. [27] в двух независимых исследованиях продемонстрировали, что относительная длина лучевой и локтевой костей зависит от положения предплечья. Пронационное положение визуально увеличивает длину локтевой кости, а супинационное, наоборот, ее уменьшает. J.M. Jung et al. [28] выявили по данным рентгенографии 120 здоровых добровольцев, что длина локтевой кости максимальна в положении пронации и минимальна в положении супинации.

Решением данной проблемы интерпретации полученных результатов работы может стать стандартизация проекций исследования или выполнение компьютерной томографии предплечья у пациентов с ВРУС. G. L. Yeh et al. [29] рекомендуют стандартизировать измерения лучелоктевого индекса при нейтральном положении предплечья. Однако достичь этого положения у пациентов с радиоульнарным синостозом анатомически невозможно. Несмотря на выявленную статистически значимую связь между вариантом длины локтевой кости, авторы отмечают, что клинически эти данные могут быть незначимыми [29]. Наличие деформации лучевой кости в большинстве случаев не позволяет восстановить ротационные движения даже при разделении зоны синостоза и внедрении трансплантатов [30, 31, 32].

Отсутствие статистически значимых различий соотношений длины костей предплечья (локтевой относительно лучевой) свидетельствует о пропорциональном укорочении обеих костей пораженного предплечья. Данная диспропорция может косвенно свидетельствовать о частичном сохранении функции проксимальной зоны роста лучевой кости, обеспечивающей 20–25 % длины предплечья, по данным литературы [23, 24].

Отсутствие статистически значимых корреляционных связей между выраженностью пронационного положения предплечья и возрастом пациента может свидетельствовать о том, что изменения являются статичными и не прогрессируют с течением времени.

Патологические изменения при ВРУС у детей вовлекают структуры предплечья на всем протяжении, а не ограничиваются изменениями только на уровне проксимального лучелоктевого сустава.

Возможные недостатки исследования. Небольшой размер выборки пациентов, активно не предъявляющих жалобы на ограничение повседневной активности, у которых ВРУС стал случайной находкой. При положении предплечья, близком к среднефизиологическому, пациенты могут не обращаться к врачу или же оставаться под амбулаторным наблюдением по месту жительства. Данная особенность может влиять на репрезентативность выборки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы предлагаем учитывать зависимость активно предъявляемых жалоб пациента от положения предплечья в классификации ВРУС, а также при определении показаний к хирургическому лечению пациентов детского возраста с данной патологией, выделяя функциональный (< 45° пронации) и дисфункциональный (≥ 45° пронации) варианты.

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

Источник финансирования. Исследование выполнено без внешнего финансирования.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и проводилось в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинской декларации.

Информированное согласие. Все пациенты подписали форму добровольного информированного согласия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Miura T, Nakamura R, Suzuki M, Kanie J. Congenital radio-ulnar synostosis. *J Hand Surg Br.* 1984;9(2):153-155.
2. Li YY, Olisova K, Chen YN, Chang CH, Chang TY. Congenital radioulnar synostosis: is prenatal diagnosis possible? - A case report. *Taiwan J Obstet Gynecol.* 2023;62(2):334-335. doi: 10.1016/j.tjog.2022.09.011
3. Rutkowski PT, Samora JB. Congenital Radioulnar Synostosis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2021;29(13):563-570. doi: 10.5435/JAAOS-D-20-01133
4. Tonkin MA, Oberg KC. The OMT Classification of Congenital Anomalies of the Hand and Upper Limb. *Hand Surg.* 2015;20(3):336-342. doi: 10.1142/S0218810415400055
5. Goldfarb CA, Ezaki M, Wall LB, et al. The Oberg-Manske-Tonkin (OMT) Classification of Congenital Upper Extremities: Update for 2020. *J Hand Surg Am.* 2020;45(6):542-547. doi: 10.1016/j.jhsa.2020.01.002
6. Yang Y, Zhu G, Chen F, Zhu Y. Congenital middle radioulnar synostosis: Report of a probable subtype. *J Orthop Sci.* 2023;28(5):1189-1192. doi: 10.1016/j.jos.2020.12.032
7. Shoham Y, Gurfinkel R, Sagi A. Idiopathic distal radioulnar synostosis. *J Plast Surg Hand Surg.* 2014;48(1):89-90. doi: 10.3109/2000656X.2012.754626
8. Mahajan NP, Kumar G, Yadav AK, Mane AV, Gop A. Idiopathic Proximal Radioulnar Synostosis - A Rare Case Report and Review of Literature. *J Orthop Case Rep.* 2020;10(7):49-52. doi: 10.13107/jocr.2020.v10.i07.1914
9. Barik S, Farr S, Gallone G, et al. Results after treatment of congenital radioulnar synostosis: a systematic review and pooled data analysis. *J Pediatr Orthop B.* 2021;30(6):593-600. doi: 10.1097/BPB.0000000000000841

10. Федорова Ю.А., Виссарионов С.В., Проценко Я.Н. и др. Хирургическая коррекция по-ложения предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: систематический обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(3):83-96. doi: 10.17816/2311-2905-1764
11. Hafner R, Poznanski AK, Donovan JM. Ulnar variance in children--standard measurements for evaluation of ulnar shortening in juvenile rheumatoid arthritis, hereditary multiple exostosis and other bone or joint disorders in childhood. *Skeletal Radiol*. 1989;18(7):513-516. doi: 10.1007/BF00351750
12. Liu L, Liu C, Rong YB, et al. Radial Pronation Angle: A Novel Radiological Evaluation Index of Congenital Proximal Radioulnar Synostosis. *Ann Plast Surg*. 2020;84(5S Suppl 3):S196-S201. doi: 10.1097/SAP.0000000000002368
13. Shingade VU, Shingade RV, Ughade SN. Results of single-staged rotational osteotomy in a child with congenital proximal radioulnar synostosis: subjective and objective evaluation. *J Pediatr Orthop*. 2014;34(1):63-69. doi: 10.1097/BPO.0b013e3182a00890
14. Cleary JE, Omer GE Jr. Congenital proximal radio-ulnar synostosis. Natural history and functional assessment. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(4):539-545.
15. Li J, Chen K, Wang J, et al. An anatomical classification of congenital proximal radioulnar synostosis based on retrospective MRI measurement combined with radiography. *Sci Rep*. 2022;12(1):6585. doi: 10.1038/s41598-022-09411-6
16. Tan W, Yuan Z, Lin Y, et al. Rotational osteotomy with single incision and elastic fixation for congenital radioulnar synostosis in children: a retrospective cohort study. *Transl Pediatr*. 2022;11(5):687-695. doi: 10.21037/tp-22-111
17. Tachdjian M. Congenital radioulnar synostosis. In: Tachdjian M. *Pediatric Orthopaedics*. Philadelphia: Saunders Publ.; 1990:180.
18. Wilkie D. Congenital radio-ulnar synostosis. *Br J Surg*. 1913;1(3):366-375. doi: 10.1002/bjs.1800010305
19. Bo H, Xu J, Lin J, et al. Outcomes of two-stage double-level rotational osteotomy in treating patients with congenital proximal radioulnar synostosis. *World J Pediatr Surg*. 2023;6(2):e000578. doi: 10.1136/wjps-2023-000578
20. Hamiti Y, Yushan M, Yalikun A, et al. Derotational Osteotomy and Plate Fixation of the Radius and Ulna for the Treatment of Congenital Proximal Radioulnar Synostosis. *Front Surg*. 2022;9:888916. doi: 10.3389/fsurg.2022.888916
21. Martínez-Álvarez S, González-Codó S, Vara-Patudo I, et al. Double-level Intraoperative Derotational Osteotomy for Congenital Radioulnar Synostosis. *J Pediatr Orthop*. 2022;42(7):e756-e761. doi: 10.1097/BPO.0000000000002191
22. Nema SK, Ramasubramani P, Pasupathy P, Austine J. Corrective derotation osteotomies to treat congenital radioulnar synostosis in children: results of a systematic review and meta-analysis. *Indian J Orthop*. 2022;56(5):717-740. doi: 10.1007/s43465-021-00582-4
23. Blount WP. Fractures in children. *Postgrad Med*. 1954;16(3):209-216. doi: 10.1080/00325481.1954.11711663
24. Edmond T, Laps A, Case AL, et al. Normal Ranges of Upper Extremity Length, Circumference, and Rate of Growth in the Pediatric Population. *Hand (N Y)*. 2020;15(5):713-721. doi: 10.1177/1558944718824706
25. Прокопович Е.В., Конев М.А., Афоничев К.А. и др. Врожденный радиоульнарный синостоз: варианты проявления и оперативное лечение. *Травматология, ортопедия и восстановительная хирургия детского возраста*. 2016;4(3):16-25. doi: 10.17816/PTORS4316-25
26. Epner RA, Bowers WH, Guilford WB. Ulnar variance--the effect of wrist positioning and roentgen filming technique. *J Hand Surg Am*. 1982;7(3):298-305. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80183-4
27. Palmer AK, Glisson RR, Werner FW. Ulnar variance determination. *J Hand Surg Am*. 1982;7(4):376-379. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80147-0
28. Jung JM, Baek GH, Kim JH, et al. Changes in ulnar variance in relation to forearm rotation and grip. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(7):1029-1033. doi: 10.1302/0301-620x.83b7.11062
29. Yeh GL, Beredjikian PK, Katz MA, et al. Effects of forearm rotation on the clinical evaluation of ulnar variance. *J Hand Surg Am*. 2001;26(6):1042-6. doi: 10.1053/jhsu.2001.26657
30. Sakamoto S, Doi K, Hattori Y, et al. Modified osteotomy (Kanaya's procedure) for congenital proximal radioulnar synostosis with posterior dislocation of radial head. *J Hand Surg Eur Vol*. 2014;39(5):541-548. doi: 10.1177/1753193413493386
31. Kanaya F, Kinjo M, Nakasone M, et al. Preoperative radius head dislocation affects forearm rotation after mobilization of congenital radioulnar synostosis. *J Orthop Sci*. 2023;28(6):1285-1290. doi: 10.1016/j.jos.2022.10.008
32. Bai F, Chen S, Liu L, et al. Treatment of Congenital Radioulnar Synostosis Using a Free Vascularized Fascia Lata Graft. *Orthop Surg*. 2022;14(6):1229-1234. doi: 10.1111/os.13226

Статья поступила 04.12.2023; одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 04.03.2024.

The article was submitted 04.12.2023; approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 04.03.2024.

Информация об авторах:

Юлия Андреевна Федорова — аспирант, <https://orcid.org/0000-0003-3842-2113>;

Сергей Валентинович Виссарионов — доктор медицинских наук, профессор, чл.-корр. РАН, директор, <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;

Ярослав Николаевич Проценко — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой, <https://orcid.org/0000-0002-3328-2070>;

Вячеслав Иванович Зорин — кандидат медицинских наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-9712-5509>.

Information about the authors:

Yulia A. Fedorova — graduate student, <https://orcid.org/0000-0003-3842-2113>;

Sergey V. Vissarionov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member. RAS, Director, <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;

Yaroslav N. Proshchenko — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department, <https://orcid.org/0000-0002-3328-2070>;

Vyacheslav I. Zorin — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-9712-5509>.

Научная статья

УДК 616.717.9-77-089.843

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-191-199>

Оценка отдаленных результатов эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти

П.В. Федотов✉, Д.В. Ковалев, С.Н. Рыбаков

Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Чебоксары, Россия

Автор, ответственный за переписку: Павел Владимирович Федотов, fedotovp1990@mail.ru

Аннотация

Введение. Одной из стратегий лечения деформирующего остеоартроза и травматических повреждений суставов фаланг кисти является эндопротезирование суставов, способствующее восстановлению двигательных функций кисти. В настоящее время разработаны различные типы имплантов, отличающиеся по форме, биомеханике и составу материала.

Цель работы — оценить отдаленные результаты эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти различными типами имплантов и выявить их преимущества.

Материалы и методы. Ретроспективно проанализировано 78 случаев эндопротезирования проксимального межфалангового сустава у 64 пациентов. Исходы оценивали через 6 мес. после операции и на этапе катамнеза на основании измерения объема движений в суставе до и после операции, с учетом болевого синдрома, данных рентгенологического исследования и результатов анкетирования пациентов с помощью тест-опросника инвалидизации руки, плеча и кисти DASH.

Результаты. Объем движений в протезированном суставе на различных сроках наблюдения статистически значимо увеличился при использовании всех видов эндопротезов. Болевой синдром уменьшился. Рентгенологически выявлено 10 случаев асептической нестабильности эндопротеза в группе связанных эндопротезов. Оценка DASH показала высокую субъективную удовлетворенность лечением.

Обсуждение. Мы не нашли научных работ, описывающих результаты клинического применения импланта SBI D.G.T. PIP joint implant. В ретроспективном исследовании результатов эндопротезирования устройством RM Finger (Mathys) авторы отмечают, что эндопротезирование проксимального межфалангового сустава восстанавливает стабильность сустава с улучшением диапазона движений, снижением болевого синдрома, хотя имеет высокий уровень осложнений. Мы не выявили ни одного случая осложнений при использовании данной модели эндопротеза. Другие авторы не рекомендуют использовать для эндопротезирования проксимального межфалангового сустава имплантат RM Finger (Mathys). По данным ряда авторов, отдаленные результаты эндопротезирования мелких суставов кисти эндопротезами фирмы MOJE kermik-implantate удовлетворяли 82 % пациентов. В нашем исследовании наилучшие результаты также были получены при использовании керамических имплантов.

Заключение. Оценка отдаленных результатов эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти различными типами имплантов показала увеличение мобильности верхней конечности, уменьшение болевого синдрома на фоне субъективного улучшения его функционального состояния. Эффективность операции статистически подтверждена при использовании всех типов имплантов, однако по всем параметрам достоверность изменений более выражена при применении несвязанных имплантов.

Ключевые слова: проксимальный межфаланговый сустав, эндопротезирование суставов кисти, Моје керамика, артропластика проксимального межфалангового сустава

Для цитирования: Федотов П.В., Ковалев Д.В., Рыбаков С.Н. Оценка отдаленных результатов эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):191-199. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-191-199. EDN: NZXUGJ.



The long-term results of proximal interphalangeal joint arthroplasty of the hand

P.V. Fedotov✉, D.V. Kovalev, S.N. Rybakov

Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

Corresponding author: Pavel V. Fedotov, fedotovp1990@mail.ru

Abstract

Introduction Small joints replacement is a valid treatment for deforming osteoarthritis and traumatic injuries to the phalangeal joints of the hand to restore motor hand functions. Various types of implants differing in shape, biomechanics and material composition have been developed.

The purpose of the study was to evaluate long-term results of the proximal interphalangeal joint arthroplasty of the hand using various implants and identify their advantages.

Material and methods We retrospectively reviewed 78 cases of proximal interphalangeal joint replacement in 64 patients. Outcomes were assessed at 6 months and at follow-up stages with preoperative and postoperative measurements of the range of motion in the joint evaluating pain, radiographs and outcomes measures using the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire.

Results The range of motion in the prosthetic joint increased significantly at different follow-up periods with all types of implants. The pain syndrome decreased. Radiographs revealed 10 cases of aseptic instability in the group of constrained prostheses. The DASH assessment showed high subjective satisfaction with the treatment.

Discussion We could not find papers reporting PIP joint arthroplasty using SBI D.G.T. implant system. A retrospective study of RM Finger arthroplasty of the PIP joint indicated restored joint stability with AROM improvement and with low pain, although it had a high rate of complications. We recorded no complications with this implant model. Some authors would not recommend the RM Finger implant (Mathys) for PIP joint replacement. Arthroplasty of small joints of the hand with MOJE kermik-implantate showed satisfactory outcomes for 82 % of patients at a long term

Conclusion Arthroplasty of the PIP joint of the hand using various implant designs resulted in greater mobility of the upper limbs, a lower pain due to subjective improvement in the functionality at a long term. Although the procedures were effective with all implant designs the reliability of changes in the parameters was more evident with nonconstrained implants.

Keywords: proximal interphalangeal joint, joint replacement of the hand, Moje ceramics, proximal interphalangeal joint arthroplasty

For citation: Fedotov PV, Kovalev DV, Rybakov SN. The long-term results of proximal interphalangeal joint arthroplasty of the hand. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):191-199. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-191-199

ВВЕДЕНИЕ

С помощью мелкой моторики рук человек познает мир и взаимодействует с ним. Кисть — главный инструмент в любой работе, и снижение ее функциональности зачастую приводит к уменьшению трудоспособности и ограничению возможностей человека. На современном этапе развития технологий функция кисти должна быть восстановлена максимально, так как для управления сложными механизмами требуются точные, строго дозированные движения [1]. Кисть — сложная структура с множеством взаимосвязанных суставов, позволяющих выполнять универсальные и очень ловкие движения. Функция кисти является важным аспектом повседневной работы. Ряд действий, таких как письмо, манипулирование предметами, захват, открывание и закрывание банок и поворот ключа, требует оптимальной стабильности и подвижности в различных суставах верхней конечности [2].

Амплитуда сгибания в проксимальном межфаланговом суставе в норме составляет от 0 до 130°. По данным исследований, при отсутствии особых, связанных с профессией, требований к амплитуде движений в данном суставе в повседневной жизни ее диапазон составляет от 16 до 93° — это лежащая в основе стратификации результатов лечения артроза функциональная амплитуда [3].

Целью лечения деформирующего остеоартроза и травматических повреждений суставов фаланг кисти является максимально возможное восстановление активных движений в пределах функциональной амплитуды. Отсутствие единого консенсуса в отношении оптимального подхода и вариантов хирургического лечения патологии проксимального межфалангового сустава кисти является проблемой для хирургов [4–6].

Для большинства пациентов наиболее важно сохранить или увеличить подвижность в суставе и силу захвата кисти, что является несомненным преимуществом эндопротезирования перед артродезом [7]. Решение о протезировании или артродезе должно приниматься совместно с пациентом с учетом желаемых целей пациента и в свете повышенного риска возможных осложнений, связанных с эндопротезированием [8–11].

С развитием технологии эндопротезирования разработаны различные типы имплантов, отличающиеся по форме, биомеханике и составу материала [12–15].

Цель работы — оценить отдаленные результаты эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти различными типами имплантов и выявить их преимущества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективное сплошное исследование выполнено в условиях Федерального центра травматологии, ортопедии и эндопротезирования г. Чебоксары (далее — Центр). Исследование проведено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (World Medical Association Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013), «Правилами клинической практики в Российской Федерации» (Приказ Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266) и одобрено локальным этическим комитетом Центра (протокол от 20.06.2023 № 7).

С 2009 по 2022 гг. в Центре проведено 80 операций эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти (табл. 1).

Таблица 1

Объемы эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти с учетом типа импланта, 2009–2022 гг.

Годы	Модификация импланта			Всего
	SBI D.G.T. PIP joint implant	RM Finger (Mathys)	Moje ACAMO PIP	
2009	2			2
2010	6			6
2011	12			12
2012	8			8
2013	7			7
2014	14	3		17
2015	1	2		3
2016		2		2
2017		3	5	8
2018			2	2
2019			4	4
2020			3	3
2021			4	4
2022			2	2
Итого	50	10	20	80

Применение разных модификаций эндопротезов в различные периоды работы было связано с изменением их ассортимента на медицинском рынке.

Всего прооперировано 66 пациентов, доля женщин составила 47 % ($n = 31$), мужчин — 53 % ($n = 35$). Средний возраст пациентов составил 47,1 года (ДИ = 95 %; СО = 12,7; 25–83).

Критерии отбора: идиопатические и посттравматические артрозы; посттравматические дефекты суставов пальцев кисти; дегенеративные и постинфекционные артрозы; костный анкилоз; начальные стадии ревматоидного артрита и псориаза.

Все эндопротезы имплантированы через тыльный срединный чрессухожильный операционный доступ. Движения сгибания и разгибания с активной и пассивной амплитудой выполняли через 2–3 нед. после операции.

Больше половины случаев эндопротезирования проксимального межфалангового сустава выполнено на правой кисти и на III пальце кисти (табл. 2).

Для эндопротезирования использовали следующие типы имплантов:

- связанные эндопротезы, боковая стабильность которых обеспечивается за счет конструкции импланта — SBI D.G.T. PIP joint implant (рис. 1) и RM Finger (Mathys) (рис. 2); установлено 50 и 10 эндопротезов соответственно;
- эндопротез Moje ACAMO PIP — несвязанный эндопротез, изготовленный из циркониевой керамики (рис. 3); всего установлено 20 имплантов.

Таблица 2

Локализация имплантированных
эндопротезов суставов кисти

Кисть	Палец				
	I	II	III	IV	V
Правая	—	12	25	10	—
Левая	—	6	9	16	2
Итого	—	18	34	26	2



Рис. 1. Связанный эндопротез SBI D.G.T. PIP joint implant



Рис. 2. Связанный эндопротез RM Finger (Mathys)

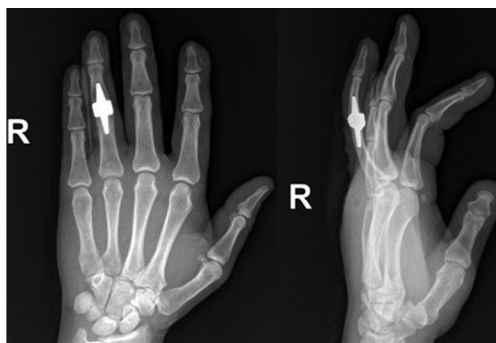
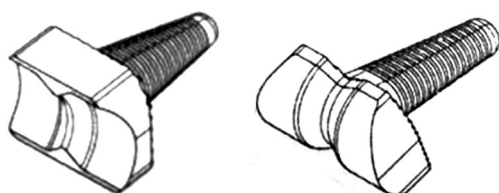


Рис. 3. Несвязанный эндопротез Moje ACAMO PIP

Оценку ранних (до 6 мес. после операции) и отдаленных результатов (на этапе катамнеза, через 1 год и более после операции) проводили как по объективным критериям (измерение объема движений угломером до и после операции, оценка болевого синдрома по шкале ВАШ и рентгенологическое исследование), так и по субъективным критериям результатов анкетирования пациентов с помощью тест-опросника DASH, оценивающего степень инвалидизации руки, плеча и кисти от 0 — отсутствие неспособностей (хорошая функциональность) до 100 баллов — чрезмерная неспособность.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета анализа программы Microsoft Excel 2007. Соответствие значений выборки нормальному распределению в MS Excel подтверждали графическим методом, что позволило отражать результаты в виде средней арифметической (M) и стандартной ошибки (m), а при отсутствии нормальности — минимум, максимум, медиану, моду. Для оценки статистической значимости различий частот в группах использовали точный тест Фишера, его рассчитывали с помощью программы Graf Pad. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведен ретроспективный анализ отдаленных результатов 78 случаев эндопротезирования проксимального межфалангового сустава связанными и несвязанными эндопротезами у 64 пациентов. Два пациента (два случая эндопротезирования) из группы SBI D.G.T. PIP joint implant были недоступны на этапе катамнеза в связи с изменением контактных данных.

Сроки наблюдения при использовании модели SBI D.G.T. PIP joint implant составили 8–14 лет, RM Finger (Mathys) — 6–9 лет, Moje ACAMO PIP — от 6 мес. до 6 лет.

Оценка объема движений в протезированном суставе на различных сроках наблюдения показала статистически значимое увеличение показателя по всем трем видам эндопротезов ($0,00001 \leq p \leq 0,04475$) (табл. 3).

Таблица 3

Оценка объема движений в суставе на этапах лечения, °

Вид эндопротеза	Объем движений в градусах на этапах лечения			
		до операции	через 6 мес. после операции	на этапе катамнеза
SBI D.G.T. PIP joint implant	$M \pm m$	$9,6 \pm 14,0$	$16,3 \pm 18,7$	$17,2 \pm 19,9$
	p	—	0,04475*	0,02944*
RM Finger (Mathys)	$M \pm m$	$16,5 \pm 14,2$	$44,0 \pm 30,3$	$46,5 \pm 31,5$
	p	—	0,02214*	0,01651*
Moje ACAMO PIP	$M \pm m$	$7,8 \pm 9,2$	$42,8 \pm 26,6$	$48,0 \pm 30,0$
	p	—	0,00001*	0,00001*

* в сравнении с дооперационным показателем

Следует отметить, что данные увеличения диапазона движений по сравнению с предоперационными показателями не столь оптимистичны. Диапазон движений после операции либо оставался на прежнем уровне, либо увеличивался, однако максимально возможной амплитуды движений на этапе катамнеза достигнуть не удавалось. В нашем исследовании несвязанный керамический эндопротез Moje ACAMO PIP восстанавливал наилучший объем движений в суставе (в среднем до 48°).

Все пациенты после операции отмечали снижение болевого синдрома (табл. 4).

Таблица 4

Оценка болевого синдрома по шкале ВАШ, баллы

Вид эндопротеза	Выраженность болевого синдрома в баллах по шкале ВАШ		
		до операции	на этапе катамнеза
SBI D.G.T. PIP joint implant	$M \pm m$	$6,0 \pm 1,9$	$0,4 \pm 0,6$
	p	—	0,00000*
RM Finger (Mathys)	$M \pm m$	$6,5 \pm 2,2$	$0,4 \pm 0,5$
	p	—	0,00001*
Moje ACAMO PIP	$M \pm m$	$4,9 \pm 1,9$	$0,6 \pm 0,8$
	p	—	0,00000*

* в сравнении с дооперационным показателем

Рентгенологическая оценка результатов эндопротезирования показала следующее. Несмотря на то, что керамический эндопротез Moje ACAMO PIP является несвязанной конструкцией, признаков боковой нестабильности не выявлено (рис. 4).



Рис. 4. Пациент В., 32 г., диагноз: костный анкилоз проксимального межфалангового сустава на фоне перенесенного артрита. Установлен эндопротез Моје АСАМО PIP: а — рентгенограммы до операции; б — рентгенограмма через 3 г. после операции; в — внешний вид суставов кисти через 3 г. после операции

По результатам рентгенологического исследования выявлено 10 случаев асептической нестабильности эндопротеза (все — в группе SBI D.G.T. PIP joint implant), в том числе до 3 лет — 5 случаев нестабильности эндопротеза, среди них 2 случая вследствие травмы (перипротезный перелом) (рис. 5).

За время наблюдения во всех трех группах инфекционных осложнений не отмечено.

На отдаленных сроках наблюдения после операции 64 пациента ответили на вопросы анкеты по опроснику DASH (табл. 5). Два пациента из группы SBI D.G.T. PIP joint implant были недоступны в связи с изменением контактных данных. Наилучшие результаты — в среднем 14,2 балла — представлены у пациентов, которым имплантированы несвязанные керамические эндопротезы Моје АСАМО PIP. Максимальный достигнутый объем движений (в среднем 48°) на этапе катамнеза также наблюдали у пациентов, которым установлены несвязанные эндопротезы.

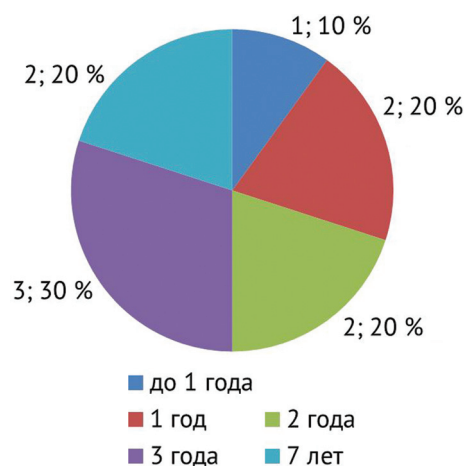


Рис. 5. Распределение случаев асептической нестабильности эндопротезов SBI D.G.T. PIP joint implant на различных сроках наблюдения

Таблица 5

Оценка результатов эндопротезирования по шкале DASH (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand)

Вид эндопротеза	Результаты эндопротезирования по шкале DASH, баллы		
		до операции	на этапе катамнеза
SBI D.G.T. PIP joint implant	$M \pm m$	$29,7 \pm 1,3$	$19,5 \pm 3,7$
	p	—	0,00000*
RM Finger (Mathys)	$M \pm m$	$29,6 \pm 1,7$	$17,4 \pm 6,2$
	p	—	0,00015*
Moje ACAMO PIP	$M \pm m$	$30,3 \pm 1,3$	$14,2 \pm 5,0$
	p	—	0,00000*

* в сравнении с дооперационным показателем

В целом при использовании всех типов имплантов эффективность операции статистически достоверно подтверждена ($p < 0,05$). Однако по всем трем параметрам в группе с применением имплантов Moje ACAMO PIP достоверность изменений каждого из них (значение p) более выражена, чем при использовании других моделей имплантов, что подтверждено большим объемом движений и субъективными критериями по опроснику DASH.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для достижения полного функционального диапазона движений необходимо восстановить правильную биомеханику сустава. Имплантат должен восстановить центр вращения сустава при сохранении анатомических расстояний между мышцами и сухожилиями пальца [16-18]. Понимание анатомии, биомеханики, физиологии кисти и её составных частей — ключ к успеху в комплексном восстановлении её функции и улучшении качества жизни в целом [3, 19, 20].

Эндопротезирование проксимального межфалангового сустава остается нерешенной биомеханической проблемой, несмотря на достижения в области материалов и новых конструкций имплантатов [21, 22]. Целями этой операции являются уменьшение болевого синдрома, увеличение объема движений, восстановление биологической оси пальцев кисти и улучшение их функции [23, 24].

Для эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти используют различные хирургические доступы в зависимости от потребностей и опыта хирурга [25, 26]. В нашей практике мы используем исключительно тыльный доступ. Однако данных о статистических различиях в послеоперационном диапазоне движений, частоте осложнений или количестве ревизионных операций при ладонных и тыльных доступах для артропластики проксимального межфалангового сустава мы в литературе не обнаружили [27, 28]. Все операции мы выполняли под жгутом и под проводниковой анестезией, однако в последнее время публикуется множество работ о преимуществе местной анестезии при данных операциях, в том числе без использования турникета, что, безусловно, активно изучается нами и, возможно, будет применено в дальнейшем [29–32].

Мы не нашли научных работ, описывающих результаты клинического применения импланта SBI D.G.T. PIP joint implant. Поиск проводили на электронных платформах GoogleScholar, PubMed, eLIBRARY, PubMedCentral на русском и английском языках по ключевым словам «эндопротезирование проксимального межфалангового сустава», «артродез проксимального межфалангового сустава», «остеоартрит проксимального межфалангового сустава», о SBI D.G.T. PIP joint implant информации найти не удалось. В нашем исследовании пациенты отмечали улучшение состояния: от $29,7 \pm 1,3$ балла по шкале DASH до операции до $19,5 \pm 3,7$ балла — после операции. Однако по результатам рентгенологического исследования выявлено 10 случаев асептической нестабильности эндопротеза из 50 установленных, т.е. доля неблагоприятных исходов составила 20 %.

J.P. Rijnja et al. в ретроспективном исследовании результатов эндопротезирования RM Finger (Mathys) сделали вывод, что эндопротезирование проксимального межфалангового сустава восстанавливает стабильность сустава с улучшением диапазона движений и снижением болевого синдрома, хотя имеет высокий уровень осложнений [33]. Наше исследование не выявило ни одного случая осложнений при использовании данной модели эндопротеза.

В другом исследовании A. Middleton et al. не рекомендуют использовать при эндопротезировании проксимального межфалангового сустава имплантат RM Finger (Mathys), особенно при ревматоидном артрите [34].

М.И. Мурадов с соавт. показали, что отдаленные результаты эндопротезирования мелких суставов кисти эндопротезами фирмы MOJE kermik-implantate удовлетворяли 82 % пациентов, благодаря увеличению амплитуды движений в протезированном суставе с 16° (до операции) до 59° (через 6 мес. после операции) и 73° (через 1 г. после операции) [35]. В нашем исследовании наилучшие результаты также получены при использовании керамических имплантов. Объем движений в суставе при осмотре на этапе катмнеза восстановился до $48,0 \pm 30,0^\circ$.

К преимуществам исследования можно отнести его сравнительный характер с оценкой последствий эндопротезирования в зависимости от типа использованного импланта. Ограничением данного исследования можно считать малую численность наблюдений, что требует дальнейшего изучения проблемы с возможностью применения полученных результатов в клинической практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка отдаленных результатов эндопротезирования проксимального межфалангового сустава кисти различными типами имплантов показала увеличение мобильности верхней конечности, уменьшение болевого синдрома и улучшение внешнего вида сегмента на фоне субъективного улучшения его функ-

ционального состояния. Несвязанные импланты анатомически повторяют суставные поверхности суставов пальцев, обеспечивают выполнение нагрузки за счет собственного связочного аппарата пальца. Несвязанные керамические эндопротезы, обладая оптимальной биосовместимостью с костью, позволяют сохранить или увеличить амплитуду движений в межфаланговом суставе. При их применении нами не выявлено ни одного случая нестабильности сустава. При использовании всех типов имплантов эффективность операции статистически достоверно подтверждена ($p < 0,05$), однако по всем параметрам при применении несвязанных имплантов Моје АСАМО PIP достоверность изменений (p) более выражена, чем при использовании связанных типов эндопротезов.

Конфликт интересов отсутствует.

Источник финансирования. Исследование выполнено без привлечения финансовых средств.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом учреждения (протокол от 20.06.2023 № 7).

Информированное согласие не требуется.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Николаенко А.Н. Бионический подход к эндопротезированию суставов кисти: автореф. дис... д-ра мед. наук. Самара; 2019:46. Доступно по: <https://www.samsmu.ru/files/referats/2019/nikolaenko/avtoreferat.PDF>. Ссылка активна на 06.09.2023.
2. Kapandji A.I. *Functional anatomy: Volume 1: Upper limb*. (6th ed.). Paris: Maloine; 2005:198-341.
3. Pang EQ, Yao J. Anatomy and Biomechanics of the Finger Proximal Interphalangeal Joint. *Hand Clin*. 2018;34(2):121-126. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.002
4. Hidajat NN, Arsa W, Chaidir MR, et al. Soft tissue interpositional arthroplasty as a treatment of proximal interphalangeal joint arthritis in resource-limited health care facility: A case report. *Int J Surg Case Rep*. 2022;99:107700. doi: 10.1016/j.ijscr.2022.107700
5. Milone MT, Klifto CS, Hacquebord JH. Prosthetic Arthroplasty of Proximal Interphalangeal Joints for Treatment of Osteoarthritis and Posttraumatic Arthritis: Systematic Review and Meta-Analysis Comparing the Three Ulnar Digits With the Index Finger. *Hand (N Y)*. 2019;14(5):658-663. doi: 10.1177/1558944718791186
6. Griffart A, Agneray H, Loubersac T, et al. Arthroplasty of the proximal interphalangeal joint with the Tactys® modular prosthesis: Results in case of index finger and clinodactyly. *Hand Surg Rehabil*. 2019;38(3):179-185. doi: 10.1016/j.hansur.2019.03.001
7. Harris CA, Shauver MJ, Yuan F, et al. Understanding Patient Preferences in Proximal Interphalangeal Joint Surgery for Osteoarthritis: A Conjoint Analysis. *J Hand Surg Am*. 2018;43(7):615-624.e4. doi: 10.1016/j.jhsa.2018.03.001
8. Vitale MA, Fruth KM, Rizzo M, et al. Prosthetic Arthroplasty Versus Arthrodesis for Osteoarthritis and Posttraumatic Arthritis of the Index Finger Proximal Interphalangeal Joint. *J Hand Surg Am*. 2015;40(10):1937-48. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.05.021
9. Helder O, Marks M, Schweizer A, et al. Complications after surface replacing and silicone PIP arthroplasty: an analysis of 703 implants. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021;141(1):173-181. doi: 10.1007/s00402-020-03663-5
10. Aversano FJ, Calfee RP. Salvaging a Failed Proximal Interphalangeal Joint Implant. *Hand Clin*. 2018;34(2):217-227. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.011
11. Regas I, Pluvy I, Leroy M, et al. Arthroplasty for destroyed proximal interphalangeal joint in hand trauma surgery: Silicone hinged NeuFlex® or gliding Tactys®? *Hand Surg Rehabil*. 2022;41(6):681-687. doi: 10.1016/j.hansur.2022.09.006
12. Wilder FV, Barrett JP, Farina EJ. Joint-specific prevalence of osteoarthritis of the hand. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006;14(9):953-7. doi: 10.1016/j.joca.2006.04.013
13. Yamamoto M, Malay S, Fujihara Y, et al. A Systematic Review of Different Implants and Approaches for Proximal Interphalangeal Joint Arthroplasty. *Plast Reconstr Surg*. 2017;139(5):1139e-1151e. doi: 10.1097/PRS.0000000000003260
14. Yamamoto M, Chung KC. Implant Arthroplasty: Selection of Exposure and Implant. *Hand Clin*. 2018;34(2):195-205. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.009
15. Kulkarni K, Sheikh N, Aujla R, et al. Outcomes of Unconstrained Proximal Interphalangeal Joint Arthroplasty: A Systematic Review. *J Hand Surg Asian Pac Vol*. 2022;27(2):300-312. doi: 10.1142/S2424835522500266
16. Jonsson H. Age related prevalence of hand osteoarthritis diagnosed by photography (HOAScore). *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):508. doi: 10.1186/s12891-017-1870-0
17. Hong SW, Yoon J, Kim YJ, Gong HS. Novel implant design of the proximal interphalangeal joint using an optimized rolling contact joint mechanism. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):212. doi: 10.1186/s13018-019-1234-6
18. Hunag YC, Chang CM, Huang SF, et al. Development and Biomechanical Evaluation of an Anatomical 3D Printing Modularized Proximal Inter-Phalangeal Joint Implant Based on the Computed Tomography Image Reconstructions. *Int J Bioprint*. 2022;8(3):579. doi: 10.18063/ijb.v8i3.579
19. Hourston G, Begum R, Sarker S, Chojnowski A. Outcomes of Multiple Digit Proximal Interphalangeal Joint Swanson Arthroplasty Done at a Single Operation. *J Hand Surg Asian Pac Vol*. 2022;27(2):280-284. doi: 10.1142/S2424835522500345
20. Uchiyama S, Cooney WP 3rd, Linscheid RL, et al. Kinematics of the proximal interphalangeal joint of the finger after surface replacement. *J Hand Surg Am*. 2000;25(2):305-12. doi: 10.1067/jhsu.2000.jhsu25a0305
21. Zhu AF, Rahgozar P, Chung KC. Advances in Proximal Interphalangeal Joint Arthroplasty: Biomechanics and Biomaterials. *Hand Clin*. 2018;34(2):185-194. doi: 10.1016/j.hcl.2017.12.008
22. Matter-Parrat V. Proximal interphalangeal joint prosthetic arthroplasty. *Hand Surg Rehabil*. 2023;42(3):184-193. doi: 10.1016/j.hansur.2023.02.001
23. Louvion E, Santos C, Samuel D. Rehabilitation after proximal interphalangeal joint replacement: A structured review of the literature. *Hand Surg Rehabil*. 2022;41(1):14-21. doi: 10.1016/j.hansur.2021.09.007

24. Sharma S, Ong J, Putti A. Proximal Interphalangeal Joint Arthroplasty Using the Wide-Awake Local Anesthesia No Tourniquet Technique. *Hand (N Y)*. 2023;18(4):612-615. doi: 10.1177/15589447211063545
25. Renfree KJ. Surgical approaches for proximal interphalangeal joint arthroplasty. *Bone Joint J*. 2022;104-B(12):1329-1333. doi: 10.1302/0301-620X.104B12.BJJ-2022-0946
26. Bodmer E, Marks M, Hensler S, et al. Comparison of outcomes of three surgical approaches for proximal interphalangeal joint arthroplasty using a surface-replacing implant. *J Hand Surg Eur Vol*. 2020;45(6):608-614. doi: 10.1177/1753193419891382
27. Tranchida GV, Allen ST, Moen SM, et al. Comparison of Volar and Dorsal Approach for PIP Arthroplasty. *Hand (N Y)*. 2021;16(3):348-353. doi: 10.1177/1558944719861718
28. Duncan SFM, Smith AA, Renfree KJ, et al. Results of the Volar Approach in Proximal Interphalangeal Joint Arthroplasty. *J Hand Surg Asian Pac Vol*. 2018;23(1):26-32. doi: 10.1142/S2424835518500042
29. Khudr J, Hughes L, Younis F. The what, why and when of wide awake local anaesthesia no tourniquet surgery. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2022;83(1):1-10. doi: 10.12968/hmed.2021.0383
30. Lalonde DH. Ten Questions About Wide Awake Local Anaesthesia No Tourniquet (WALANT) Surgery. *J Hand Surg Asian Pac Vol*. 2022;27(2):219-225. doi: 10.1142/S2424835522300031
31. Gunasagaran J, Sean ES, Shivdas S, et al. Perceived comfort during minor hand surgeries with wide awake local anaesthesia no tourniquet (WALANT) versus local anaesthesia (LA)/tourniquet. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017;25(3):2309499017739499. doi: 10.1177/2309499017739499
32. Lalonde DH. Latest Advances in Wide Awake Hand Surgery. *Hand Clin*. 2019;35(1):1-6. doi: 10.1016/j.hcl.2018.08.002
33. Rijnja JP, Kouwenberg PPGM, Ray S, Walbeehm ET, Robert Mathys Finger prosthesis of the proximal interphalangeal joint: a retrospective case series of 19 joints in 17 patients. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137(8):1155-1160. doi: 10.1007/s00402-017-2725-8
34. Middleton A, Lakshmiopathy R, Irwin LR. Failures of the RM finger prosthesis joint replacement system. *J Hand Surg Eur Vol*. 2011;36(7):599-604. doi: 10.1177/1753193411406798
35. Мурадов М.И., Байтингер В.Ф., Камолов Ф.Ф. и др. Оценка отдаленных результатов эндопротезирования суставов пальцев кисти. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2016;(1):33-40. doi: 10.17223/1814147/56/5

Статья поступила 27.06.2023; одобрена после рецензирования 04.09.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 27.06.2023; approved after reviewing 04.09.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Павел Владимирович Федотов — врач травматолог-ортопед, fedotovp1990@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2833-235X>;

Дмитрий Васильевич Ковалев — заведующий отделением, kovalev@orthoscheb.com, <https://orcid.org/0000-0002-4011-6409>;

Сергей Николаевич Рыбаков — врач травматолог-ортопед, srybakov@orthoscheb.com, <https://orcid.org/0000-0003-3300-8351>.

Information about the authors:

Pavel V. Fedotov — orthopedic traumatologist, fedotovp1990@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2833-235X>;

Dmitry V. Kovalev — Head of Department, kovalev@orthoscheb.com, <https://orcid.org/0000-0002-4011-6409>;

Sergey N. Rybakov — orthopedic traumatologist, srybakov@orthoscheb.com, <https://orcid.org/0000-0003-3300-8351>.

Вклад авторов:

Федотов П.В. — статистическая обработка данных, написание текста.

Ковалев Д.В. — дизайн исследования, редактирование.

Рыбаков С.Н. — анализ данных, графический дизайн.



Non-obvious and obvious signs of the thoracic spine pathology: a clinical study

M.R. Jasim✉, M.A.M. Saeed

College of Medicine, University of Basrah, Basrah, Iraq

Corresponding author: Mohammed R. Jasim, medicalresearch79@yahoo.com

Abstract

Background The thoracic spine pathology can lead to severe disability and discomfort.

This study aims to identify determinant characteristics in patients with thoracic spine pathologies who present with non-regional complaints such as lumbar/cervical pain and others.

Methods A prospective observational descriptive study was conducted at Basrah Teaching Hospital from March 2020 to December 2021, enrolling 114 patients categorized into two groups. Group A included patients with thoracic spine pathology and thoracic pain, while Group B consisted of patients with thoracic spine pathology and non-local symptoms (such as lower lumbar pain, pain in extremities, etc.). Comprehensive clinical evaluations were performed using a specially designed questionnaire.

Results The majority of patients were in the 60-79 age group, with females comprising 55 % in Group A and 60 % in Group B. Smoking was observed in 28.98 % of Group A and 26.66 % of Group B. Symptomatic patients with solitary back pain commonly exhibited dorsal root compression symptoms (49.27 %), lower limb weakness (18.84 %), and sphincter dysfunction (7.24 %). Patients with thoracic plus lower and/or neck pain frequently reported paraesthesia (42.22 %) and cervical root symptoms (48.38 %). Kyphotic deformity was present in 20.28 % of Group A and 11.11 % of Group B, while tenderness was observed in 23.18 % of Group A and 13.33 % of Group B. Plain radiograph changes, including disk space narrowing (44.44 %), subchondral sclerosis (29.63 %), curve alterations (29.63 %), and facet arthropathy (25.9 %), were more prevalent in those with symptomatic thoracic back pain (Group A).

Conclusion Non-local symptoms in thoracic spine pathologies are common, with complicated and multi-site low back pain being more prevalent than isolated back or thoracic pain. Elderly individuals, females, obesity, and comorbidities appear to be predictive risk factors for low back pain development. Paraesthesia emerges as the most common neurological manifestation, while kyphosis and scoliosis are primary presentations of thoracic pathologies. Multi-modalities of imaging, including plain radiographs, MRI, CT scan, and DEXA scan, can aid in detecting back pathologies. The mainstay of managing symptomatic thoracic pathologies is surgical intervention.

Keywords: spinal pathology, thoracic spine, symptomatic thoracic pathology, spinal deformity

For citation: Jasim MR, Saeed MAM. Non-obvious and obvious signs of the pathology of the thoracic spine: clinical study. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):200-209. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-200-209

Научная статья

УДК 616.711.5-007.24-071.1

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-200-209>

Неочевидные и явные признаки патологии грудного отдела позвоночника: клиническое исследование

M.R. Jasim[✉], M.A.M. Saeed

Медицинский колледж, Университет Басры, Басра, Ирак

Автор, ответственный за переписку: Mohammed R. Jasim, medicalresearch79@yahoo.com**Аннотация**

Актуальность. Поражение грудного отдела позвоночника может привести к тяжелой инвалидности и дискомфорту.

Цель работы — выявление определяющих характеристик у пациентов с патологией грудного отдела позвоночника, которые предъявляют нетипичные жалобы, такие как боли в поясничном/шейном отделе и другие.

Материалы и методы. В период с марта 2020 г. по декабрь 2021 г. в клинической больнице Басры проведено проспективное обсервационное описательное исследование, в котором приняли участие 114 пациентов, разделенных на две группы. В группу А вошли пациенты с патологией грудного отдела позвоночника и грудной болью, в группу В — пациенты с патологией грудного отдела позвоночника и нелокальными симптомами (такими как боль в поясничном отделе позвоночника, боль в конечностях и др.). Комплексная клиническая оценка проводилась с использованием специально разработанной анкеты.

Результаты. Большинство пациентов относилось к возрастной группе 60–79 лет, причем женщины составляли 55 % в группе А и 60 % в группе В. Курение отмечено у 28,98 % пациентов группы А и 26,66 % пациентов группы В. Пациенты с болью только в пояснице обычно имели симптомы компрессии дорсальных корешков (49,27 %), слабость нижних конечностей (18,84 %) и дисфункцию сфинктера (7,24 %). Пациенты с болью в грудной клетке, пояснице и/или шее часто сообщали о парестезиях (42,22 %) и симптомах, характерных для компрессии шейного корешка (48,38 %). Кифотическая деформация присутствовала у 20,28 % группы А и 11,11 % группы В, болезненность наблюдалась у 23,18 % пациентов группы А и 13,33 % группы В. Изменения на обзорных рентгенограммах включали сужение дискового пространства (44,44 %), субхондральный склероз (29,63 %), искривления (29,63 %). Артропатии фасетчатых суставов (25,9 %) более распространены у пациентов с симптоматической болью в грудном отделе спины (группа А).

Заключение. Нелокальные симптомы при патологии грудного отдела позвоночника встречаются часто, причем осложненная и многолокальная боль в пояснице встречается чаще, чем изолированная боль в спине или грудном отделе позвоночника. Пожилой возраст, женский пол, ожирение и сопутствующие заболевания являются прогностическими факторами риска развития болей в пояснице. Парестезии являются наиболее частыми неврологическими проявлениями, тогда как кифоз и сколиоз являются первичными проявлениями грудной патологии. Мультимодальные методы визуализации, включая обычные рентгенограммы, МРТ, КТ и сканирование DEXA, могут помочь в обнаружении патологии позвоночника. Основой лечения патологии грудного отдела позвоночника с явными клиническими проявлениями служит хирургическое вмешательство.

Ключевые слова: патология позвоночника, грудной отдел позвоночника, симптоматическая патология грудного отдела позвоночника, деформация позвоночника

Для цитирования: Jasim M.R., Saeed M.A.M. Неочевидные и явные признаки патологии грудного отдела позвоночника: клиническое исследование. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):200-209. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-200-209. EDN: FWHMGI.

INTRODUCTION

The thoracic spine, while often overlooked, plays a crucial role in the vertebral column. Afflictions of the thoracic spine can lead to significant disability and pain, exacerbated by its inherent stiffness due to structural disparities when compared to the cervical and lumbar spine [1]. This region is susceptible to a spectrum of conditions, including inflammatory, degenerative, metabolic, infective, and neoplastic, all of which contribute to pain and disability [2]. The concept of 'regional interdependence' elucidates the interrelation wherein seemingly unrelated impairments in one anatomical region can influence the development or persistence of pain in another [3].

Although thoracic intervertebral discs and facet joints can act as pain generators, thoracic radicular pain is uncommon. Similar to the lumbar spine, degenerative changes visualized in thoracic spine imaging may not necessarily correlate with pain, highlighting the prevalence of non-specific thoracic spine pathology [4]. Therefore, it is imperative to scrutinize the reliability of clinical methods for thoracic spine evaluation.

Pathological afflictions impacting the thoracic spine encompass osteoporotic fractures (most prevalent), spinal tumors, thoracic spinal canal stenosis, vertebral osteomyelitis, tuberculosis, lateral recess stenosis, and arthritis [5–11]. Radiological imaging, including X-ray (revealing disc space narrowing, subchondral sclerosis, curve changes, and facet arthropathy), MRI (detecting disc abnormalities, bony changes, dura, or other anomalies), and CT scans (evaluating disc condition, canal size, osteophytes, and other factors), along with electrical impulse testing such as EMG to assess nerve function, provide comprehensive insights [12].

This study endeavours to uncover potential determinants and characteristics of thoracic spine pathologies, exploring patient and pathology specifications along with their outcomes. By delving into these aspects, we aim to enhance our understanding of this often-neglected region, paving the way for more effective clinical evaluation and management strategies.

METHODS

Study Design: A prospective observational descriptive study was conducted at Basrah Teaching Hospital from March 2020 to December 2021. A total of 114 patients were enrolled and categorized into two groups.

Study Population and Sampling:

Group A: Comprising 69 patients with chronic thoracic pain attributed to thoracic spine pathologies, confirmed through clinical and radiological examinations, irrespective of complaint duration.

Group B: Consisting of 45 patients presenting non-regional extra-thoracic symptoms (lumbar, cervical, etc.) subsequently diagnosed with thoracic spine pathologies.

Exclusion Criteria:

- Patients with acute traumatic back pain were excluded from the study (They were insignificant findings).
- Patients with organic pathology of the lumbar and cervical spine visible on MRI or CT or RG were also excluded.
- Patients with chronic medical conditions that may cause pain or numbness, such as anaemia, vitamin B deficiency or neuromuscular disease, should also be excluded.

Ethical Committee:

Approval from the Basrah Health Directorate and the scientific research ethical committee of the scientific council of the Arabic Board of Orthopaedics was obtained prior to data collection.

Clinical Evaluation:

Each patient underwent a comprehensive clinical assessment, including a medical history, comorbidity evaluation, and BMI calculation using the formula (kg/m^2).

Follow-up of Patients:

Selected cases requiring surgery underwent monitoring during hospitalization, detailing procedures, surgeries, and treatments. Monthly visits over six months included updated history, examinations, and investigations.

Data Collection:

Information was gathered using a meticulously designed questionnaire with three essential sections:

1. Socio-demographical characteristics (name, age, gender, BMI, occupation, and address).
2. Patient history and examination related to the complaint.
3. Subsequent investigations and applied managements.

History:

Patient complaints were thoroughly analyzed, considering pain characteristics (site, onset, radiation, aggravating and relieving factors). Full medical and surgical histories covered chronic illnesses, social history, and relevant habits (smoking, alcohol and sports).

By employing this comprehensive approach, the study aimed to not only identify determinant characteristics but also establish a robust foundation for understanding and managing thoracic spine pathologies.

Investigations

Laboratory tests included hematological tests (Complete Blood Count), biochemical tests (glycosylated hemoglobin (HbA1c), estimated sedimentation rate (ESR), and C-reactive protein (CRP)).

Imaging studies included **X-rays** (narrowing of the disc space, subchondral sclerosis, curve changes, and facet arthropathy), **MRI** (disc abnormality, bony changes, dura, and cord, or others), **CT-scan** (disc, size of the canal, osteophytes, and others), and **DEXA-scan**.

Statistical analysis

Statistical calculations were done using Statistical Package for the Social Sciences version 25 (SPSS Inc.) in which categorical data were expressed as numbers and percentages, the differences between the groups were analyzed using the Chi-square test (χ^2). Adjusted standardized residuals were used to explore which variable is considered a contributor to the chi-square results (> 3 adjusted standardized residuals). Continuous data expressed as mean $\pm$ SD and the differences between the groups were analysed by non-parametric Kruskal – Wallis H test for abnormally distributed data and ANOVA test for normally distributed data. Shapiro – Wilk test was used to test the normality of the data, and outliers were detected using Boxplot methods. Confidence intervals of 95 % were applied as the dependent interval in statistics and P -values < 0.05 were accepted as statistically significant.

RESULTS

Among sixty-nine patients in Group A (60.52 %), 27 (39.13. %) had isolated thoracic back pain and 42 (60.86 %) presented with thoracic plus other symptoms (lower back pain and/or neck pain). Group B consisted of 45 (39.47 %) of the enrolled patients and 31 subjects (68.88 %) presented with lower back pain and/or neck pain. Most of the patients in both groups were in the age group of 60–79 years. Females were predominant in both groups. Besides, most of the patients from groups A and B were recorded as overweight or obese. In addition, in both groups, there were slightly more unemployed than employed. Regarding the medical, surgical, and social characteristics, both groups shared close results in the incidence of diabetes, hypertension, hyperlipidemia, Sickler cell disease, and renal disease. There was a significant difference in diabetes cases between group A and group B ($p = 0.047$) (Table 1).

Neurological evaluation Group A patients mostly presented with paraesthesia along the distribution of radicular nerve 34 (49.27 %), and dorsal root symptoms 17 (56.34 %). Nineteen out of 45 (42.22 %) of group B had paraesthesia which was significantly lower than that found in the group A ($p = 0.009$). Cervical root pain found in 8 (19.04 %) cases of group A and 6 (23.27 %) cases of group B. Weakness of the lower limb was reported by 13 (18.84 %) in group A and 5 (11.11 %) in group B. The urinary and stool sphincters uncontrolled reported by 5 subjects (7.24 %) of group A and 3 (6.66 %) of group B (Table 2).

The examination results of patients with thoracic pathologies reveal that group A presented mostly with kyphosis in 14 (20.28 %) and scoliosis in 5 (7.24 %) while group B in 5 (11.11 %) and 1 (2.22 %), respectively.

We felt tenderness in 16 subjects (23.18 %) of group A and 6 (13.33 %) of group B. There were 30 (43.47 %) of group A with a limited range of motion of the thoracic spine and 19 (42.22 %) of group B.

Hyperreflexia of the upper limb was found in 1 (1.44 %) in group A and 1 (2.22 %) in group B. Hyperreflexia of lower limbs was found in 12 (17.39 %) of group A and 6 (8.88 %) of group B. There were 3 (4.34 %) cases of spastic gait in group A and one case (2.22 %) in group B. (Table 3).

Table 1

Comparison between group A and group B regarding the demographical parameters

Variables		Group A (n = 69)		Group B (n = 45)		P value
		Thoracic back pain (n = 27)	Thoracic + Lower back pain and/or Neck pain (n = 42)	Lower back pain and/or Neck pain (n = 31)	Other symptoms (n = 14)	
		No.				
Age (years)	< 20 years	2	1	1	0	0.245
	20–39	3	4	2	3	0.35
	40–59	7	12	9	4	0.124
	60–79	10	17	15	4	0.75
	≥ 80	5	8	4	3	0.057
Gender	Male	11	20	13	5	0.68
	Female	16	22	18	9	
BMI (kg/m ²)	Normal weight	7	12	8	2	0.87
	Overweight	12	19	13	5	0.23
	Obese	8	11	10	7	0.48
Occupation	Employee	12	15	13	6	0.17
	Non-employee	15	27	17	8	0.59
Medical history	Diabetes mellitus	10	18	14	4	0.047
	Sickle cell anemia	2	1	3	1	0.24
	Renal disease	2	1	3	0	0.421
	Hypertension	11	10	9	2	0.64
	Hyperlipidemia	9	11	9	2	0.15
Surgical history	Previous surgery	3	5	3	1	0.78
	Previous trauma	0	7	2	1	0.98
Social history	Smoking	8	12	9	3	0.365
	Alcohol	1	0	1	0	0.27
	Active sport habit	2	4	3	1	0.25

Table 2

Comparison between group A and group B regarding the neurological evaluation

Neurological evaluation	Group A (n = 69)		Group B (n = 45)		P value
	Thoracic back pain (n = 27)	Thoracic + Lower back pain and/or Neck pain (n = 42)	Lower back pain and/or Neck pain (n = 31)	Other symptoms (n = 14)	
	No.				
Paresthesia	12	22	15	4	0.009
Cervical root	0	8	5	1	0.078
Dorsal root	12	5	3	0	0.82
Lumbosacral root	0	9	7	3	0.091
Lower limb weakness	6	7	4	1	0.26
Sphincter uncontrolled	2	3	2	1	0.054

Table 3

Comparison between group A and group B regarding the examination parameters of the thoracic spine

Variables		Group A (n = 69)		Group B (n = 45)		P value
		Thoracic back pain (n = 27)	Thoracic + Lower back pain and/or Neck pain (n = 42)	Lower back pain and/or Neck pain (n = 31)	Other symptoms (n = 14)	
		No.				
Look	Kyphosis	6	8	4	1	0.078
	Scoliosis	2	3	1	0	0.68
	Mass	0	1	1	0	0.58
	Ulcer skin lesion	0	1	1	0	0.245
	Rash skin lesion	0	1	0	0	0.35
Feel	Tenderness	9	7	5	1	0.18
Move	Limited range of spine motion	10	20	13	6	0.65
Reflexes	Lower limb Hyperreflexia	5	7	4	2	0.65
Spastic gait		1	2	1	0	0.14

Complete blood count, HbA1c, and ESR were recorded higher values among group B compared to others, while CRP recorded higher results mostly among group A, which was statistically non-significant ($p > 0.05$) (Table 4).

Table 4

Comparison between group A and group B regarding the laboratory parameters

Parameters	Group A (n = 69)		Group B (n = 45)		P value
	Thoracic back pain (n = 27)	Thoracic + Lower back pain and/or Neck pain (n = 42)	Lower back pain and/or Neck pain (n = 31)	Other symptoms (n = 14)	
	Mean ± SD				
CBC	10.32 ± 1.47	9.84 ± 1.21	10.87 ± 0.92	10.2 ± 1.13	0.541
HbA1c	8.56 ± 2.7	7.53 ± 1.62	9.82 ± 2.96	7.89 ± 1.8	0.068
ESR	37.68 ± 7.42	42.28 ± 5.36	46.52 ± 7.9	35.34 ± 6.8	0.059
C-reactive protein	8.72 ± 3.7	9.59 ± 3.45	8.98 ± 3.18	8.56 ± 2.61	0.47
Hypercholesterolemia	270.29 ± 50.67	279.67 ± 54.98	260.72 ± 42.31	254.39 ± 70.21	0.098
Hypertriglyceridemia	280.7 ± 40.36	285.3 ± 65.47	290.74 ± 62.15	289.47 ± 36.25	0.074

Plain radiograph changes including narrowing of disk space in 28 (40.5 %), subchondral sclerosis in 19 (27.5 %), curve change in 19 (27.5 %), and facet arthropathy in 17 (24.6 %) were registered in group A. In group B, the narrowing of disk space was found in 14 (31.11 %), subchondral sclerosis in 9 (20 %), curve change in 6 (13.33 %), and facet arthropathy in 7 (15.6 %).

MRI changes in group A included disc abnormality in 20 cases and bony changes in 16 cases. Cord and dural pathology were found in two patients and primary bone tumor in one patient. Additionally, there was metastasis in 3 (4.3 %) cases and Pott's disease in 4 (5.7 %) cases. In group B, there were 2 (4.44 %) metastatic cases and 2 cases (4.44 %) of Pott's disease.

In CT scans, the canal stenosis was found in 3 patients for each group. Primary thoracic bone tumors were reported in one patient in group B (giant cell tumor) and one case in group A (osteoid osteoma). The osteophytes were recorded in 19 patients in group A and 9 patients in group B. Osteomyelitis and discitis were recorded in 2 (4.34 %) cases in group A. Spine TB was found in 3 patients in group A and 2 patients in group B.

DEXA scans were performed in 25 cases in group A and 24 patients in group B, revealing that osteopenia presented in group A in 12 (17.4 %), whereas in group B, there were 7 (15.5 %) cases. Osteoporosis was recorded mostly in group A in 15 cases (21.7 %) and only 6 subjects of group B (13.3 %), but the findings were statistically not significant ($p > 0.05$) (Table 5).

Table 5

Comparison between group A and group B regarding the radiological parameters

Parameters		Group A (n = 69)		Group B (n = 45)		P value
		Thoracic back pain (n = 27)	Thoracic + Lower back pain and/or Neck pain (n = 42)	Lower back pain and/or Neck pain (n = 31)	Other symptoms (n = 14)	
		No.				
Plain X-ray	Narrowing of disk space	12	16	9	5	0.25
	Subchondral sclerosis	8	11	6	3	0.64
	Curve change	8	11	5	1	0.09
	Facet arthropathy	7	10	5	2	0.07
MRI	Disc abnormality	8	12	9	2	0.21
	Bony changes	7	9	8	1	0.2
	Cord and Dural pathology	1	1	0	2	0.35
	Primary bone tumor	0	1	0	1	0.08
	Metastatic disease	1	2	1	1	0.056
	Spinal TB	1	3	1	1	0.59
CT	Canal Stenosis	1	2	2	1	0.08
	Osteophyte	7	12	6	3	0.12
	Dural calcification	2	1	1	0	0.21
	Osteomyelitis and discitis	1	1	0	0	0.23
	TB spine	1	2	1	1	0.45
	Primary thoracic bone tumor	0	1	0	1	0.87
	Metastatic disease	1	2	1	1	0.61
DEXA	Osteopenia	5	7	5	2	0.058
	Osteoporosis	7	8	4	2	0.08

The metastasis was found in 3 cases of group A and 2 cases in group B. Intradural extramedullary tumor percentage was (2.22 %) in group B (meningioma). Intradural intramedullary tumor percentage was (2.89 %) in group A and (2.22 %) in group B. Spine TB recorded in 3 cases in group A and 2 cases in group B. Discitis and osteomyelitis were found in 2 (2.89 %) of group A. Degenerative changes were reported in 59 (85.5 %) cases of group A and 38 (84.4 %) cases of group B (Table 6).

Table 6

Comparison between Group A and Group B regarding the pathology diagnosis

Variables		Group A (n = 69)		Group B (n = 45)		P value
		Thoracic back pain (n = 27)	Thoracic + Lower back pain and/or Neck pain (n = 42)	Lower back pain and/or Neck pain (n = 31)	Other symptoms (n = 14)	
		No.				
Metastasis		1	2	1	1	0.59
Intradural extramedullary		0	0	0	1	0.098
Intradural intramedullary		1	1	0	1	0.08
TB, spine		1	2	1	1	0.12
Diskitis and osteomyelitis		1	1	0	0	0.23
Primary bone tumor		0	1	0	1	0.45
Degenerative changes	Degenerative disk disease	2	2	2	4	0.87
	Facet joint disease	10	14	11	3	0.61
	Spinal stenosis	2	1	0	1	0.45
	Spondylosis	9	19	16	1	0.59

Regarding surgical versus nonoperative management, all metastasis cases were treated by chemotherapy and radiation. One case underwent spine decompression. In intradural mass, all cases underwent laminectomy. Three patients with TB underwent surgery (two in group A and one in group B). Two cases of osteomyelitis and discitis in group A underwent drainage operation. Two patients with primary bone tumors underwent laminectomy. All degenerative cases were managed conservatively (Table 7).

Table 7

Comparison between Group A and Group B regarding the management non operative vs. surgery

Surgery	Group A (n = 69)		Group B (n = 45)		P value
	Thoracic back pain (n = 27)	Thoracic + Lower back pain and/or Neck pain (n = 42)	Lower back pain and/or Neck pain (n = 31)	Other symptoms (n = 14)	
	n (%)				
Metastasis	0	1	0	0	0.062
Intradural extramedullary	0	0	0	1	0.08
Intradural intramedullary	1	1	0	1	0.59
Spinal TB	1	1	0	1	0.074
Discitis and osteomyelitis	1	1	0	0	0.059
Herniated disk	None				
Primary bone tumor	0	1	0	1	0.098
Bulging disk	None				
Facet joint disease	None				
Spinal stenosis	None				

DISCUSSION

The clinical and epidemiologic exploration of the thoracic spine has been comparatively neglected when juxtaposed with the lumbar and cervical spine. However, our study underscores the substantial impact of thoracic spine pathology on individuals, with pain in this region proving equally disabling and burdensome.

Goh et al. delved into the influence of age and gender on thoracic spine degenerative disease, revealing an age-related increase in abnormal findings, particularly in the mid- and lower thoracic discs [13]. In our study, age and gender significantly affected the prevalence of thoracic spine pain in Group A, aligning with the trend of lesions presenting more commonly in the elderly. Conversely, a meta-analysis reported a higher prevalence of thoracic pain in young ages and children, attributing it to factors like school bag usage and workstations [14]. This is explained by risen the abnormal annuli, nuclei and disc margins in elderly age group, particularly in the mid and lower thoracic discs [13].

Briggs et al. [14] found thoracic spine pain was significantly related to concurrent musculoskeletal pain; backpack; postural; lifestyle and social; psychological and environmental and growth and physical factors. Besides, the risk factors identified in adolescents included age (being older) and poorer mental health [14].

Our findings indicate a higher prevalence of thoracic pain among females in group A, consistent with general reports on musculoskeletal pain across different age groups [15, 16]. Exploring the reasons behind these gender-based disparities, including factors like physical activity, musculoskeletal maturity, posture, endocrine and psychosocial characteristics, warrants further investigation [17]. There are no significant differences between the groups according to your statistical analysis.

While the study suggests a higher prevalence of thoracic pain among females, attributing it to various factors like hormonal changes, pregnancy, menarche, menopause, hormonal therapy and contraceptive pills and devices, the nuances of gender-based differences in the experience of thoracic pain might be more complex and require further exploration.

Roquelaure et al. [23] found that the incidence of thoracic spine pain (TSP) was 5.2 / 100 men and 10.0 / 100 women. TSP in men was associated with age, being tall, frequent/sustained trunk bending, lack of recovery period or change in the task and driving vehicles. Being overweight or obese was associated with lower risk (OR = 0.5). TSP in women was associated with high perceived physical workload. They concluded the TSP risk model combined personal and work-related organizational and physical factors. Trunk bending appeared to be a strong independent predictor of pain.

Smoking emerged as a potential risk factor, influencing vertebral cellular changes and exacerbating degenerative alterations. The study data align with previous findings highlighting the injurious effects of nicotine on nucleus pulposus cells and osteoblasts [18, 19]. Smoking habits were notably more prevalent in patients with dorsal back pain (group A) and lower neck pain (group B). There are no significant differences between the groups according to our analysis and we suggest further studies at cell levels to prove the relationship between smoking and spine injuries. We suggest a non-significant association between smoking and thoracic spine pathologies, citing influences on cell changes. Meanwhile, there is evidence linking smoking to general health issues.

Neurological manifestations in the thoracic spine present a unique challenge due to the multifaceted nature of thoracic myelopathy. Our study corroborates the association between back pain and neurological symptoms, with dorsal root compression symptoms, limb weakness, and sphincter dysfunction observed in group A, and paraesthesia and cervical root symptoms more prevalent in group B. There are statistical significant differences between the groups according the frequency of paraesthesias ($P = 0.009$).

The incidence of thoracic disc herniation, though rare, was higher in group B than in group A. Conservative management was predominantly employed, aligning with literature suggesting comparable outcomes to surgical interventions in mid-term and long-term follow-up [42]. The treatment approach for thoracic disc herniation may vary, and the decision between conservative and surgical management should be based on the individual case and its specific characteristics.

Other pathologies like tumors, infections and degenerative lesions have no significant differences between groups of the present study. Pathological conditions like spinal tumors, infections, and degenerative diseases were diverse, demonstrating the complexity of thoracic spine pathologies. Surgical interventions emerged as the primary management approach for symptomatic cases, consistent with studies emphasizing the efficacy of surgery in specific conditions such as spinal tuberculosis [34].

CONCLUSION

Non-local symptoms in thoracic spine pathologies are common, with complicated and multi-site low back pain being more prevalent than isolated back or thoracic pain. Elderly individuals, females, obesity, and comorbidities appear to be predictive risk factors for low back pain development. Paraesthesia emerges as the most common neurological manifestation, while kyphosis and scoliosis are primary presentations of thoracic pathologies. Multi-modalities of imaging, including plain radiographs, MRI, CT scan, and DEXA scan, can aid in detecting spine pathologies. The mainstay of managing symptomatic thoracic pathologies is surgical intervention.

Conflict of interests None.

Funding None.

REFERENCES

1. Liebsch C, Graf N, Appelt K, Wilke HJ. The rib cage stabilizes the human thoracic spine: An in vitro study using stepwise reduction of rib cage structures. *PLoS One*. 2017;12(6):e0178733. doi: 10.1371/journal.pone.0178733
2. Giles L, Singer KP. *The clinical anatomy and management of thoracic spine pain*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2000:303.
3. Sueki DG, Cleland JA, Wainner RS. A regional interdependence model of musculoskeletal dysfunction: research, mechanisms, and clinical implications. *J Man Manip Ther*. 2013;21(2):90-102. doi: 10.1179/2042618612Y.0000000027

4. de Jager JP, Ahern MJ. Improved evidence-based management of acute musculoskeletal pain: guidelines from the National Health and Medical Research Council are now available. *Med J Aust.* 2004;181(10):527-528. doi: 10.5694/j.1326-5377.2004.tb06435.x
5. *Lumbar Compression Fractures. A Patient's Guide to Compression Fracture.* University of Maryland Medical Center; 2013. Available from: <http://umm.edu/programs/spine/health/guides/lumbar-compression-fractures> [Accessed 18 Jan, 2024]
6. *American Association of Neurological Surgeons. Spinal Tumors.* 2019. Available from: <https://www.aans.org/Patients/Neurosurgical-Conditions-and-Treatments/Spinal-Tumors> [Accessed 18 Jan, 2024]
7. Chen G, Fan T, Yang X, et al. The prevalence and clinical characteristics of thoracic spinal stenosis: a systematic review. *Eur Spine J.* 2020;29(9):2164-2172. doi: 10.1007/s00586-020-06520-6
8. *Osteomyelitis.* New York: Columbia University. 2021. Available from: <https://www.neurosurgery.columbia.edu/patient-care/conditions/osteomyelitis> [Accessed 18 Jan, 2024]
9. Gautam MP, Karki P, Rijal S, Singh R. Pott's spine and paraplegia. *JNMA J Nepal Med Assoc.* 2005;44(159):106-115.
10. Raja A, Hoang S, Patel P, Mesfin FB. *Spinal Stenosis.* 2023. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441989/> [Accessed 18 Jan, 2024]
11. Benhamou CL, Roux C, Tourliere D, et al. Pseudovisceral pain referred from costovertebral arthropathies. Twenty-eight cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(6):790-795. doi: 10.1097/00007632-199305000-00024
12. O'Connor RC, Andary MT, Russo RB, DeLano M. Thoracic radiculopathy. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2002;13(3):623-644. doi: 10.1016/s1047-9651(02)00018-9
13. Goh S, Tan C, Price RI, et al. Influence of age and gender on thoracic vertebral body shape and disc degeneration: an MR investigation of 169 cases. *J Anat.* 2000;197 Pt 4(Pt 4):647-657. doi: 10.1046/j.1469-7580.2000.19740647.x
14. Briggs AM, Smith AJ, Straker LM, Bragge P. Thoracic spine pain in the general population: prevalence, incidence and associated factors in children, adolescents and adults. A systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2009;10:77. doi: 10.1186/1471-2474-10-77
15. Wijnhoven HA, de Vet HC, Picavet HS. Prevalence of musculoskeletal disorders is systematically higher in women than in men. *Clin J Pain.* 2006;22(8):717-724. doi: 10.1097/01.ajp.0000210912.95664.53
16. Adamson G, Murphy S, Shevlin M, et al. Profiling schoolchildren in pain and associated demographic and behavioural factors: a latent class approach. *Pain.* 2007;129(3):295-303. doi: 10.1016/j.pain.2006.10.015
17. Raj P. Epidemiology of pain. In: Raj P. P., editor. *Practical Management of Pain.* 3rd ed. St. Louis, MO: Mosby; 2000:14-19.
18. Akmal M, Kesani A, Anand B, et al. Effect of nicotine on spinal disc cells: a cellular mechanism for disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(5):568-575. doi: 10.1097/01.brs.0000101422.36419.d8
19. Hadley MN, Reddy SV. Smoking and the human vertebral column: a review of the impact of cigarette use on vertebral bone metabolism and spinal fusion. *Neurosurgery.* 1997;41(1):116-124. doi: 10.1097/00006123-199707000-00025
20. Takenaka S, Kaito T, Hosono N, et al. Neurological manifestations of thoracic myelopathy. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;134(7):903-912. doi: 10.1007/s00402-014-2000-1
21. Ando K, Imagama S, Kobayashi K, et al. Clinical Features of Thoracic Myelopathy: A Single-Center Study. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2019;3(11):e10.5435. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00090
22. Kim BS, Kim J, Koh HS, et al. Asymptomatic Cervical or Thoracic Lesions in Elderly Patients who Have Undergone Decompressive Lumbar Surgery for Stenosis. *Asian Spine J.* 2010;4(2):65-70. doi: 10.4184/asj.2010.4.2.65
23. Roquelaure Y, Bodin J, Ha C, et al. Incidence and risk factors for thoracic spine pain in the working population: the French Pays de la Loire study. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2014;66(11):1695-1702. doi: 10.1002/acr.22323
24. Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C, Andersen LB, et al. Back pain reporting pattern in a Danish population-based sample of children and adolescents. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(17):1879-1883. doi: 10.1097/00007632-200109010-00012
25. Grimmer K, Nyland L, Milanese S. Repeated measures of recent headache, neck and upper back pain in Australian adolescents. *Cephalalgia.* 2006;26(7):843-851. doi: 10.1111/j.1468-2982.2006.01120.x
26. Wood KB, Garvey TA, Gundry C, Heithoff KB. Magnetic resonance imaging of the thoracic spine. Evaluation of asymptomatic individuals. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(11):1631-1638. doi: 10.2106/00004623-199511000-00001
27. Taneichi H, Kaneda K, Takeda N, et al. Risk factors and probability of vertebral body collapse in metastases of the thoracic and lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(3):239-245. doi: 10.1097/00007632-199702010-00002
28. O'Reilly MK, Sugrue G, Byrne D, MacMahon P. Combined intramedullary and intradural extramedullary spinal metastases in malignant melanoma. *BMJ Case Rep.* 2017;2017:bcr2017220031. doi: 10.1136/bcr-2017-220031
29. Di Perna G, Cofano F, Mantovani C, et al. Separation surgery for metastatic epidural spinal cord compression: A qualitative review. *J Bone Oncol.* 2020;25:100320. doi: 10.1016/j.jbo.2020.100320
30. Zhou Z, Wang X, Wu Z, et al. Epidemiological characteristics of primary spinal osseous tumors in Eastern China. *World J Surg Oncol.* 2017;15(1):73. doi: 10.1186/s12957-017-1136-1
31. Patnaik S, Jyotsnarani Y, Uppin SG, Susarla R. Imaging features of primary tumors of the spine: A pictorial essay. *Indian J Radiol Imaging.* 2016;26(2):279-289. doi: 10.4103/0971-3026.184413
32. Wang H, Li C, Wang J, et al. Characteristics of patients with spinal tuberculosis: seven-year experience of a teaching hospital in Southwest China. *Int Orthop.* 2012;36(7):1429-1434. doi: 10.1007/s00264-012-1511-z
33. Fuentes Ferrer M, Gutiérrez Torres L, Ayala Ramírez O, et al. Tuberculosis of the spine. A systematic review of case series. *Int Orthop.* 2012;36(2):221-231. doi: 10.1007/s00264-011-1414-4
34. Alam MS, Talukder MMH, Shaha AK, et al. Comparison of Surgical and Conservative Treatment of Spinal Tuberculosis at a Tertiary Care Hospital in Dhaka City. *Bang J Neurosurgery.* 2015;4(2):42-44.
35. Mitra SR, Gurjar SG, Mitra KR. Degenerative disease of the thoracic spine in central India. *Spinal Cord.* 1996;34(6):333-337. doi: 10.1038/sc.1996.61
36. Valasek T, Vágó E, Danielisz Z, et al. Anatomical changes of the thoracic vertebrae in asymptomatic individuals – A cross-sectional study. *Developments in Health Sciences.* 2020;3(2):33-38. doi: 10.1556/2066.2020.00007
37. Quiñones-Hinojosa A, Jun P, Jacobs R, et al. General principles in the medical and surgical management of spinal infections: a multidisciplinary approach. *Neurosurg Focus.* 2004;17(6):E1. doi: 10.3171/foc.2004.17.6.1
38. Hillson R. The spine in diabetes. *Pract Diab.* 2018;35(1):5-6. doi: 10.1002/pdi.2149

39. Göçmen S, Çolak A, Mutlu B, Asan A. Is back pain a diagnostic problem in clinical practices? A rare case report. *Agri*. 2015;27(3):163-165. doi: 10.5505/agri.2015.69782
40. Han S, Jang IT. Prevalence and Distribution of Incidental Thoracic Disc Herniation, and Thoracic Hypertrophied Ligamentum Flavum in Patients with Back or Leg Pain: A Magnetic Resonance Imaging-Based Cross-Sectional Study. *World Neurosurg*. 2018;120:e517-e524. doi: 10.1016/j.wneu.2018.08.118
41. Patel N. Surgical disorders of the thoracic and lumbar spine: a guide for neurologists. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2002;73 Suppl 1(Suppl 1):i42-i48. doi: 10.1136/jnnp.73.suppl_1.i42
42. Gugliotta M, da Costa BR, Dabis E, et al. Surgical versus conservative treatment for lumbar disc herniation: a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2016;6(12):e012938. doi: 10.1136/bmjopen-2016-012938
43. Reif J, Gilsbach J, Ostheim-Dzerowycz W. Differential diagnosis and therapy of herniated thoracic disc. Discussion of six cases. *Acta Neurochir (Wien)*. 1983;67(3-4):255-265. doi: 10.1007/BF01401427
44. Korkmaz MF, Durak MA, Ozevren H, et al. Conservative treatment for thoracic disc hernia. *J Turk Spinal Surg*. 2014;25(4):265-270.
45. Taniguchi S, Ogikubo O, Nakamura T, et al. A rare case of extramedullary-intradural hemangioblastoma in the thoracic spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(26):E969-E972. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181b8e4f4
46. Toyoda H, Seki M, Nakamura H, et al. Intradural extramedullary hemangioblastoma differentiated by MR images in the cervical spine: a case report and review of the literature. *J Spinal Disord Tech*. 2004;17(4):343-347. doi: 10.1097/01.bsd.0000083630.91606.af
47. Yasargil MG, Antic J, Laciga R, et al. The microsurgical removal of intramedullary spinal hemangioblastomas. Report of twelve cases and a review of the literature. *Surg Neurol*. 1976;(3):141-148.
48. Yasuda T, Hasegawa T, Yamato Y, et al. Relationship between Spinal Hemangioblastoma Location and Age. *Asian Spine J*. 2016;10(2):309-313. doi: 10.4184/asj.2016.10.2.309

The article was submitted 14.07.2023; approved after reviewing 16.01.2024; accepted for publication 24.02.2024.

Статья поступила 14.07.2023; одобрена после рецензирования 16.01.2024; принята к публикации 24.02.2024.

Information about the authors:

Mohammed R. Jasim — M.D., medicalresearch79@yahoo.com;

Mubder A. Mohammed Saeed — M.D., Professor.

Научная статья

УДК 616.728.2-007.248-089.881-089.168

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-210-220>



Оценка эффективности вариантов артродезирования голеностопного сустава

Ж. Ван^{1,2}, И.Ф. Ахтямов^{2,3✉}, Ц. Цай¹, Б.Г. Зиатдинов³, Е.С. Шигаев⁴

¹ Центральная больница города Ухань, Ухань, Китай

² Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

³ Городская клиническая больница № 7, Казань, Россия

⁴ Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ильдар Фуатович Ахтямов, yalta60@mail.ru

Аннотация

Введение. Методы лечения поздних стадий артроза голеностопного сустава разнообразны, но, несмотря на большое значение в клинической практике вопроса об оценке долгосрочных результатов различных методов фиксации, он до сих пор не изучен.

Цель работы — сравнить эффективность наиболее распространенных методов фиксации при артродезировании голеностопного сустава у пациентов на поздних стадиях остеоартроза.

Материалы и методы. Проведен анализ лечения методом артродезирования 82 пациентов с поздним артрозом голеностопного сустава в период с 2019 по 2023 г. в трех крупных медицинских учреждениях. Пациенты разделены на четыре группы в зависимости от метода хирургической фиксации костных фрагментов. Проведено 12-месячное наблюдение всех пациентов.

Результаты. После операции артродеза у большинства пациентов отмечено достоверное улучшение функции, снижение интенсивности боли. При сопоставлении эффективности различных методов хирургической фиксации установлено, что фиксация с помощью АВФ и штифта характеризуется меньшими объемами кровопотери, относительно короткой продолжительностью операции. При фиксации пластинами и винтами отмечены более высокие показатели по шкале AOFAS и VAS на 3-й месяц после операции. Однако к 12-му месяцу после операции различия по этим двум показателям были незначительными.

Обсуждение. Несмотря на различные осложнения, возникающие при артродезе голеностопного сустава, он остается эффективным для большинства пациентов. Аппарат Илизарова больше подходит для пациентов с неблагоприятным состоянием в зоне хирургического вмешательства. Выбор хирургического метода по-прежнему подчиняется принципу индивидуализации.

Заключение. Артродез голеностопного сустава является эффективным методом лечения поздних стадий остеоартроза голеностопного сустава. Каждый метод хирургической фиксации имеет свои преимущества и недостатки, но разница в долгосрочной эффективности незначительная.

Ключевые слова: артродез голеностопного сустава, аппарат внешней фиксации, винт, пластина, интрамедуллярный штифт, остеоартроз

Для цитирования: Ван Ж., Ахтямов И.Ф., Цай Ц., Зиатдинов Б.Г., Шигаев Е.С. Оценка эффективности вариантов артродезирования голеностопного сустава. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):210-220. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-210-220. EDN: GALQIB.

Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-210-220>

Evaluation of the effectiveness of ankle arthrodesis options

R. Wang^{1,2}, I.F. Akhtiamov^{2,3✉}, J. Cai¹, B.G. Ziatdinov³, E.S. Shigaev⁴¹ The Central Hospital of WuHan, WuHan, China² Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation³ Kazan Clinical Hospital №7, Kazan, Russian Federation⁴ Buryat State University, Ulan-Ude, Russian Federation**Corresponding author:** Ildar F. Akhtiamov, yalta60@mail.ru

Abstract

Introduction Treatment methods for late stages of ankle osteoarthritis are varied, but the issue of assessing the long-term results of various fixation methods has not yet been studied, and this issue is of great importance in clinical practice.

Purpose To compare the effectiveness of the fixation methods commonly used for ankle arthrodesis in patients with advanced ankle osteoarthritis.

Materials and methods Eighty-two patients with advanced ankle osteoarthritis were treated with ankle fusion between 2019 and 2023 at three major medical institutions. All patients underwent 12-month follow-ups. The patients were divided into four groups depending on the method of surgical fixation of bone fragments.

Results Most patients showed a significant improvement in the function and a decrease in pain intensity after the arthrodesis operation. The comparison of the effectiveness of various surgical fixation methods found that external apparatus screw fixation is characterized by lower blood loss and a relatively short duration of the operation. Plate and screw fixation resulted in higher AOFAS and VAS scores at 3 months postoperatively. However, by the 12th month after surgery, the differences in these two indicators were insignificant.

Discussion Despite the various complications that occur in ankle arthrodesis, it remains effective for most patients. Among them, the Ilizarov apparatus is more suitable for patients with compromised conditions in the surgical area. Each method of surgical fixation has its own advantages and shortcomings, but the difference in long-term effectiveness is small.

Conclusion Ankle arthrodesis is an effective treatment for advanced ankle osteoarthritis. The choice of surgical method is still subject to the principle of individual approach.

Keywords: ankle arthrodesis, apparatus of external fixation, screw, plate, intramedullary nail, osteoarthritis

For citation: Wang R, Akhtiamov IF, Cai J, Ziatdinov BG, Shigaev ES. Evaluation of the effectiveness of ankle arthrodesis options. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):210-220. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-210-220

ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрозом (ОА) страдает 7 % населения земного шара, что составляет более 500 млн. человек [1, 2]. В свою очередь, ОА голеностопного сустава составляет до 1 % [3–5], а классифицировать его можно на первичный и вторичный, в зависимости от этиологии первичной патологии. К причинам вторичного остеоартроза голеностопного сустава (ГСС) относятся травма, ревматоидный артрит, остеонекроз таранной кости, неудачные хирургические вмешательства, анатомическая деформация и т.п. [6, 7], причем посттравматический остеоартроз является наиболее частой причиной развития патологии, его доля составляет до 78 % [8, 9].

Лечение поздних стадий остеоартроза базируется, в основном, на эндопротезировании или артродезировании ГСС [5, 10–12].

Протезирование ГСС еще не получило широкого распространения [13], хотя его применение в количественном выражении растет с годами [13, 14]. В отличие от этого, артродезирование ГСС с момента его разработки в 1879 г. и до настоящего времени считается «золотым стандартом» лечения поздних стадий ОА [9, 11, 12, 15, 16].

Несмотря на то, что артродез ГСС является достаточно хорошо зарекомендовавшим себя в практике, ученые и клиницисты до сих пор сталкиваются с многочисленными проблемами. Например, вызывает споры оптимальный метод фиксации при данном виде операций [3, 11, 16–18].

На сегодня разработано более 40 хирургических методов формирования артродеза [11, 15, 16]. Наиболее распространенные из них классифицируются по типу хирургической фиксации, которая включает внешнюю и внутреннюю (винтами, спицами, пластинами или интрамедуллярными штифтами) [8–11, 16, 17, 19].

У авторского коллектива появились возможность и потребность с помощью многоцентрового открытого проспективного когортного исследования сравнить эффективность четырех наиболее распространенных способов фиксации.

Цель работы — сравнить эффективность наиболее распространенных методов фиксации при артродезировании голеностопного сустава у пациентов на поздних стадиях остеоартроза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование одобрено региональным комитетом по этике, от всех участвующих пациентов получено информированное согласие.

В исследование включены 82 пациента (34 мужчины и 48 женщин, возраст $55,57 \pm 11,85$ года) с поздними стадиями остеоартроза ГСС, которым выполнен артродез в трех крупных медицинских учреждениях Уханя (Китай) и Казани (Россия) в период с 2019 по 2023 гг.

Пациенты разделены на четыре группы по способу фиксации костных элементов при формировании артродеза ГСС:

- группа аппарата внешней фиксации (АВФ): 21 пациент (9 мужчин и 12 женщин, возраст $59,05 \pm 5,93$ года), выполнен артродез ГСС с помощью аппарата Илизарова (АВФ);
- группа винтовой фиксации (ВФ): 23 пациента (8 мужчин и 15 женщин, возраст $54,22 \pm 10,30$ года), выполнен артродез ГСС с ВФ;
- группа фиксации пластиной (ПФ): 20 пациентов (9 мужчин и 11 женщин, возраст $55,10 \pm 15,76$ года), выполнен артродез ГСС с ПФ;
- группа интрамедуллярных штифтов (ИМШ): 18 пациентов (8 мужчин и 10 женщин, возраст $53,78 \pm 13,83$ года), выполнен артродез ГСС с помощью ИМШ.

Необходимо особенно отметить, что в группе АВФ отобрано 11 пациентов с ревматоидным артритом, 3 — с подагрическим артритом и 1 — с постинфекционным остеоартрозом. Данные категории часто считаются непригодными для других видов фиксации, кроме АВФ, вследствие неблагоприятного состояния кожи или кости в зоне хирургического вмешательства [4, 11, 17].

При сравнении основных данных групп пациентов (пол, таргетная конечность, возраст, ИМТ, стадия остеоартроза) разница была незначительной (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение базовых данных о пациентах

Характеристики		Группа АВФ (n = 21)	Группа ВФ (n = 23)	Группа ПФ (n = 20)	Группа ИМШ (n = 18)	p
Возраст		59,05 ± 5,93	54,22 ± 10,30	55,10 ± 15,76	53,78 ± 13,83	0,47
ИМТ		26,73 ± 3,05	24,77 ± 3,61	25,68 ± 3,10	26,09 ± 4,76	0,35
Мужчины	абс.	9	8	9	8	0,89
	%	43	35	45	44	
Женщины	абс.	12	15	11	10	
	%	57	65	55	56	
Таргетная конечность левая	абс.	8	11	11	8	0,75
	%	38	48	55	44	
Таргетная конечность правая	абс.	13	12	9	10	
	%	62	52	45	56	
Стадия остеоартроза IIIb	абс.	9	14	14	11	0,35
	%	43	61	70	61	
Стадия остеоартроза IV	абс.	12	9	6	7	
	%	57	39	30	39	

Хирургические технологии

Выбор хирургического подхода и метода фиксации зависит от стадии ОА ГСС, степени деформации, а также от личных предпочтений хирурга.

В случае, когда поражение было сосредоточено в большеберцово-таранном суставе, медиальная лодыжка не вовлечена в патологический процесс или поражение было легким, а состояние кожи на латеральной лодыжке и общая соосность ГСС оценены как удовлетворительные, применяли латеральный доступ. Производили продольный разрез 10–15 см по проекции латеральной лодыжки, её вершины, на 2 см ниже.

Передний доступ использовали в случаях, когда хирургическое лечение требовало доступа как к медиальной, так и к латеральной лодыжке. Он проходил между сухожилием передней большеберцовой мышцы и разгибателем большого пальца.

При неблагоприятном состоянии кожи передней поверхности ГСС выбирали парный доступ: латеральный доступ + небольшой медиальный разрез. Первый разрез проходит между длинным разгибателем первого пальца и сухожилием передней большеберцовой мышцы, второй — между сухожилиями малоберцовой мышцы или длинным разгибателем пальцев.

Остеотомию малоберцовой кости применяли при латеральном подходе и в случаях, когда репозиция таранной кости затруднена, малоберцовую кость пересекали на 6–7 см выше ГСС, чтобы обнажить его латеральную поверхность и подготовить к проведению костной пластики.

В ходе операции удаляли периапартулярные рубцы, оссификаты, остатки хряща с суставных поверхностей, а также проводили корригирующие остеотомии на суставных поверхностях дистального отдела большеберцовой кости и верхней части таранной кости. Выравнивали поверхности и заполняли костной крошкой. После этого ГСС фиксировали с помощью соответствующего устройства: АВФ Илизарова, 2–3 канюлированных винтов диаметром 3,5 мм, передней или латеральной фиксирующей пластины или ретроградно введенного ИМШ HAN.

Важнейшим элементом формирования артродеза ГСС при неблагоприятном состоянии кожных покровов и костной ткани, при наличии признаков инфекции являлось применение аппарата Г.А. Илизарова. Возможность внеочагового воздействия на срастание костных фрагментов ставит АВФ в безальтернативные условия, но и значительно влияет на исход стабилизирующей операции в области ГСС, что мы и наблюдали в итоге исследования.

В послеоперационном периоде у пациентов для иммобилизации ГСС использовали укороченную трубчатую гипсовую повязку на голень и стопу.

Всем пациентам рекомендовано использовать костыли и избегать нагрузки на таргетную конечность в течение 5 нед. после операции. Ограниченную нагрузку начинали с 6 нед., постепенно переходили к полной нагрузке через 3–6 мес. В течение этого периода гипс меняли через каждые 3 мес.

Наблюдение пациентов

Всем пациентам проводили пред- и послеоперационный специализированный осмотр, оценивали функцию пораженной конечности и болевые ощущения по шкалам American Society of Foot and Ankle Surgeons Scoring System (AOFAS) и Visual Analogue Pain Score (VAS) [20]. Для оценки степени предоперационного состояния ГСС и послеоперационного сращения костей использовали рентгенологические исследования. Также регистрировали послеоперационные осложнения.

Статистические методы обработки материала

Данные исследований анализировали с помощью программы SPSS 26.0. Параметры измерений представляли в виде ($\bar{X} \pm S$), для сравнения между группами использовали парный t-тест. Данные подсчета выражали в виде частоты или процента, использовался тест χ^2 . Дисперсионный анализ проводили с повторными измерениями для непрерывных переменных. При $p < 0,05$ результаты считали статистически значимыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты четырёх различных методов фиксации на разных сроках после операции представлены на рисунках 1–4.

Клинический случай 1. Пациент 60 лет поступил в отделение с ревматоидным артритом IV стадии левого ГСС. Проведен артродез левого ГСС с фиксацией аппаратом Илизарова. Рентгенограммы до операции, в процессе фиксации и через 3 мес. после операции представлены на рисунке 1.

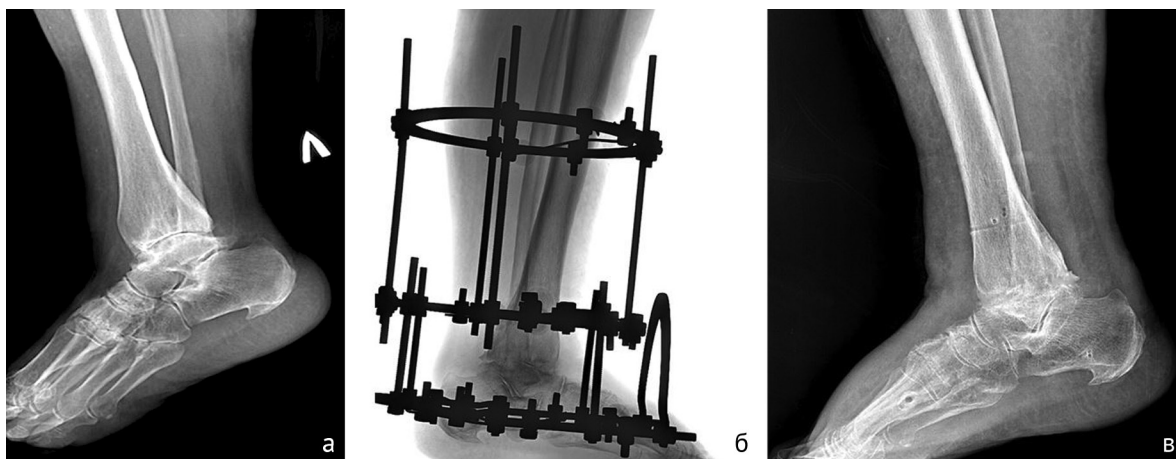


Рис. 1. Рентгенограммы левого ГСС пациента 60 лет (в боковой проекции). Динамика процесса артродезирования с внешней фиксацией аппаратом Илизарова: а — до операции; б — 1-й день после операции; в — 3-й месяц после операции

Клинический случай 2. Пациентке 58 лет с посттравматическим ОА левого ГСС IV стадии выполнен артродез этого сустава с фиксацией винтами. Рентгенограммы до операции, в процессе лечения и через 3 мес. после операции представлены на рисунке 2.

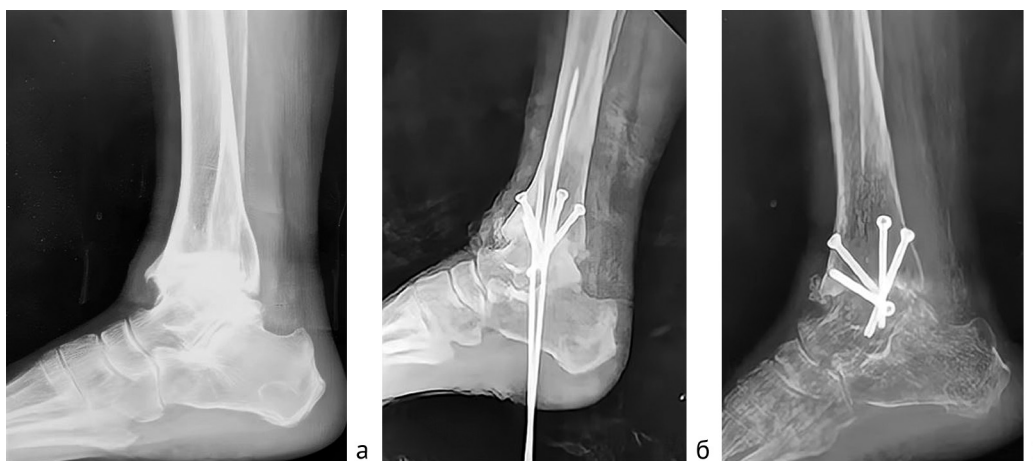


Рис. 2. Рентгенограммы левого голеностопного сустава пациентки 58 лет (в боковой проекции). Динамика процесса артродезирования с фиксацией внутрикостными канюлированными винтами: а — до операции; б — 1-й день после операции; в — 3-й месяц после операции

Клинический случай 3. Пациент 45 лет поступил в отделение с посттравматическим ОА правого ГСС IIIb стадии. Выполнен артродез ГСС с фиксацией пластинами. Рентгенограммы до операции, через 6 мес. и 12 мес. после операции представлены на рисунке 3.

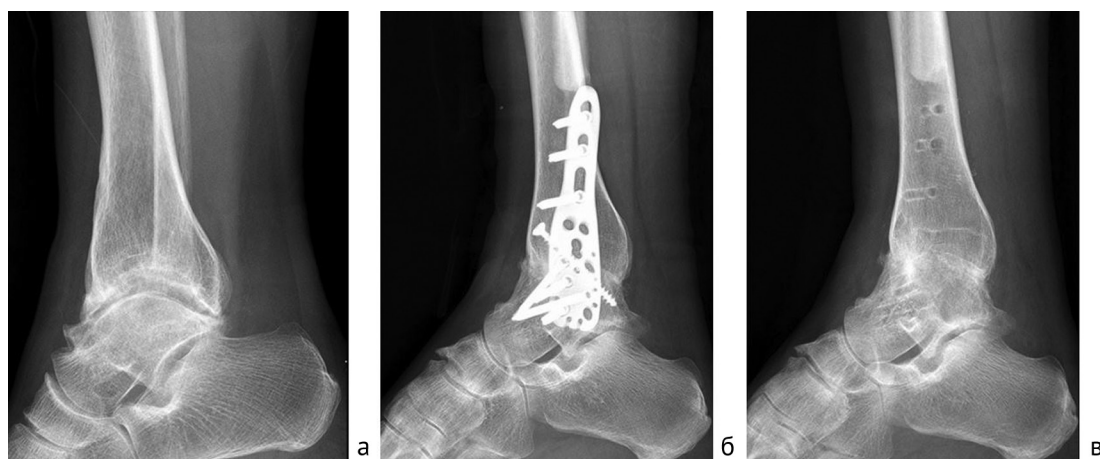


Рис. 3. Рентгенограммы правого голеностопного сустава в боковой проекции пациента 45 лет. Динамика процесса артродезирования с фиксацией наkostной пластиной и винтами: а — до операции; б — 6-й месяц после операции; в — 12-й месяц после операции

Клинический случай 4. Пациент 58 лет поступил с посттравматическим ОА правого ГСС IV стадии. Выполнен артродез ГСС с фиксацией ИМШ. Рентгенограммы до операции, через три дня и через 3 месяца после операции представлены на рисунке 4.

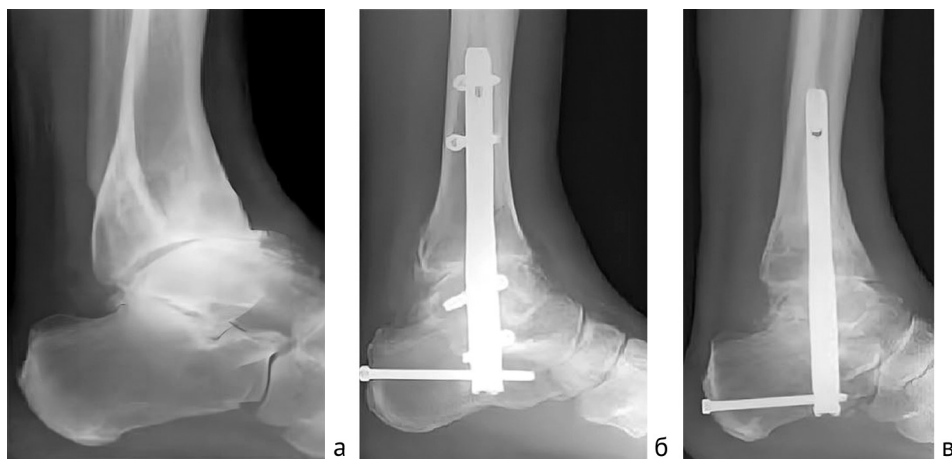


Рис. 4. Рентгенограммы правого голеностопного сустава в боковой проекции пациента 58 лет. Динамика процесса артродезирования с внутренней фиксацией ретроградным блокируемым штифтом: а — до операции; б — 3-й день после операции; в — 3-й месяц после операции

В результате было установлено, что достоверной разницы в объеме интраоперационной кровопотери между группами АВФ и ИМШ не было. Аналогично, не было значительной разницы по данному показателю между группами ВФ и ПФ. Однако интраоперационная кровопотеря при первых двух методах фиксации была достоверно меньше, чем при двух последних (табл. 2; рис. 5).

Таблица 2

Оценка различий объема интраоперационной кровопотери в группах пациентов с различными вариантами фиксации костных фрагментов при артродезе

Метод хирургической фиксации	Объем кровопотери (мл)	
Группа АВФ ($n = 21$)	$118,81 \pm 10,36$	
Группа ВФ ($n = 23$)		$125,65 \pm 5,90$
Группа ПФ ($n = 20$)		$130,50 \pm 10,38$
Группа ИМШ ($n = 18$)	$115,56 \pm 8,73$	
p	0,25	0,09

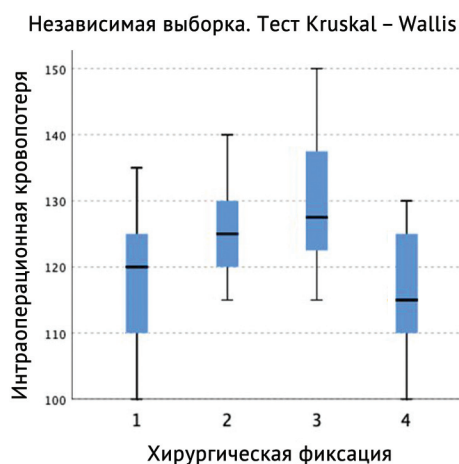


Рис. 5. Различия в объеме интраоперационной кровопотери в группах пациентов с различными вариантами фиксации костных фрагментов при артродезе:
1 — группа АВФ; 2 — группа ВФ;
3 — группа ПФ; 4 — группа ИМШ

При сравнительном анализе продолжительности операции не было выявлено различий между группами АВФ и ИМШ. Аналогично, не было значительной разницы в продолжительности операции между группами ВФ и ПФ. Однако при применении первых двух типов фиксации продолжительность операции была значительно меньше, чем при двух последних (табл. 3; рис. 6).

Таблица 3

Оценка различий длительности операции в группах пациентов с различными вариантами фиксации костных фрагментов при артродезе

Метод хирургической фиксации	Длительность операции (мин.)	
Группа АВФ ($n = 21$)	$145,24 \pm 9,15$	
Группа ВФ ($n = 23$)		$153,26 \pm 11,04$
Группа ПФ ($n = 20$)		$154,25 \pm 13,89$
Группа ИМШ ($n = 18$)	$142,50 \pm 9,59$	
p	0,43	0,78

Примечание: достоверность различий между группами оценивалась с помощью теста Стьюдента – Ньюмена – Кейлса

Сравнительный анализ динамики функционального состояния пораженной конечности в группах пациентов после артродеза выявил, что через 3 мес. после операции наблюдали значительную разницу между оценками по шкале AOFAS. При этом максимальный балл зафиксирован в группе ПФ ($68,95 \pm 3,44$), минимальный — при внешней фиксации с помощью аппарата Илизарова ($62,67 \pm 1,32$) (табл. 4).

Через 6 мес. после операции не выявлено значительной разницы между средним баллом по шкале AOFAS в группах АВФ и ИМШ ($p = 0,67$). Аналогично, оценки по шкале AOFAS между группами ВФ и ПФ значимо не различались ($p = 0,45$). Однако средний балл по шкале AOFAS в группах ВФ и ПФ был значительно выше, чем в группах АВФ и ИМШ ($p < 0,05$) (табл. 4).

Независимая выборка. Тест Kruskal – Wallis

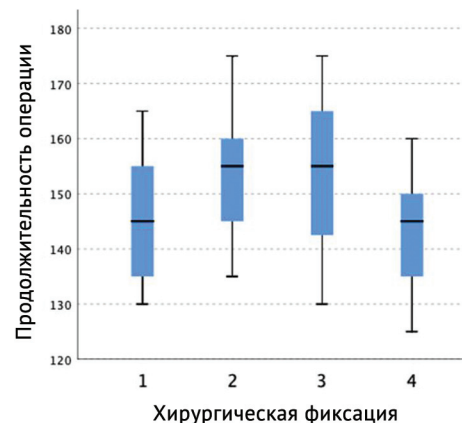


Рис. 6. Различия в длительности операции в группах пациентов с различными вариантами фиксации костных фрагментов при артродезе:
1 — группа АВФ; 2 — группа ВФ;
3 — группа ПФ; 4 — группа ИМШ

Таблица 4

Сопоставление среднего балла по шкале AOFAS в группах пациентов с артродезом после операции

Метод хирургической фиксации	Средний балл по шкале AOFAS после операции			
	через 3 мес.	через 6 мес.		через 12 мес.
Группа АВФ ($n = 21$)	$62,67 \pm 1,32$	$73,48 \pm 5,48$		$77,62 \pm 6,74$
Группа ВФ ($n = 23$)	$66,57 \pm 2,43$		$76,35 \pm 3,42$	$79,91 \pm 5,08$
Группа ПФ ($n = 20$)	$68,95 \pm 3,44$		$77,30 \pm 3,51$	$80,60 \pm 3,73$
Группа ИМШ ($n = 18$)	$64,72 \pm 1,32$	$72,94 \pm 3,08$		$80,50 \pm 3,26$
p	1,00	0,67	0,45	0,23

Примечание: достоверность различий между группами оценивалась с помощью теста Стьюдента – Ньюмена – Кейлса.

Анализ среднего балла по шкале AOFAS к завершению наблюдения не выявил различий между группами (табл. 4). Динамика данного показателя во всех группах была однонаправленной — в сторону увеличения среднего балла и улучшения функции пораженной конечности (рис. 7).

Сопоставление интенсивности болевых ощущений в прооперированном суставе через 3 мес. после вмешательства выявило отсутствие достоверных различий между средними баллами по ВАШ в группах ВФ, ПФ и ИМШ. Однако в группе АВФ средний балл был значительно выше, чем при трех других методах фиксации (табл. 5).

При повторной оценке интенсивности болевых ощущений через 6 мес. после операции получены аналогичные результаты (табл. 5).

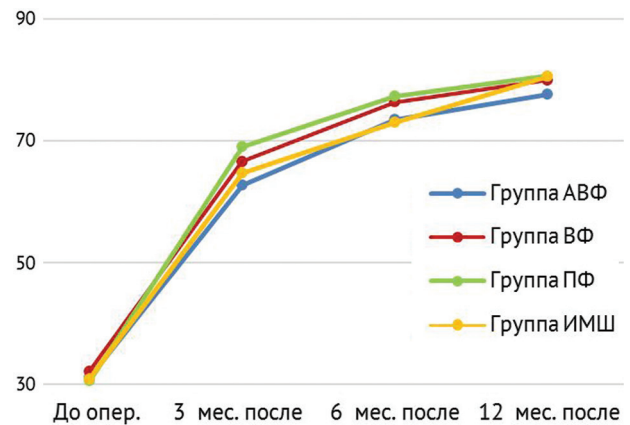


Рис. 7. Сопоставление динамики среднего балла по шкале AOFAS в группах пациентов с различными вариантами фиксации после артродеза

Таблица 5

Сопоставление среднего балла по шкале VAS в группах пациентов с артродезом после операции

Метод хирургической фиксации	Средний балл по шкале VAS после операции				
	через 3 мес.		через 6 мес.		через 12 мес.
Группа АВФ (n = 21)	4,24 ± 0,83		3,43 ± 0,93		2,81 ± 1,08
Группа ВФ (n = 23)			2,78 ± 0,85		2,61 ± 0,78
Группа ПФ (n = 20)			2,65 ± 0,59		2,25 ± 0,55
Группа ИМШ (n = 18)			2,78 ± 0,88		2,61 ± 0,85
p	1,00	0,78	1,00	0,87	0,15

Примечание: достоверность различий между группами оценивалась с помощью теста Стьюдента – Ньюмена – Кейлса.

Однако при сравнительном анализе итоговой оценки болевых ощущений по ВАШ через год после операции не выявлено различий между группами (табл. 5; рис. 8).

Послеоперационный период в большинстве случаев протекал без осложнений. На диаграмме видно, что максимальная частота осложнений в послеоперационном периоде зафиксирована в группе ИМШ, а минимальная — при фиксации с помощью пластины (рис. 9). Однако эти различия не были статистически значимыми ($p > 0,05$).

Послеоперационное сращение достигнуто у большинства пациентов вне зависимости от способа фиксации (рис. 10).

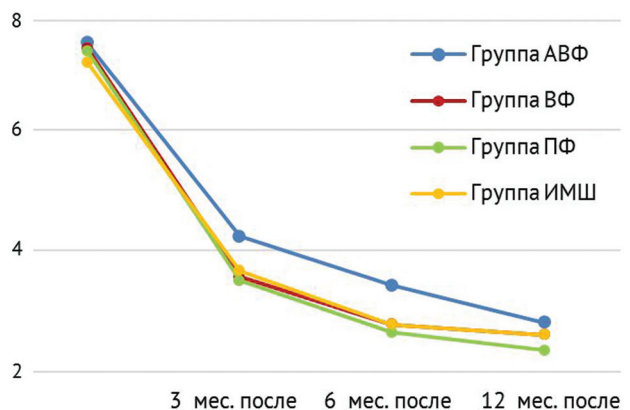


Рис. 8. Сопоставление динамики среднего балла по VAS в группах в зависимости от вариантов фиксации

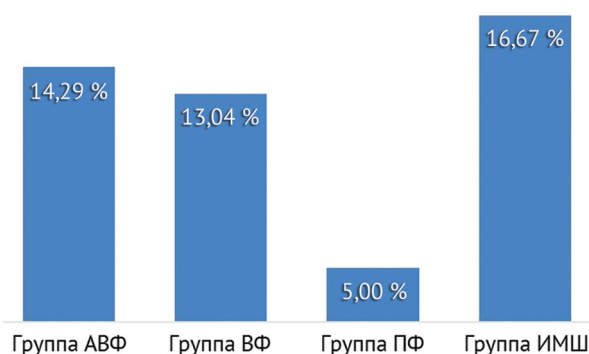


Рис. 9. Сопоставление частоты развития осложнений в зависимости от способа фиксации

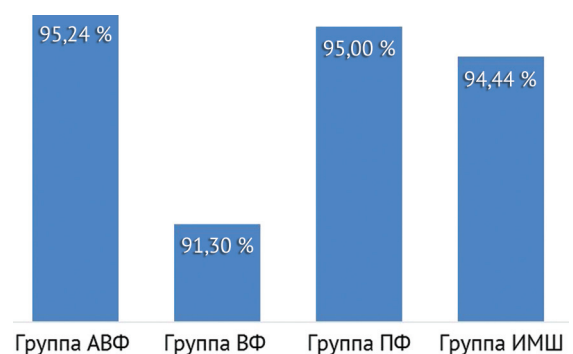


Рис. 10. Сопоставление частоты послеоперационного сращения в зависимости от способа фиксации

Как следует из данных диаграммы, чаще всего послеоперационное сращение регистрировали в группе АВФ, а реже — при фиксации с помощью винтов. Однако различия между группами не достигали уровня статистической достоверности.

ОБСУЖДЕНИЕ

Артродез ГСС — надежный метод лечения поздних стадий ОА ГСС, который эффективно снижает интенсивность боли и улучшает функцию пораженной конечности [4]. Успешность артрореза ГСС лежит в соблюдении нескольких ключевых принципов, включая адекватный костный контакт, межкостную компрессию и стабильность в области костного контакта [8, 13]. При этом показатель излечения составляет 85–100 % [9, 15].

В исследовании P. Morasiewicz et al. [17] отмечено, что интенсивность болевого синдрома при артрорезе ГСС с фиксацией аппаратом Илизарова ниже, чем при винтовой фиксации, что оценивали по шкале VAS. Однако A. Teramoto et al. [21] сообщили, что при артрорезе ГСС с винтовой фиксацией интраоперационное кровотечение и продолжительность операции были ниже, чем при фиксации аппаратом Илизарова.

С точки зрения послеоперационных осложнений наиболее частым является несращение, причем, по историческим данным, частота несращений достигает 40 % [22], но в современной литературе частота несращений приближается к 10 % [15, 23].

В традиционном понимании ВФ считается более предпочтительной методикой вследствие удобства ее применения и высокой частоты сращения [24]. Более поздние исследования показали благоприятные показатели сращения при ВФ — от 91 до 100 % [8]. Однако нет гарантии его пригодности для пациентов с остеопорозом [25].

С другой стороны, некоторые авторы отмечают, что ПФ обладает высокой стабильностью и жесткостью [26]. В одном из последних исследований была отмечена частота сращения артрореза с ПФ до 97,6 % [19, 27]. Вместе с тем, в другом исследовании не было обнаружено значительной разницы в результатах между применением винтов и пластин при артрорезе ГСС [28].

В отличие от этого фиксация ИМШ имеет низкий технический порог и может быть быстро освоена хирургами, а частота сращений при ней составляет 71–95 % [6].

В данном исследовании общая частота сращений составила 93,90 % (77 случаев). Несмотря на то, что между группами имелась численная разница в частоте сращений, она не была статистически значимой.

Помимо несращения, иными осложнениями артрореза голеностопного сустава являются асептическое расшатывание, неправильное положение, инфекционные осложнения и повреждение нервов [12, 15].

Исследование К.А. Сливкова с соавт. показало, что у 28 % пациентов осложнения проявляются в течение трех недель после операции [29]. Ряд авторов утверждает, что лечение с помощью интрамедуллярных блокируемых штифтов является наиболее эффективным по сравнению с винтами и пластинами, имея при этом преимущество в виде высокой частоты сращения и низкой частоты осложнений. Однако метод требует рассверливания и может повысить вероятность инфицирования, тромбоэмболии легочной артерии и системного воспаления [6].

В нашем исследовании общая частота осложнений составила 12,20 % (10 случаев).

Преобладали послеоперационные инфекции области послеоперационной раны или мест выхода спиц — 4 (4,88 %) случая. Два из этих случаев пришлось на группу АВФ. Смена антисептика, обкалывание мест выхода спиц антибиотиком, ультрафиолетовое облучение позволили купировать осложнения без последствий для конечного результата лечения у одного пациента. Однако у другого пациента в результате артрорез не состоялся.

В случае фиксации блокируемым ретроградным ИМШ после глубокого инфицирования возникало расшатывание имплантата с последующим развитием послеоперационного несращения. Один из пациентов после фиксации канюлированными винтами перенёс многократные дебридментные операции с антибиотикотерапией. Попытки ревизий не привели к купированию инфекционного процесса, и артрорез не состоялся.

Основной причиной двух оставшихся случаев несращения костных элементов был излом имплантата, что отмечено в группах ВФ (одно наблюдение) и ПФ (один случай). Два относительно редких случая (2,4 %) послеоперационного повторного перелома (рефрактуры), возникшие после фиксации ИМШ, расценены как возможная связь с концентрацией напряжения.

К наиболее серьезным осложнениям мы отнесли венозные тромбозы, поскольку они могли закончиться фатально для пациента [30]. В данном исследовании 2 случая (2,4 %) этого осложнения наблюдали у пациентов в группах АВФ и ВФ.

Следует отметить, что пациенты в группе АВФ имели более неблагоприятное состояние по сравнению с другими группами, и среди них были пациенты с этиологией, вызывающей повреждение костной ткани или инфекцию. Однако послеоперационные результаты, как по частоте сращений, так и по частоте осложнений, достоверно не отличались от других групп. Это подтверждает положение, что АВФ обладает значительными преимуществами в преодолении вышеперечисленных сложностей.

Таким образом, у подавляющего большинства пациентов исходно отмечали неудовлетворительную функцию ГСС и хронические болевые ощущения средней и высокой интенсивности. После операции артродеза у большинства пациентов отмечали достоверное улучшение функции, снижение интенсивности боли, что свидетельствует об эффективности этого подхода к лечению ОА ГСС.

При сопоставлении эффективности различных методов хирургической фиксации установлено, что имеются как преимущества, так и недостатки. Фиксации с помощью АВФ и штифта характеризуются меньшими объемами кровопотери, относительно короткой продолжительностью операции. При использовании пластин и винтов быстрее происходит функциональное восстановление, эффективнее снижается интенсивность боли. В целом, разница в послеоперационных результатах при долгосрочном наблюдении была незначительной, и эффективность различных методов была схожей. Исходя из этого, мы считаем, что наиболее подходящий план хирургического лечения должен разрабатываться с учетом состояния пациента, включая его возраст, анамнез жизни, комплаентность пациента и т.д. и по принципу индивидуализации в сочетании с клиническим обследованием и визуализацией [4, 10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность артродеза ГСС при лечении поздних стадий ОА ГСС достаточно высока и позволяет значительно улучшить функцию пораженной конечности и уменьшить интенсивность боли в суставе.

Каждый метод фиксации имеет свои преимущества и недостатки, но по долгосрочной эффективности значительной разницы нет, поэтому при выборе оптимального хирургического метода для достижения искомого результата следует соблюдать принцип индивидуального подхода.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Этическая экспертиза. Исследование было рассмотрено и одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России (протокол № 1 от 02.03.2021 г.) и Локальным комитетом по этике Центральной больницы г. Ухань (протокол № 2835 от 15.01.2019 г.)

Информированное согласие. Все пациенты подписали форму информированного согласия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Филимонова О.Г. Нейропатический компонент боли у больных остеоартритом. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2022;6(3):113-119. doi: 10.32364/2587-6821-2022-6-3-113-119
2. Лиля А.М., Алексеева Л.И., Таскина Е.А., Кашеварова Н.Г. Остеоартрит как междисциплинарная проблема: алгоритм лечения для терапевтов и врачей общей практики. *Современная ревматология*. 2021;15(5): 68-75. doi: 10.14412/1996-7012-2021-5-68-75
3. van den Heuvel SBM, Doorgakant A, Birnie MFN, et al. 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
4. Wang R, Wu J, Akhtyamov I, et al. A network meta-analysis of the efficacy of arthrodesis with various fixation methods in the treatment of advanced ankle osteoarthritis. *Injury*. 2023;54(7): 110794. doi: 10.1016/j.injury.2023.05.025
5. Herrera-Pérez M, Valderrabano V, Godoy-Santos AL, et al. Ankle osteoarthritis: comprehensive review and treatment algorithm proposal. *EFORT Open Rev.* 2022;7(7):448-459. doi: 10.1530/EOR-21-0117
6. Savaş T, Karsli B, Kurt V, Yavuz Savaş N. A Single-Center Comparative Study: Outcome Analysis of Fixation Techniques for Tibiotalocalcaneal Arthrodesis. *Cureus*. 2023;15(9):e45308. doi: 10.7759/cureus.45308
7. 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
8. van den Heuvel SBM, 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
9. Хоминец В.В., Михайлов С.В., Жумагазиев С.Е. и др. Артродезирование голеностопного сустава с использованием трех спонгиозных винтов. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):117-126. doi: 10.17816/2311-2905-1989
10. Ван Ж., Ахтямов И.Ф., Зиятдинов Б.Г., Файзрахманова Г.М. Артродез голеностопного сустава: реалии и перспективы на фоне новых технологий. *Обзор литературы. Вестник восстановительной медицины*. 2022;21(2): 115-126. doi: 10.38025/2078-1962-2022-21-2-115-126

11. Yadkikar SV, Yadkikar V, Prasad RK, et al. Arthrodesis with the Ilizarov ring fixator for severe ankle arthritis. *Genij Ortopedii*. 2023;29(4):362-367. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-362-367
12. Maffulli N, Longo U G, Locher J, et al. Outcome of ankle arthrodesis and ankle prosthesis: a review of the current status. *Br Med Bull*. 2017;124(1):91-112. doi: 10.1093/bmb/ldx042
13. Котельников Г.П., Иванов В.В., Николаенко А.Н. и др. Эндопротезирование голеностопного сустава. *Гений ортопедии*. 2021;27(5):645-657. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-5-645-657
14. Кузнецов В.В., Тамоев С.К., Оснач С.А. и др. Эндопротезирование при лечении пациентов с аваскулярным остеонекрозом таранной кости: обзор литературы. *Гений ортопедии*. 2023;29(3):329-340. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-3-329-340
15. DeVries JG, Scharer BM. The Ankle Joint: Updates on Ankle Fusion Approaches and Fixation. *Clin Podiatr Med Surg*. 2023;40(4):681-701. doi: 10.1016/j.cpm.2023.05.010
16. Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Чугаев Д.В. и др. Артродезирование голеностопного сустава как оптимальная хирургическая опция при лечении пациентов с деформирующим артрозом голеностопного сустава терминальной стадии (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2019;4(38):18-26. doi: 10.17238/issn2226-2016.2019.4.18-26
17. Morasiewicz P, Dejneke M, Orzechowski W, et al. Clinical evaluation of ankle arthrodesis with Ilizarov fixation and internal fixation. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019 Apr 11;20(1):167. doi: 10.1186/s12891-019-2524-1
18. Лебедев А.А., Солдатов Ю.П. Результаты применения различных способов артродеза голеностопного сустава у больных остеоартритом. *Уральский медицинский журнал*. 2022;21(2):13-18. doi: 10.52420/2071-5943-2022-21-2-13-18
19. Berlet GC, Prissel MA, Zulauf EE, et al. Ankle Fusion Outcomes Utilizing Anterior Ankle Plating Techniques: A Systematic Review. *Foot Ankle Orthop*. 2022;7(1):2473011421S00110. doi: 10.1177/2473011421S00110
20. Bai Z, Yang Y, Chen S, et al. Clinical effectiveness of arthroscopic vs open ankle arthrodesis for advanced ankle arthritis: A systematic review and meta-analysis. *Medicine* (Baltimore). 2021;100(10):e24998. doi: 10.1097/MD.00000000000024998
21. Teramoto A, Nozaka K, Kamiya T, 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
22. Frey C, Halikus NM, Vu-Rose T, Ebrahimzadeh E. A review of ankle arthrodesis: predisposing factors to nonunion. *Foot Ankle Int*. 1994;15(11):581-4. doi: 10.1177/107110079401501102
23. Yasui Y, Hannon CP, Seow D, Kennedy JG. Ankle arthrodesis: A systematic approach and review of the literature. *World J Orthop*. 2016;7(11):700-708. doi: 10.5312/wjo.v7.i11.700
24. Rabinovich RV, Haleem AM, Rozbruch SR. Complex ankle arthrodesis: Review of the literature. *World J Orthop*. 2015;6(8):602-13. doi: 10.5312/wjo.v6.i8.602
25. Norvell DC, Ledoux WR, Shofer JB, et al. Effectiveness and Safety of Ankle Arthrodesis Versus Arthroplasty: A Prospective Multicenter Study. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101(16):1485-1494. doi: 10.2106/JBS.18.01257
26. Betz MM, Benninger EE, Favre PP, et al. Primary stability and stiffness in ankle arthrodesis-crossed screws versus anterior plating. *Foot Ankle Surg*. 2013;19(3):168-72. doi: 10.1016/j.fas.2013.04.006
27. Kusnezov N, Dunn JC, Koehler LR, Orr JD. Anatomically Contoured Anterior Plating for Isolated Tibiotalar Arthrodesis: A Systematic Review. *Foot Ankle Spec*. 2017;10(4):352-358. doi: 10.1177/1938640017700974
28. Kim J B, Lee B J, Jung D, et al. Comparing outcomes of the ankle arthrodesis by using two different materials via a transfibular approach. *Acta Orthop Bras*. 2020;28(2):55-59. doi:10.1590/1413-78522020280223986
29. Сливков К.А., Брижань Л.К., Давыдов Д.В. и др. Хирургические осложнения после артродеза голеностопного сустава. *Медицинский совет*. 2013;(4-2):96-99. doi: 10.21518/2079-701X-2013-4-2-96-99
30. Божкова С.А., Тихилов Р.М., Андрияшкин В.В. и др. Профилактика, диагностика и лечение тромбозомболических осложнений в травматологии и ортопедии: методические рекомендации. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(3):136-166. doi: 10.17816/2311-2905-1993

Статья поступила 14.11.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 14.11.2023; approved after reviewing 04.12.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Жоши Ван — врач травматолог-ортопед, аспирант кафедры, wangruoshi@mail.ru.

Ильдар Фуатович Ахтямов — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой, yalta60@mail.ru.

Цзюнь Цай — заведующий отделением.

Буллат Гумарович Зиятдинов — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед.

Евгений Станиславович Шигаев — кандидат медицинских наук, ассистент.

Information about the authors:

Ruoshi Wang — PhD Student, wangruoshi@mail.ru;

Ildar F. Akhtiamov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department, yalta60@mail.ru;

Jun Cai — Chief Department;

Bulat G. Ziatdinov — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist;

Evgenii S. Schigaev — Candidate of Medical Sciences, assistant.

Вклад авторов:

Ван Ж. — формальный анализ, исследование, обработка данных, написание (первоначальный вариант), визуализация. Ахтямов И.Ф. — концептуализация, методология, контроль, управление проектом, написание (рецензирование и редактирование).

Цай Ц. — исследование, обработка данных.

Зиятдинов Б.Г. — исследование, обработка данных.

Шигаев Е.С. — исследование, обработка данных.

Научная статья

УДК [616.728.48+617.586]:616-00-071.1

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-221-233>

Валидация и апробация русской версии опросника оценки состояния стопы и голеностопного сустава SEFAS у пациентов хирургического профиля с патологией передних отделов стопы

А.А. Акулаев[✉], А.А. Иванов, Т.И. Ионова, С.М. Ефремов, Т.П. Никитина, К.А. Тищенко,
А.А. Повалий

Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Антон Андреевич Акулаев, antonakulaev@gmail.com

Аннотация

Введение. Опросник самостоятельной оценки состояния стопы и голеностопного сустава (англ. Self-reported Foot and Ankle Score, SEFAS) является одним из инструментов оценки состояния стопы в Швеции. При разработке русской языковой версии опросника в условиях новой языковой среды необходимо проведение процедур валидации, обоснования надежности, валидности и чувствительности, а также ее апробация.

Цель работы — валидация русской версии опросника SEFAS и апробация инструмента в отечественной популяции пациентов хирургического профиля, имеющих патологию стопы.

Материалы и методы. Все пациенты до операции заполняли три опросника — SEFAS, общий опросник качества жизни SF-36 и шкалу функциональной оценки нижней конечности (англ. Lower Extremity Functional Scale, LEFS). Через 2 мес. после операции пациенты заполняли повторно опросник SEFAS для оценки чувствительности инструмента. Врач-исследователь на основании истории болезни фиксировал ряд общих и клинических показателей у каждого пациента, включая пол, возраст, социо-демографические данные, характер патологии стопы, а также угол тыльного сгибания в первом плюснефаланговом суставе. Для оценки воспроизводимости русской версии опросника часть пациентов заполнила опросник SEFAS перед операцией дважды с интервалом в один день.

Результаты. Опросник характеризуется хорошей внутренней согласованностью и воспроизводимостью, что свидетельствует о приемлемой надежности русской версии SEFAS. В соответствии с полученными результатами, статистически значимые корреляции разной степени были получены между всеми шкалами SF-36 и почти всеми отдельными вопросами русской версии SEFAS. Статистически значимые корреляции (умеренные и слабые) показаны между суммарным баллом LEFS и всеми отдельными вопросами SEFAS. В рамках оценки клинической интерпретируемости русской версии SEFAS определили величину минимальных клинически значимых изменений MCID, согласно полученным данным она составила 3 балла.

Обсуждение. В рамках исследования продемонстрированы надежность, валидность и чувствительность русской версии опросника SEFAS. Опросник является информативным и клинически интерпретируемым инструментом для оценки состояния стопы у взрослых пациентов хирургического профиля с ее патологией.

Заключение. Опросник SEFAS может быть рекомендован к использованию в отечественной травматологии и ортопедии для учета мнения пациента при оценке состояния.

Ключевые слова: оценка функции стопы и голеностопного сустава, опросник, валидация, апробация, качество жизни

Для цитирования: Акулаев А.А., Иванов А.А., Ионова Т.И., Ефремов С.М., Никитина Т.П., Тищенко К.А., Повалий А.А. Валидация и апробация русской версии опросника оценки состояния стопы и голеностопного сустава Sefas у пациентов хирургического профиля с патологией передних отделов стопы. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):221-233. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-221-233. EDN: GGRUFQ.

Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-221-233>



Validation and evaluation of the Russian version of the SEFAS questionnaire for assessing foot and ankle in surgically treated patients with forefoot disorders

A.A. Akulaev✉, A.A. Ivanov, T.I. Ionova, S.M. Efremov, T.P. Nikitina, K.A. Tishchenkov, A.A. Povaliy

Saint Petersburg State University Hospital, Saint Petersburg, Russian Federation

Corresponding author: Anton A. Akulaev, antonakulaev@gmail.com

Abstract

Introduction The Self-reported Foot and Ankle Score (SEFAS) is one of the foot health assessment tools in Sweden. Validation procedures, reliability, validity, sensitivity, approval are essential for the Russian version of the questionnaire with a new language environment.

The objective was to validate the Russian version of the SEFAS questionnaire and approve the tool in the Russian surgical patients with foot disorders.

Material and methods The questionnaires the patients completed preoperatively included SEFAS, SF-36, a general health survey questionnaire, and the Lower Extremity Functional Scale (LEFS). Patients were requested to complete the SEFAS questionnaire at 2 months of surgery to assess the sensitivity of the instrument. Based on the case histories clinical researcher recorded general and physical parameters of the patients to include gender, age, socio-demographic data, nature of the foot disorder, a dorsiflexion angle of the first metatarsophalangeal joint. To assess the reproducibility of the Russian version of the questionnaire, some patients were requested to complete the SEFAS questionnaire twice preoperatively with an interval of one day.

Results The questionnaire was characterized by good internal consistency and reproducibility indicating acceptable reliability of the Russian version of SEFAS. Statistically significant correlations of varying strength were seen between the SF-36 scores and nearly all the selected questions of the SEFAS Russian version. Statistically significant correlations (moderate to weak) were observed between the LEFS total score and the selected SEFAS questions. Minimal clinically significant changes in MCID scored 3 in the assessment of clinical interpretability of the Russian version of SEFAS.

Discussion The study demonstrated the reliability, validity and sensitivity of the Russian version of the SEFAS questionnaire. The questionnaire appeared to be an informative and clinically interpretable instrument for assessing foot in surgical adult patients with foot disorders.

Conclusion The SEFAS questionnaire can be recommended for Russian trauma and orthopaedic practice to learn the patient's opinion of the condition.

Keywords: foot and ankle function assessment, questionnaire, validation, testing, quality of life

For citation: Akulaev AA, Ivanov AA, Ionova TI, Efremov SM, Nikitina TP, Tishchenkov KA, Povaliy AA. Validation and evaluation of the Russian version of the SEFAS questionnaire for assessing foot and ankle in surgically treated patients with forefoot disorders. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):221-233. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-221-233

ВВЕДЕНИЕ

Стопа выполняет важнейшие функции опоры и передвижения человека, вследствие чего больше всех других составляющих опорно-двигательной системы подвержена патологическим изменениям, связанным с внешними и внутренними причинами [1–5]. Эффективным методом лечения пациентов с патологией стопы является хирургическое вмешательство [6–8]. В соответствии с современными международными рекомендациями по ведению пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, на этапе принятия решений, а также при определении эффективности хирургического лечения и реабилитации больных недостаточно клинического и рентгенологического обследования, необходимо учитывать мнение самого пациента в отношении влияния ортопедической патологии и ее лечения на ежедневную активность и разные аспекты его жизни [9–11]. Одним из инструментов, которые рекомендованы международным ортопедическим сообществом для оценки состояния стопы и/или голеностопного сустава при разных патологиях, в том числе после хирургического лечения, а также для формирования регистра пациентов с различными заболеваниями стопы и голеностопного сустава в Швеции, является Опросник самостоятельной оценки состояния стопы и голеностопного сустава (*англ.* Self-reported Foot and Ankle Score, SEFAS) [12].

Опросник SEFAS, разработанный M. Coster et al. в 2007 г. на основе общего опросника для оценки функции голеностопного сустава, продемонстрировал хорошие психометрические свойства инструмента [12–14]. Опросник содержит 12 пунктов, на каждый из которых представлены пять вариантов ответа. Ответы на каждый из 12 пунктов оценивают по шкале Ликерта от нуля до четырёх баллов. При обработке «сырых» баллов опросника рассчитывают суммарный балл по SEFAS, значения которого могут варьировать от 0 (соответствует максимальному нарушению функции) до 48 (соответствует отсутствию нарушения функции голеностопного сустава и стопы). Структура опросника позволяет также оценить такие аспекты как боль, функция и ограничение функции, не выделенные в отдельные шкалы [12]. Разработаны языковые версии опросника SEFAS для применения в Германии, Дании, Испании и Франции [15–18]. Результаты языковой и культурной адаптации русской версии опросника SEFAS опубликованы ранее [19]. В соответствии с международными методологическими стандартами и рекомендациями [20, 21], при разработке новой языковой версии опросника для возможности ее использования в научных исследованиях и клинической практике в условиях новой языковой среды необходимо проведение процедуры валидации для оценки ее психометрических свойств — надежности, валидности и чувствительности, а также ее апробация для определения применимости и клинической интерпретируемости опросника в популяции пациентов с конкретной патологией. Для доказательства клинической интерпретируемости опросника необходимо проведение анализа минимальных клинически значимых изменений (MCID) [22], выявляемых при его использовании, и продемонстрировать их наличие в фокусной популяции пациентов после проведенного лечения.

Цель работы — валидация русской версии опросника SEFAS и апробация инструмента в отечественной популяции пациентов хирургического профиля, имеющих патологию стопы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в период с апреля по июль 2023 г. на базе травматологического отделения № 2 Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова СПбГУ. Протокол исследования одобрен Комитетом по биомедицинской этике Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова СПбГУ (протокол от 07.07.2022 № 07/22). В исследование включены взрослые пациенты, имеющие патологию стопы, требующую хирургического лечения, при условии их способности заполнить опросники. Все пациенты подписывали информированное согласие. В исследование не включали больных, имеющих когнитивные нарушения, препятствующие адекватному заполнению опросников. Все пациенты заполняли до операции три опросника: SEFAS, общий опросник качества жизни SF-36 и шкалу функциональной оценки нижней конечности (*англ.* Lower Extremity Functional Scale, LEFS). Через 2 мес. после операции пациенты заполняли повторно опросник SEFAS для оценки чувствительности инструмента. Врач-исследователь на основании истории болезни фиксировал ряд общих и клинических показателей каждого пациента, включая пол, возраст, социо-демографические данные, характер патологии стопы, а также угол тыльного сгибания (ТС) в первом плюснефаланговом суставе (ПФС1). Для оценки воспроизводимости русской версии опросника часть пациентов заполнила опросник SEFAS перед операцией дважды с интервалом в один день.

Опросник RAND SF-36 является широко распространенным общим опросником оценки качества жизни, который можно использовать как у здоровых людей, так и у пациентов с хроническими заболеваниями, в том числе у пациентов ортопедического профиля [23]. Инструмент предназначен для респондентов в возрасте от 14 лет и состоит из 36 вопросов, которые формируют 8 шкал: физическое функционирование (ФФ), ролевое физическое функционирование (РФФ), боль (Б), общее здоровье (ОЗ),

жизнеспособность (Ж), социальное функционирование (СФ), ролевое эмоциональное функционирование (РЭФ), психическое здоровье (ПЗ). Количество вопросов в каждой из шкал опросника варьирует от 2 до 10, на каждый вопрос предлагаются различные варианты ответов. Количество возможных ответов колеблется от 2 до 6. Ответы на вопросы представлены в виде шкал Ликерта. После проведения шкалирования (перевода необработанных данных в баллы качества жизни) результаты исследования выражают в баллах от 0 до 100 по каждой из восьми шкал. Чем выше балл по шкале опросника SF-36, тем лучше показатель качества жизни.

LEFS — это шкала функциональной оценки нижней конечности, разработанная в 1999 г. J.M. Binkley et al. [24]. LEFS состоит из 20 утверждений, оцениваемых по четырехбалльной системе от «нет трудностей» (4 балла) до «выраженные трудности или невозможность выполнения» (0 баллов). Подсчет проводят суммированием баллов по всем пунктам (максимальное число баллов равно 80, минимальное — 0).

Методы, выбранные для валидации русской версии опросника SEFAS, основаны на подходах, использованных при проверке психометрических свойств оригинальной версии инструмента [13] и разработке их версий на других языках [15–18], а также в соответствии с современными экспертными рекомендациями по применению новых языковых версий опросников [20].

Валидация включала решение следующих задач:

- анализ *надежности* осуществляли с помощью оценки внутренней согласованности опросника путем вычисления коэффициента α -Кронбаха, а также с помощью оценки воспроизводимости опросника при использовании метода тест-ретест: для этого пациенты, находящиеся в стабильном состоянии без какого-либо лечения, заполняли опросник дважды с интервалом в один день ($n = 20$) для сравнения суммарного балла по SEFAS на двух точках исследования и оценки корреляций между его значениями на двух точках исследования;
- анализ **валидности** включал изучение нескольких ее видов:
 - оценку *критериальной валидности* выполняли на основании оценки корреляции суммарного балла по SEFAS с величиной угла тыльного сгибания (ТС) в первом плюснефаланговом суставе (ПФС1);
 - анализ *дискриминантной валидности* проводили с помощью метода «известных групп» на основании сравнения показателей по SEFAS в группах пациентов с отсутствием нарушений в объеме движений/легкой степени нарушений и с нарушениями в объеме движений средней/тяжелой степени согласно углу ТС в ПФС1;
 - анализ *конвергентной валидности* выполняли на основании оценки корреляций между показателями по SEFAS и показателями по опросникам SF-36 и LEFS;
- анализ *чувствительности* проводили на основании определения величины эффекта (*англ.* Effect size, ES) изменений по опроснику, заполненному пациентами перед операцией и через 2 мес. после операции.

В рамках апробации русской версии SEFAS изучали ее применимость в фокусной популяции пациентов (*англ.* feasibility) на основании оценки понятности и легкости ее заполнения пациентами, анализа качества данных при его заполнении, а также процента минимальных и максимальных значений суммарного балла SEFAS до операции. Также определяли клиническую интерпретируемость (*англ.* interpretability) русской версии опросника — для этого рассчитывали величину минимальных клинически значимых изменений (MCID) суммарного балла по SEFAS. После этого проводили анализ доли пациентов, у которых обнаружены MCID после хирургического лечения, как в общей выборке, так и отдельно в группе спортсменов и в группе пациентов, не являющихся спортсменами.

Статистический анализ. Данные представлены в виде количества наблюдений, средних арифметических значений, стандартных отклонений, 95 % доверительных интервалов (95 % ДИ) и процентных долей. При выборе критерия проверки статистической значимости различий между анализируемыми показателями учитывался характер распределения данных с помощью критериев Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова; при сравнении двух несвязанных групп использовали критерий сравнения для двух выборок — t -критерий Стьюдента. При сравнении двух связанных групп использовали непараметрический критерий знаковых рангов Уилкоксона. Для оценки связи между показателями на двух точках заполнения опросников в рамках метода «тест-ретест» использовали коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC). Для оценки связи между значениями показателей разных опросников использовали корреляции Спирмена r . Силу корреляционной связи рассматривали по величине r : $0,1 < r < 0,39$ — слабая связь, $0,4 \leq r < 0,69$ — умеренная связь, $r \geq 0,7$ — сильная связь [25]. Для оценки внутреннего постоянства опросника вычислялся коэффициент α -Кронбаха. Для изучения изменений показателей во времени по опроснику SEFAS определяли величину эффекта (ES). Величину эффекта

рассматривали как небольшую при $ES = 0,2-0,5$, среднюю при $ES = 0,5-0,8$ и большую при $ES > 0,8$ [26]. Величину минимальных клинически значимых изменений (англ. minimal clinically important differences, MCID) по опроснику SEFAS определяли на основании расчета стандартной ошибки среднего (SEM) [27]. Формула для расчета: $SEM = SD \times \sqrt{1-\alpha}$, где SD — стандартное отклонение, α — значение коэффициента Кронбаха альфа для SEFAS.

Все тесты двусторонние, различия между сравниваемыми группами признаны статистически значимыми при уровне $p < 0,05$. Статистический анализ проведен с использованием программного обеспечения SPSS 23.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика выборки

В исследование включены 100 пациентов с патологией стопы. В таблице 1 представлена общая характеристика выборки. Большинство пациентов составили женщины (92 %). Медиана возраста — 55,7 года с широким диапазоном от 25 до 75 лет. У подавляющего большинства (97 %) основной диагноз — Hallux valgus. Патология стопы правой конечности выявлена у 51 %, левой — у 47 %, у двух пациентов — патология стопы обеих конечностей.

Профессиональные спортсмены составили четверть (23 %) выборки. Из их числа занимались плаванием 5 человек, скандинавской ходьбой — 4, танцами — 4, беговыми лыжами — 2, велосипедным спортом — 2, бегом — 1, конным спортом — 1, многоборьем — 1, настольным теннисом — 1, спортивной гимнастикой — 1, тяжелой атлетикой — 1.

Среднее значение (стандартное отклонение) угла ТС в ПФС1 до операции составило $34,9 (20,3)^\circ$, диапазон $0-60^\circ$. По степени нарушения объема движений в ПФС1 пациенты распределены следующим образом: нет нарушений — 38 % пациентов, легкая степень нарушений — 8 %, средняя — 13 % и тяжелая степень нарушений — 40 %. Средний показатель функции стопы до операции по LEFS составил $61,3 \pm 14,3$ балла. Средние показатели качества жизни по шкалам SF-36 до операции находились в диапазоне от $54,7 \pm 18,3$ балла (жизнеспособность) до $74 \pm 21,2$ балла (социальное функционирование). Также до операции отмечены низкие значения по шкалам ролевого функционирования — $55,3 \pm 41,1$ балла для ролевого эмоционального и $56,8 \pm 43,2$ балла для ролевого физического функционирования.

Таблица 1

Характеристика пациентов		
Показатели		Значения
Пол, %	Мужчины	8
	Женщины	92
Возраст, лет	Среднее (стандартное отклонение)	54 (12)
	Медиана (межквартильный интервал)	56 (44; 64)
	Диапазон	25–75
Семейное положение, %	Женат (замужем)	81
	Холост (не замужем)	10
	Разведен(а)	4
	Вдовец (вдова)	5
Образование, %	Высшее	48
	Среднее специальное	33
	Среднее	18
	Неоконченное среднее	1
Занятость, %	Работает	55
	Не работает	45
Занятия спортом, %	Нет	77
	Да	23
Инвалидность, %	Нет	97
	Есть, из них:	3
	2 группа	1
	3 группа	1
Сопутствующая патология, %	Нет	21
	Есть	79
Основной диагноз, %	Hallux valgus	97
	Pes planus	2
	Keller 2	1
Конечность, %	Правая	51
	Левая	47
	Правая и левая	2
Локализация патологии стопы, %	Передний отдел	98
	Средний и задний отдел	2

Психометрические свойства опросника SEFAS

Надежность

Значение коэффициента α -Кронбаха для суммарного балла опросника равно 0,846. При поочередном удалении пунктов величина α -Кронбаха незначительно уменьшается, что свидетельствует о состоятельности структуры опросника. При оценке воспроизводимости опросника показано отсутствие изменений суммарного балла SEFAS при повторном заполнении опросника пациентами в стабильном состоянии ($33,53 \pm 5,55$ против $34,06 \pm 6,24$; $ES = 0,1$), а также получено статистически значимое высокое значение коэффициента внутриклассовой корреляции ICC 0,962 (95 % ДИ: 0,906–0,985) между значениями суммарного балла SEFAS при первом и повторном заполнении опросника.

В целом, опросник характеризуется хорошей внутренней согласованностью и воспроизводимостью, что свидетельствует о приемлемой надежности русской версии SEFAS.

Валидность

Для оценки критериальной валидности изучены корреляции между суммарным баллом по SEFAS и углом ТС в ПФС1. Коэффициент корреляции r Спирмена между суммарным баллом по SEFAS и величиной угла ТС в ПФС1 составил 0,424 (95 % ДИ 0,249–0,578, $p < 0,001$). Таким образом, наблюдается статистически значимая положительная умеренная корреляция между суммарным баллом по SEFAS и величиной угла ТС в ПФС1. При оценке дискриминантной валидности методом «известных групп» продемонстрированы статистически значимые различия суммарного балла SEFAS в группе пациентов с отсутствием нарушений / легкой степенью нарушений в объеме движений в ПФС1 по сравнению с группой пациентов, имеющих нарушения в объеме движений в ПФС1 средней и тяжелой степени (рис. 1).

Таким образом, в группе пациентов с нарушениями в объеме движений средней и тяжелой степени суммарный балл по SEFAS ниже (хуже состояние стопы), чем в группе с отсутствием нарушений в объеме движений и легкой степенью нарушений (30,42 против 36,89 балла; $p < 0,001$). Полученные результаты свидетельствуют о хорошей дискриминантной валидности русской версии инструмента.

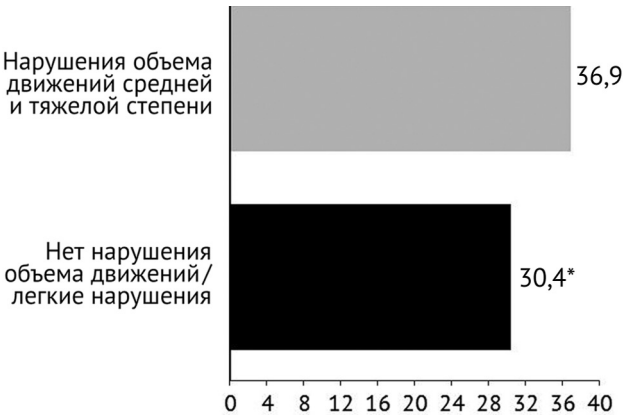


Рис. 1. Средние значения суммарного балла SEFAS в разных группах пациентов согласно степени нарушений в объеме движений на основе угла ТС в ПФС1; * — критерий Стьюдента, $p < 0,001$

Анализ конвергентной валидности проводили с помощью оценки корреляций между отдельными вопросами, а также суммарным баллом по опроснику SEFAS и «внешним критерием». В качестве «внешнего критерия» рассматривали шкалы опросника RAND SF-36 и суммарный балл по опроснику LEFS. В таблицах 2 и 3, соответственно, представлены коэффициенты корреляций Спирмена между показателями по отдельным вопросам и общему баллу SEFAS с показателями шкал SF-36, а также с суммарным баллом по опроснику LEFS.

Таблица 2

Корреляции между отдельными вопросами, суммарным баллом SEFAS и показателями шкал опросника SF-36

Вопросы SEFAS	Шкалы SF-36	r Спирмена*	95 % ДИ
1. Как бы Вы описали боль, которую Вы обычно испытываете в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь?	ФФ	0,311**	0,143–0,42
	РФФ	0,239*	0,107–0,366
	Б	0,627**	0,524–0,701
	ОЗ	0,204*	0,049–0,304
	Ж	0,215*	0,077–0,376
	СФ	0,269**	0,105–0,383
	РЭФ	0,193	0,023–0,312
	ПЗ	0,236*	0,079–0,381
2. Как долго Вы могли ходить прежде, чем возникает сильная боль в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь?	ФФ	0,264**	0,132–0,394
	РФФ	0,222*	0,088–0,383
	Б	0,435**	0,323–0,548
	ОЗ	0,228*	0,063–0,373
	Ж	0,111	–0,032–0,286
	СФ	0,247*	0,113–0,387
	РЭФ	0,047	–0,104–0,185
	ПЗ	0,120	–0,062–0,281
3. Могли ли Вы ходить по неровной поверхности?	ФФ	0,559**	0,132–0,394
	РФФ	0,404**	0,088–0,383
	Б	0,427**	0,323–0,548
	ОЗ	0,257**	0,063–0,373
	Ж	0,232*	–0,032–0,286
	СФ	0,301**	0,113–0,387
	РЭФ	0,281**	–0,104–0,185
	ПЗ	0,141	–0,062–0,281

Продолжение таблицы 2

Корреляции между отдельными вопросами, суммарным баллом SEFAS и показателями шкал опросника SF-36

Вопросы SEFAS	Шкалы SF-36	<i>r</i> Спирмена*	95 % ДИ
4. Приходилось ли Вам использовать ортопедические стельки, стельки под пятку или специальную обувь?	ФФ	0,423**	0,311–0,516
	РФФ	0,349**	0,206–0,496
	Б	0,317**	0,17–0,457
	ОЗ	0,141	–0,041–0,265
	Ж	0,207*	0,065–0,36
	СФ	0,225*	0,037–0,36
	РЭФ	0,223*	0,049–0,36
5. Насколько сильно боль в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь, мешала Вашей повседневной активности, включая домашние дела и хобби?	ПЗ	0,168	0,014–0,355
	ФФ	0,514**	0,372–0,637
	РФФ	0,394**	0,266–0,558
	Б	0,498**	0,37–0,624
	ОЗ	0,319**	0,162–0,454
	Ж	0,196	0,046–0,375
	СФ	0,388**	0,229–0,528
6. Хромали ли Вы при ходьбе из-за проблемы со стопой / голеностопным суставом, о которых идет речь?	РЭФ	0,307**	0,17–0,426
	ПЗ	0,193	0,386–0,65
	ФФ	0,607**	0,504–0,697
	РФФ	0,533**	0,414–0,647
	Б	0,595**	0,488–0,68
	ОЗ	0,170	–0,015–0,313
	Ж	0,159	–0,038–0,31
7. Могли ли Вы подняться на один лестничный пролет?	СФ	0,267**	0,109–0,4
	РЭФ	0,275**	0,128–0,382
	ПЗ	0,091	–0,069–0,239
	ФФ	0,635**	0,513–0,718
	РФФ	0,370**	0,219–0,509
	Б	0,395**	0,251–0,487
	ОЗ	0,358**	0,194–0,457
8. Беспокоила ли Вас боль в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь, ночью в постели?	Ж	0,222*	0,065–0,357
	СФ	0,451**	0,289–0,55
	РЭФ	0,348**	0,171–0,456
	ПЗ	0,129	–0,043–0,275
	ФФ	0,180	–0,002–0,309
	РФФ	0,309**	0,161–0,458
	Б	0,227*	0,051–0,338
9. Насколько сильно боль в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь, повлияла на привычный Вам активный досуг?	ОЗ	0,084	–0,119–0,214
	Ж	0,244*	0,082–0,404
	СФ	0,162	–0,01–0,267
	РЭФ	0,359**	0,198–0,454
	ПЗ	0,251*	0,099–0,388
	ФФ	0,442**	0,279–0,56
	РФФ	0,363**	0,24–0,506
10. Опухла ли Ваша стопа?	Б	0,551**	0,434–0,641
	ОЗ	0,132	–0,029–0,267
	Ж	0,186	0,029–0,35
	СФ	0,323**	0,17–0,445
	РЭФ	0,187	0,043–0,297
	ПЗ	0,213*	0,04–0,367
	ФФ	0,286**	0,148–0,434
10. Опухла ли Ваша стопа?	РФФ	0,244*	0,13–0,409
	Б	0,152	0,041–0,291
	ОЗ	0,243*	0,125–0,39
	Ж	0,093	–0,035–0,293
	СФ	0,144	0,007–0,313
	РЭФ	0,201*	0,075–0,364
	ПЗ	0,127	–0,004–0,279

Корреляции между отдельными вопросами, суммарным баллом SEFAS и показателями шкал опросника SF-36

Вопросы SEFAS	Шкалы SF-36	<i>r</i> Спирмена*	95 % ДИ
11. После еды (сидя за столом) насколько больно Вам было подняться со стула из-за стопы / голеностопного сустава, о которых идет речь?	ФФ	0,465**	0,319–0,577
	РФФ	0,329**	0,2–0,466
	Б	0,414**	0,28–0,504
	ОЗ	0,316**	0,151–0,435
	Ж	0,138	–0,052–0,307
	СФ	0,241*	0,088–0,351
	РЭФ	0,252*	0,098–0,362
	ПЗ	0,145	–0,014–0,289
12. Испытывали ли Вы внезапную сильную боль (стреляющую, колющую, режущую) или спазмы в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь?	ФФ	0,281**	0,067–0,129
	РФФ	0,227*	0,076–0,065
	Б	0,378**	0,07–0,221
	ОЗ	0,122	0,067–0,048
	Ж	0,230*	0,074–0,057
	СФ	0,166	0,085–0,022
	РЭФ	0,207*	0,062–0,063
	ПЗ	0,133	0,073–0,011
Суммарный балл SEFAS	ФФ	0,649**	0,536–0,72
	РФФ	0,527**	0,421–0,642
	Б	0,685**	0,604–0,737
	ОЗ	0,304**	0,144–0,406
	Ж	0,280**	0,142–0,428
	СФ	0,400**	0,251–0,486
	РЭФ	0,369**	0,205–0,471
	ПЗ	0,247*	0,104–0,386

Примечание: * — коэффициенты корреляции статистически значимы при $p < 0,001$; ** — коэффициенты корреляции статистически значимы при $p < 0,05$. Шкалы опросника SF-36: ФФ — физическое функционирование, РФФ — ролевое физическое функционирование, Б — Боль, ОЗ — общее здоровье, Ж — жизнеспособность, СФ — социальное функционирование, РЭФ — ролевое эмоциональное функционирование, ПЗ — психическое здоровье.

В соответствии с полученными результатами выявлены статистически значимые корреляции разной силы между всеми шкалами SF-36 и почти всеми отдельными вопросами русской версии SEFAS, а также с суммарным баллом опросника SEFAS, что свидетельствует о хорошей конвергентной валидности его русской версии.

Таблица 3

Корреляции между отдельными вопросами, суммарным баллом SEFAS и суммарным баллом опросника LEFS

Показатели	<i>r</i> Спирмена*	95 % ДИ
1. Как бы Вы описали боль, которую Вы обычно испытываете в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь?	0,370**	0,25–0,483
2. Как долго Вы могли ходить прежде, чем возникает сильная боль в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь?	0,263**	0,17–0,362
3. Могли ли Вы ходить по неровной поверхности?	0,600**	0,484–0,702
4. Приходилось ли Вам использовать ортопедические стельки, стельки под пятку или специальную обувь?	0,246*	0,118–0,373
5. Насколько сильно боль в стопе/голеностопном суставе, о которых идет речь, мешала Вашей повседневной активности, включая домашние дела и хобби?	0,618**	0,531–0,702
6. Хромали ли Вы при ходьбе из-за проблемы со стопой / голеностопным суставом, о которых идет речь?	0,651**	0,574–0,724
7. Могли ли Вы подняться на один лестничный пролет?	0,557**	0,449–0,662
8. Беспокоила ли Вас боль в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь, ночью в постели?	0,261**	0,132–0,4
9. Насколько сильно боль в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь, повлияла на привычный Вам активный досуг?	0,534**	0,442–0,631
10. Опухла ли Ваша стопа?	0,362**	0,24–0,495
11. После еды (сидя за столом) насколько больно Вам было подняться со стула из-за стопы / голеностопного сустава, о которых идет речь?	0,457**	0,37–0,551
12. Испытывали ли Вы внезапную сильную боль (стреляющую, колющую, режущую) или спазмы в стопе / голеностопном суставе, о которых идет речь?	0,403**	0,278–0,523
Суммарный балл SEFAS	0,693**	0,624–0,758

Примечание: * — коэффициенты корреляции статистически значимы при $p < 0,001$; ** — коэффициенты корреляции статистически значимы при $p < 0,05$.

Как видно из таблицы 3, статистически значимые корреляции (умеренные и слабые) показаны между суммарным баллом LEFS и всеми отдельными вопросами SEFAS. В целом, полученные результаты также свидетельствуют о приемлемой конвергентной валидности русской версии опросника SEFAS.

Чувствительность

Анализ чувствительности русской версии опросника SEFAS проводили на основании изменений суммарного балла опросника SEFAS через 2 мес. после операции по сравнению с показателем до операции (табл. 4). Как видно из данных таблицы, суммарный балл значительно увеличился после операции (33,17 против 45,22; $p < 0,001$). На основании данных таблицы рассчитывали величину эффекта (ES).

Таблица 4

Средние показатели суммарного балла опросника SEFAS при его заполнении а до и после операции ($n = 92$)

Показатели	До операции		После операции		p^*
	среднее	ст. откл.	среднее	ст. откл.	
Суммарный балл по SEFAS	33,17	7,49	45,22	2,63	$< 0,001$

* — непараметрический критерий знаковых рангов Уилкоксона.

Согласно полученным данным, величина эффекта ES составила 1,6, что является характеристикой большого эффекта изменений. Таким образом, русская версия SEFAS продемонстрировала высокую чувствительность к изменениям в состоянии стопы у пациентов после операции.

Апробация русской версии SEFAS

В среднем на заполнение опросника пациентам требовалось 5 мин. Все опросники заполнены практически без пропусков (0,04 % пропущенных данных для SEFAS). На массиве данных, полученных при заполнении опросника до операции, доля пациентов, у которых получены минимальное или максимальное значения (эффект «минимум–максимум» — *англ.* floor-ceiling effect) суммарного балла SEFAS, составила 1 %. Полученные результаты свидетельствуют о высоком качестве данных и являются подтверждением того, что все вопросы опросника понятны, не вызывают дискомфорта и не представляют трудностей при выборе варианта ответа, а также отражают отсутствие смещения в выборке относительно суммарного показателя состояния стопы.

В рамках апробации провели анализ изменений суммарного балла опросника у пациентов после операции отдельно в группе спортсменов и группе пациентов, не занимающихся спортом. Средний суммарный показатель по SEFAS в группе спортсменов ($n = 23$) составил $33,0 \pm 8,1$ балла до операции и $45,5 \pm 2,5$ балла — после операции ($p = 0,001$); в группе пациентов, не занимающихся спортом ($n = 77$), — $31,1 \pm 7,4$ балла до операции и $45,1 \pm 2,7$ после операции ($p = 0,001$). На рисунке 2 даны средние значения суммарного балла SEFAS в группах до операции и через 2 мес. после операции.

В рамках оценки клинической интерпретируемости русской версии SEFAS определили величину минимальных клинически значимых изменений MCID — согласно полученным данным она составила 3 балла. У подавляющего большинства пациентов (89 %) после операции зарегистрировано улучшение (увеличение) суммарного балла SEFAS после операции на 3 и более пунктов, т.е. определено клинически значимое улучшение качества жизни. Доля таких пациентов в группе спортсменов составила 85 %, в группе пациентов, не занимающихся профессиональным спортом, — 90 %. Таким образом, для русской версии опросника SEFAS установлена величина минимальных клинически значимых изменений, равная 3 баллам. Также продемонстрировано, что после оперативного вмешательства у подавляющего большинства пациентов происходит существенное улучшение состояния стопы.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время для комплексной оценки состояния пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, а также определения эффективности хирургического лечения и реабилитации при ортопедической патологии применяют опросники, которые заполняются самими пациентами [7, 9, 10, 28, 29].

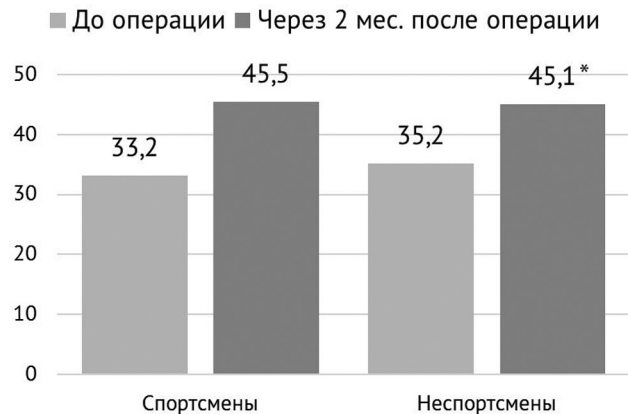


Рис. 2. Средние значения суммарного балла SEFAS в группе спортсменов и группе пациентов, не занимающихся спортом, до и через 2 мес. после операции (* $p = 0,001$)

Одним из опросников, широко используемых и рекомендуемых международным сообществом для определения функции стопы на основании мнения пациента, является опросник SEFAS [12–14, 30–32]. Имеются версии данного опросника на разных языках [14–18]. До настоящего времени валидированной русской версии опросника SEFAS не было. В результате данного исследования выполнена валидация и апробация русской версии SEFAS в отечественной выборке пациентов с патологией стопы. Исследование проведено в соответствии с современными международными рекомендациями [20, 21]. Его дизайн основан на алгоритме оценки психометрических свойств оригинальной версии SEFAS [13], а также работах, направленных на создание версий инструмента на других языках [16–18].

Выборка включала пациентов с патологией передних отделов стопы, причем 23 % составили спортсмены. Включение в исследование пациентов-спортсменов является важным преимуществом исследования, так как позволяет учесть особенности функции стопы и ее оценки у людей, занимающихся спортом. Определение психометрических свойств инструмента и его апробация в клинических условиях при участии пациентов хирургического профиля, имеющих и не имеющих отношение к профессиональному спорту, способствует более корректной оценке надежности, валидности и чувствительности опросника, а также позволяет продемонстрировать его клиническую интерпретируемость в данных группах пациентов.

В процессе валидации русской версии SEFAS продемонстрированы разные аспекты надежности, валидности, а также чувствительности инструмента к изменениям состояния стопы после хирургического лечения. На основании высокого коэффициента α -Кронбаха (0,846) можно сделать вывод о хорошей внутренней согласованности русской версии SEFAS. Данный показатель немного уступает аналогичному, полученному при разработке оригинальной версии инструмента (0,96) [13], и сопоставим с таковыми для других языковых версий (0,89 — для немецкой версии, 0,93 — для датской версии) [16–18]. Что касается воспроизводимости, в результате исследования при заполнении опросника пациентами в стабильном состоянии дважды до операции с интервалом в один день продемонстрированы высокие внутриклассовые корреляции между отдельными вопросами SEFAS: значение ICC соответствует 0,962, что полностью удовлетворяет условию воспроизводимости и сопоставимо с данными других работ для иных языковых версий опросника [16–18]. Таким образом, нами продемонстрирована приемлемая надежность русской версии SEFAS, характеризующаяся хорошей внутренней согласованностью и удовлетворительной воспроизводимостью опросника.

Оценку валидности выполнили тремя способами. Наряду с анализом конвергентной валидности, по аналогии с валидацией языковых версий SEFAS другими авторами, нами дополнительно осуществлена оценка критериальной и дискриминантной валидности, что позволяет сделать более развернутый психометрический анализ русской версии опросника. В основе оценки конвергентной валидности использован корреляционный анализ между SEFAS и SF-36 — наличие значимых корреляций между SEFAS и некоторыми шкалами SF-36, отражающими физические аспекты качества жизни, может свидетельствовать о достоверности данных при оценке состояния стопы с помощью русской версии SEFAS. Наиболее выраженные корреляции нами установлены между суммарным баллом русской версии SEFAS и шкалами физического, ролевого физического функционирования и боли опросника SF-36, наименее выраженные — для шкал психического здоровья и общего здоровья, а также ролевого эмоционального функционирования. Эти данные сходны с результатами, полученными при проверке психометрических свойств версий инструмента на шведском и немецком языках [13, 16]. Дополнительно для демонстрации валидности инструмента нами проведен анализ суммарного балла SEFAS относительно такого объективного показателя как угол тыльного сгибания в ПФС1 — проверены корреляции суммарного балла по SEFAS с величиной данного угла, а также выполнено сравнение суммарного балла SEFAS в разных группах пациентов согласно степени нарушений в объеме движений в ПФС1. Наличие статистически значимой корреляции суммарного балла SEFAS с углом ТС в ПФС1, а также значимых различий суммарного балла SEFAS между группами пациентов с разной степенью нарушений в объеме движений в ПФС1, показанные в нашем исследовании, дополнительно характеризует русскую версию SEFAS как инструмент с хорошей критериальной и дискриминантной валидностью.

Также нами выполнена оценка чувствительности русской версии SEFAS на основе определения величины эффекта ES изменений суммарного балла опросника после хирургического лечения стопы. Полученные значения ES превышают аналогичные показатели, продемонстрированные авторами опросника в оригинальном исследовании [13] и при разработке других языковых версий [16–18]. Величина ES, по нашим данным, составила 1,6 против 1,44 для шведской (оригинальной) версии. При этом в нашем исследовании срок заполнения опросника после операции был короче и составил 2 мес., а в других работах — 6 мес. Данный показатель соответствует большой величине эффекта и свидетельствует о хорошей чувствительности русской версии SEFAS к изменениям состояния стопы после лечения, на основании чего инструмент может быть рекомендован для применения в рамках оценки эффекта лечения с точки зрения пациента.

Отдельного внимания заслуживают результаты клинической апробации русской версии SEFAS. Продемонстрирована хорошая заполняемость опросника, свидетельствующая о высоком качестве данных и его информативности для мониторинга состояния стопы у пациентов ортопедического профиля в процессе лечения. Данный инструмент позволяет в удобном формате, компактно, при незначительных затратах времени получить напрямую от пациента дополнительную информацию, которая может быть использована для комплексной оценки состояния пациента и контроля эффекта операции. Особо отметим, что в рамках апробации опросника проведена оценка его клинической интерпретируемости в отечественной популяции пациентов. Установлено, что изменение суммарного показателя на 3 балла является минимальным клинически значимым изменением. Примечательно, что после операции клинически значимое улучшение состояния стопы имело место у большинства пациентов (89 %). При этом значимые изменения отмечены как в группе пациентов, не занимающихся спортом, так и у спортсменов.

Среди ограничений исследования можно отметить, что выборку составили преимущественно пациенты с одним видом ортопедической патологии (передние отделы стопы). Другим ограничением исследования является то, что большинство пациентов были женщины.

В заключении отметим, что в рамках исследования продемонстрированы надежность, валидность и чувствительность русской версии опросника SEFAS. Данный опросник является информативным и клинически интерпретируемым инструментом для оценки состояния стопы у взрослых пациентов хирургического профиля с патологией стопы. Русская версия опросника SEFAS может быть рекомендована для использования в научных исследованиях и клинической практике в отечественной травматологии и ортопедии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Русская версия опросника SEFAS является надежным, валидным, чувствительным и информативным инструментом для оценки состояния функции стопы у пациентов ортопедического профиля.

В отечественной выборке пациентов установлена величина минимальных клинически значимых изменений суммарного балла опросника, что может быть использовано для оценки эффекта лечения в клинических исследованиях и клинической практике.

Опросник SEFAS может быть рекомендован к использованию в отечественной травматологии и ортопедии для учета мнения пациента при оценке состояния стопы, как на дооперационном этапе, так и после хирургического лечения, а также в процессе реабилитации для мониторинга восстановления функции стопы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Этическая экспертиза. Исследование рассмотрено и одобрено локальным этическим комитетом. Протокол № 07/22 от 07.07.2022 года заседания Комитета по биомедицинской этике Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова (поликлиника, стационар) СПбГУ.

Информированное согласие. Все пациенты подписали форму информированного согласия на участие в исследовании.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Buldt AK, Menz HB. Incorrectly fitted footwear, foot pain and foot disorders: a systematic search and narrative review of the literature. *J Foot Ankle Res.* 2018;11:43. doi: 10.1186/s13047-018-0284-z
2. López-López D, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, et al. Evaluation of foot health related quality of life in individuals with foot problems by gender: a cross-sectional comparative analysis study. *BMJ Open.* 2018;8(10):e023980. doi: 10.1136/bmjopen-2018-023980
3. Myerson MS, Thordarson DB, Johnson JE, et al. Classification and Nomenclature: Progressive Collapsing Foot Deformity. *Foot Ankle Int.* 2020;41(10):1271-1276. doi: 10.1177/1071100720950722
4. Banga HK, Kalra P, Belokar R, Kumar R. Improvement of human gait in foot deformities patients by 3D printed ankle-foot orthosis. In book: *3D Printing in Biomedical Engineering.* 2020;269-288. doi: 10.1007/978-981-15-5424-7_13
5. Puszczalowska-Lizis E, Dąbrowiecki D, Jandziś S, Żak M. Foot Deformities in Women Are Associated with Wearing High-Heeled Shoes. *Med Sci Monit.* 2019;25:7746-7754. doi: 10.12659/MSM.917983
6. Hunt KJ, Lakey E. Patient-Reported Outcomes in Foot and Ankle Surgery. *Orthop Clin North Am.* 2018;49(2):277-289. doi: 10.1016/j.ocl.2017.11.014
7. Ray JJ, Friedmann AJ, Hanselman AE, et al. Hallux Valgus. *Foot Ankle Orthop.* 2019;4(2):2473011419838500. doi: 10.1177/2473011419838500
8. Ingall EM, Zhao J, Kwon JY. Revision Strategies for the Aseptic, Malaligned, Surgically Treated Ankle Fracture. *Foot Ankle Clin.* 2022;27(2):355-370. doi: 10.1016/j.fcl.2021.11.022
9. Rolfson O, Bohm E, Franklin P, et al. Patient-reported outcome measures in arthroplasty registries Report of the Patient-Reported Outcome Measures Working Group of the International Society of Arthroplasty Registries Part II. Recommendations for selection, administration, and analysis. *Acta Orthop.* 2016;87 Suppl 1(Suppl 1):9-23. doi: 10.1080/17453674.2016.1181816

10. MOTION Group. Patient-Reported Outcomes in Orthopaedics. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(5):436-442. doi: 10.2106/JBJS.17.00608
11. Hermansen LL, Viberg B, Overgaard S. Patient-reported outcome after dislocation of primary total hip arthroplasties: a cross-sectional study derived from the Danish Hip Arthroplasty Register. *Acta Orthop*. 2022 3;93:29-36. doi: 10.1080/17453674.2021.1983973
12. Cöster MC, Nilsson A, Brudin L, Bremander A. Minimally important change, measurement error, and responsiveness for the Self-Reported Foot and Ankle Score. *Acta Orthop*. 2017;88(3):300-304. doi: 10.1080/17453674.2017.1293445
13. Cöster M, Karlsson MK, Nilsson JÅ, Carlsson A. Validity, reliability, and responsiveness of a self-reported foot and ankle score (SEFAS). *Acta Orthop*. 2012;83(2):197-203. doi: 10.3109/17453674.2012.657579
14. Whittaker GA, Munteanu SE, Roddy E, Menz HB. Measures of Foot Pain, Foot Function, and General Foot Health. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2020;72 Suppl 10:294-320. doi: 10.1002/acr.24208
15. Arbab D, Kuhlmann K, Schnurr C, et al. Comparison of the Manchester-Oxford Foot Questionnaire (MOXFQ) and the Self-Reported Foot and Ankle Outcome Score (SEFAS) in patients with foot or ankle surgery. *Foot Ankle Surg*. 2019;25(3):361-365. doi: 10.1016/j.fas.2018.01.003
16. Arbab D, Kuhlmann K, Schnurr C, et al. Reliability, validity and responsiveness of the German self-reported foot and ankle score (SEFAS) in patients with foot or ankle surgery. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):409. doi: 10.1186/s12891-017-1772-1
17. Erichsen JL, Jensen C, Larsen MS, et al. Danish translation and validation of the Self-reported foot and ankle score (SEFAS) in patients with ankle related fractures. *Foot Ankle Surg*. 2021;27(5):521-527. doi: 10.1016/j.fas.2020.06.014
18. Ortega-Avila AB, Cervera-Garvi P, Morales-Asencio JM, et al. Transcultural adaptation and validation of the Spanish-French versions of the Self-reported Foot and Ankle Score (SEFAS). *Disabil Rehabil*. 2022;44(12):2896-2901. doi: 10.1080/09638288.2020.1849428
19. Акулаев А.А., Иванов А.А., Ионова Т.И. и др. Языковая и культурная адаптация опросников FADI, FAAM и SEFAS для оценки состояния стопы и голеностопного сустава и их апробация в отечественной популяции пациентов. *Гений ортопедии*. 2023;29(3):253-264. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-3-253-264
20. Prinsen CAC, Mokkink LB, Bouter LM, et al. COSMIN guideline for systematic reviews of patient-reported outcome measures. *Qual Life Res*. 2018;27(5):1147-1157. doi: 10.1007/s11136-018-1798-3
21. Wild D, Grove A, Martin M, et al. Principles of Good Practice for the Translation and Cultural Adaptation Process for Patient-Reported Outcomes (PRO) Measures: report of the ISPOR Task Force for Translation and Cultural Adaptation. *Value Health*. 2005;8(2):94-104. doi: 10.1111/j.1524-4733.2005.04054.x
22. Sutton RM, McDonald EL, Shakked RJ, et al. Determination of Minimum Clinically Important Difference (MCID) in Visual Analog Scale (VAS) Pain and Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) Scores After Hallux Valgus Surgery. *Foot Ankle Int*. 2019;40(6):687-693. doi: 10.1177/1071100719834539
23. Bowman E, Hartman C, Garvin K, et al. Do Pre-operative Emotional and Mental Rand SF-36 Scores Predict Outcomes after Total Hip and Knee Arthroplasty? *Graduate Medical Education Research Journal*. 2019; 1(1). doi: 10.32873/unmc.dc.gmerj.1.1.078
24. Binkley JM, Stratford PW, Lott SA, et al. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): Scale Development, Measurement Properties, and Clinical Application. *Physical Therapy*. 1999;79(Issue 4):371-383. doi: 10.1093/ptj/79.4.371
25. Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesth Analg*. 2018;126(5):1763-1768. doi: 10.1213/ANE.0000000000002864
26. Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol*. 2013;4:863. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00863
27. Angst F, Aeschlimann A, Angst J. The minimal clinically important difference raised the significance of outcome effects above the statistical level, with methodological implications for future studies. *J Clin Epidemiol*. 2017;82:128-136. doi: 10.1016/j.jclinepi.2016.11.016
28. Ayers DC, Bozic KJ. The importance of outcome measurement in orthopaedics. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(11):3409-3411. doi: 10.1007/s11999-013-3224-z
29. Ayers DC, Zheng H, Franklin PD. Integrating patient-reported outcomes into orthopaedic clinical practice: proof of concept from FORCE-TJR. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(11):3419-3425. doi: 10.1007/s11999-013-3143-z
30. Jia Y, Huang H, Gagnier JJ. A systematic review of measurement properties of patient-reported outcome measures for use in patients with foot or ankle diseases. *Qual Life Res*. 2017;26(8):1969-2010. doi: 10.1007/s11136-017-1542-4
31. Martin RL, Irrgang JJ. A survey of self-reported outcome instruments for the foot and ankle. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007;37(2):72-84. doi: 10.2519/jospt.2007.2403
32. Мо Ц., Ригин Н.В., Бобров Д.С., Слияков Л.Ю. Анкеты и шкалы для оценки состояния стопы и голеностопного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2016;(4):5-11.

Статья поступила 10.08.2023; одобрена после рецензирования 09.11.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 10.08.2023; approved after reviewing 09.11.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Антон Андреевич Акулаев — заведующий отделением, врач травматолог-ортопед, antonakulaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0502-8120>;

Александр Александрович Иванов — студент 5-го курса, 3447014@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8227-5424>;

Татьяна Ивановна Ионова — доктор биологических наук, профессор, руководитель отдела, tation16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9431-5286>;

Татьяна Павловна Никитина — кандидат медицинских наук, врач-методист, tnikitina_74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8279-8129>;

Константин Александрович Тищенко — врач травматолог-ортопед, drmutabor@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3756-7281>;

Андрей Александрович Повалий — врач травматолог-ортопед, povandrey16@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1389-6489>.

Information about the authors:

Anton A. Akulaev — Head of Department, traumatologist-orthopedist, antonakulaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0502-8120>;

Alexander A. Ivanov — 5th year student, 3447014@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8227-5424>;

Tatiana I. Ionova — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department, tation16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9431-5286>;

Tatiana P. Nikitina — Candidate of Medical Sciences, methodologist, tnikitina_74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8279-8129>;

Konstantin A. Tishchenkov — orthopedic traumatologist, drmutabor@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3756-7281>;

Andrey A. Povaliy — orthopedic traumatologist, povandrey16@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1389-6489>.

Вклад авторов:

Акулаев А.А. — формулировка идеи, разработка и проектирование методологии, создание моделей, контроль и руководство планированием и выполнением исследовательской работы, включая наставничество.

Иванов А.А. — проведение процесса исследования, в частности, выполнение экспериментов и сбор данных / доказательств, создание метаданных.

Ионова Т.И. — внесение корректировок в первоначальный вариант, подготовка работы к публикации, применение статистических, математических, вычислительных и других формальных методов для анализа или синтеза данных исследования.

Никитина Т.П. — подготовка и написание первоначального проекта (черновика) работы, подготовка, создание и представление работы к публикации, в частности, визуализация/презентация данных.

Тищенко К.А. — проведение процесса исследования, в частности, проведение экспериментов и сбор данных / доказательств, создание метаданных.

Повалий А.А. — проверка воспроизводимости результатов исследования, управление и координация планирования и проведения исследования.

Научная статья

УДК 531.1/.3:616.831-009.12-031.4-053.2:612.766(086.8)

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-234-244>



Особенности походки у детей со спастической гемиплегией

У.Ф. Мамедов✉, Т.И. Долганова, О.И. Гатамов, Д.А. Попков

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

Автор, ответственный за переписку: Улви Фаиг оглы Мамедов, ulvi.mamedof@gmail.com

Аннотация

Введение. В литературе недостаточно публикаций о влиянии ранних изолированных операций удлинения трицепса голени при гемипарезах на состояние двигательных характеристик и развитие ортопедических осложнений у детей с уровнем GMFCS II.

Цель работы — провести с использованием метода компьютерного анализа движений сравнение особенностей походки у детей со спастической гемиплегией, ранее не оперированных и прошедших изолированное оперативное удлинение трицепса в раннем возрасте.

Материалы и методы. 3D-видеоанализ походки. Группы детей со спастической гемиплегией по Rodda et Graham: I — тип походки 2a (4 ребенка), II — тип 3 (3 ребенка), III — тип 4 (7 детей), IV — тип 4 с ранее выполненным удлинением трицепса (9 детей).

Результаты. Выявленные особенности движений при типах походки 2a, 3 и 4 в сагиттальной плоскости соответствуют характерным и описанным ранее признакам. Во всех группах мы наблюдали несимметричные ротационные движения таза и асимметрию наклона во фронтальной плоскости. В группе ранних изолированных удлинений трицепса выявлено снижение момента силы при толчке стопой в момент окончания одноопорной фазы в сочетании с повышением момента сил разгибания коленного сустава в одноопорную фазу.

Обсуждение. Ранние изолированные удлинения трицепса, ослабляющие его функцию, ведут к компенсаторному увеличению работы разгибателей колена, что схоже по механизму с развитием ятрогенной crouch-походки, но в условиях контралатеральной здоровой конечности не приводит к полной потере функции ходьбы.

Заключение. Патология движений присутствует во всех трех плоскостях измерений при типах походки 2a, 3, 4 по классификации Rodda et Graham. Наиболее выраженные отклонения выявлены при типе походки 3. Ротационный разворот таза является исходно компенсаторным механизмом на фоне внутриторсионной деформации бедра. Изолированные операции удлинения трицепса, выполненные в раннем возрасте, ведут к снижению силы подошвенного толчка, увеличению компенсаторной работы разгибателей коленного сустава и, вероятно, не предотвращают ортопедической патологии, встречающейся при типе походки 4 по Rodda et Graham.

Ключевые слова: анализ походки, дети, спастическая гемиплегия, кинематика, кинетика

Для цитирования: Мамедов У.Ф., Долганова Т.И., Гатамов О.И., Попков Д.А. Особенности походки у детей со спастической гемиплегией. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):234-244. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-234-244. EDN: KQLKFK.

Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-234-244>

Gait analysis characteristic features in children with spastic hemiplegia

U.F. Mamedov[✉], T.I. Dolganova, O.I. Gatamov, D.A. Popkov

Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Corresponding author: Ulvi F. Mammadov, ulvi.mamedov@gmail.com**Abstract**

Introduction There are not enough published studies on the impact of early isolated triceps lengthening operations in hemiparesis on the state of motor characteristics and on the development of orthopedic complications in children with GMFCS II.

Purpose Analyze motor locomotion in children with spastic hemiplegia who had not previously been operated on and those who had undergone isolated surgical lengthening of the triceps at an early age.

Material and methods Four groups of children with spastic hemiplegia according to Rodda et Graham types: I) type 2a gait (4 children), II) type 3 (3 children), III) type 4 (7 children), IV) type 4 with previous triceps lengthening (9 children).

Results The features revealed in gait types 2a, 3 and 4 in the sagittal plane correspond to the characteristic and previously described features. In all groups, asymmetric rotational movements of the pelvis and tilt asymmetry in the frontal plane were observed. In the group of early isolated tricep lengthening, a decrease in the moment of force by pushing with the foot at the end of the single-support phase was revealed, in combination with an increase in the moment of forces of knee joint extension in the single-support phase.

Discussion Early isolated triceps lengthening that weakens its function leads to a compensatory increase in the work of the knee extensors which is similar to the mechanism to of iatrogenic crouch gait, but does not result in a complete loss of walking function in the conditions of a contralateral healthy limb.

Conclusions Movement pathology is present in all three measurement planes in gait types 2a, 3, 4 according to the Rodda et Graham classification. The most pronounced deviations were found in gait type 3. The rotational turn of the pelvis is an initially compensatory mechanism due to intratorsion femur deformity. Isolated triceps lengthening surgeries performed at an early age lead to reduced plantar push strength, increased compensatory work of the knee extensors, and probably do not prevent the orthopedic pathology found in Rodda et Graham's gait type 4.

Keywords: gait analysis, children, spastic hemiplegia, kinematics, kinetics

For citation: Mamedov UF, Dolganova TI, Gatamov OI, Popkov DA. Gait analysis characteristic features in children with spastic hemiplegia. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):234-244. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-234-244

ВВЕДЕНИЕ

Гемипаретическая форма церебрального паралича является наиболее распространенным вариантом данного заболевания [1]. Спастический гемипарез характеризуется дефицитом двигательной координации, нарушениями позы и равновесия, мышечной слабостью, спастичностью, недостаточным селективным контролем, присутствующими на верхней и нижней конечности одной стороны тела [2]. Несмотря на такие изменения, практически все дети развивают способность к самостоятельной ходьбе без посторонней помощи [3, 4]. Основными вторичными ортопедическими нарушениями при спастических гемиплегиях являются контрактуры голеностопного, коленного и тазобедренного суставов, эквино-варусные или эквино-вальгусные деформации стоп, торсионные деформации бедра, неравенство длины конечностей [5–7].

Компьютерный анализ походки в большинстве случаев является необходимым методом для диагностики двигательных нарушений и определения показаний к оперативному лечению [8, 9]. Признанными хирургическими подходами коррекции ортопедических нарушений являются одномоментные многоуровневые вмешательства, обеспечивающие улучшение параметров походки в течение периода наблюдения более 10 лет [2, 10, 11]. Тем не менее, изолированное удлинение трицепса в раннем возрасте 4–6 лет считается операцией, имеющей показания [3, 12], несмотря на достаточно высокую частоту рецидивов контрактуры, которые связывают с неравенством длины ног и слабой функцией тыльных флексоров [13].

Существующие классификации нарушений походки при спастической гемиплегии отражают типы нарушений и общее направление эволюции нарушений по мере роста ребенка [3, 14, 15]. Известно, что интенсивные консервативные мероприятия позволяют улучшить двигательные способности ребенка с уровнем GMFCS I при спастических гемипарезах [2, 16].

Однако в литературе недостаточно публикаций о влиянии ранних изолированных операций удлинения трицепса голени при гемипарезах на состояние двигательных характеристик и развитие ортопедических осложнений у детей с уровнем GMFCS II в возрастных рамках, соответствующих стадиям 2 и 3 компенсированных ортопедических изменений (контрактур и костных деформаций) по Н.К. Graham et al. [16].

Цель работы — провести с использованием метода компьютерного анализа движений сравнение особенностей походки у детей со спастической гемиплегией, ранее не оперированных и прошедших изолированное оперативное удлинение трицепса в раннем возрасте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критерии включения: возраст 9–16 лет, диагноз «детский церебральный паралич, GMFCS II, спастический гемипарез», отсутствие ранее выполненных многоуровневых оперативных вмешательств. Всем пациентам перед операцией проведено исследование — 3D-компьютерный анализ походки.

Критерии исключения: возраст 16 лет и старше, диагноз «детский церебральный паралич, GMFCS III, спастическая диплегия», ранее выполненные многоуровневые оперативные вмешательства.

Группы исследования сформированы в соответствии с клинической классификацией походки, определяемой при визуальном контроле [3], и по критерию выполненных в раннем возрастном периоде удлинений трицепса голени.

Во время обследования пациенты ходили самостоятельно или придерживаясь за одну руку родителя, босиком на 7-метровой дорожке с привычной для них скоростью. Кинематические данные регистрировали оптическими камерами Qualisys 7+ с технологией видеозахвата пассивных маркеров; синхронизированными с шестью динамометрическими платформами KISTLER (Швейцария). При установке маркеров использовали модель IOR. Анализ кинематики и кинетики проводили в программах QTM (Qualisys) и Visual3D (C-Motion) с автоматизированным расчетом значений [17].

Для статистической обработки данных применяли программу AtteStat 12.0.5. Учитывая малое число наблюдений, использована непараметрическая статистика. Количественные характеристики показателей в выборочных совокупностях представляли в таблицах в виде Me (25 ÷ 75 %), а статистическую значимость различий определяли с использованием непарного критерия Вилкоксона для независимых переменных с принятием уровня значимости $p \leq 0,05$.

На проведение исследований получено разрешение комитета по этике НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (протокол от 07.10.2022 № 2-72). Исследования проводили в соответствии с этическими стандартами Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г., «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266. Родители детей, участвовавших в исследовании, присутствовали при его проведении, подтверждали информированное согласие на его проведение и публикацию результатов исследований без идентификации личности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из общей выборки (23 пациента) были сформированы следующие группы:

- I группа — тип 2a по Rodda et Graham: 4 человека, возраст 10 (9 ÷ 11,8) лет, ранее не оперированы;
- II группа — тип 3 по Rodda et Graham: 3 человека, возраст 10 (9,5 ÷ 10) лет, ранее не оперированы;
- III группа — тип 4 по Rodda et Graham: 7 человек, возраст 11 (9,25 ÷ 11) лет, ранее не оперированы;
- IV группа — тип 4 по Rodda et Graham: 9 человек, возраст 11 (10 ÷ 14) лет, удлинение трицепса голени произведено в возрасте 3–6 лет. Для удлинения трицепса использовали методы удлинения ахиллова сухожилия (3 случая) и чрескожных фибромиотомий (6 случаев).

В таблице 1 представлены пространственно-временные характеристики ходьбы и интегральный показатель индекса оценки профиля походки (GPS).

Таблица 1

Пространственно-временные характеристики ходьбы, GPS

Параметр	Группы пациентов			
	I	II	III	IV
GPS	9 (8,05 ÷ 10,78)	13,6 (13,1 ÷ 17,8)¹	10,6 (8,7 ÷ 12,6)	13,5 (12,6 ÷ 17,2)
Скорость, м/с	1,01 (0,98 ÷ 1,05)	0,9 (0,89 ÷ 0,91)	0,84 (0,66 ÷ 0,98)	0,92 (0,77 ÷ 1,12)
Ширина шага, м	0,11 (0,098 ÷ 0,13)	0,16 (0,13 ÷ 0,17)¹	0,12 (0,07 ÷ 0,15)	0,15 (0,11 ÷ 0,19)
Длина периода шага, м	1,08 (1,02 ÷ 1,09)	0,98 (0,95 ÷ 0,99)	1,01 (0,08 ÷ 1,06)	0,99 (0,91 ÷ 1,08)
GPS	П 9 (8,05 ÷ 10,8)	15,4 (15,35 ÷ 20,5)¹	10,5 (8,9 ÷ 11,8)*	13,7 (11,7 ÷ 18,7)
	К 11,5 (11,1 ÷ 11,9)	10,7 (10,6 ÷ 13,1)	10,7 (8,8 ÷ 12,5)	12,8 (10 ÷ 13,9)
Длина шага, м	П 0,55 (0,52 ÷ 0,55)	0,49 (0,48 ÷ 0,49)	0,49 (0,39 ÷ 0,52)	0,49 (0,45 ÷ 0,52)
	К 0,53 (0,50 ÷ 0,53)	0,5 (0,5 ÷ 0,52)	0,52 (0,48 ÷ 0,54)	0,49 (0,44 ÷ 0,53)
Длительность шага, с	П 0,55 (0,50 ÷ 0,58)	0,61 (0,59 ÷ 0,61)	0,58 (0,55 ÷ 0,68)	0,58 (0,55 ÷ 0,63)
	К 0,48 (0,44 ÷ 0,52)	0,5 (0,47 ÷ 0,5)	0,53 (0,48 ÷ 0,59)	0,51 (0,43 ÷ 0,55)
Опорный период, %	П 59,2 (56,7 ÷ 60,1)	57 (57 ÷ 57,8)	60,8 (59,7 ÷ 63)	59,9 (53,3 ÷ 61,1)
	К 62,1 (60,4 ÷ 63,3)	67 (65,5 ÷ 67,5)	64,4 (62,7 ÷ 69,9)	65,7 (64,1 ÷ 66,3)
Неопорный период, %	П 41,3 (39,7 ÷ 44,3)	42 (41,9 ÷ 42,5)	39,2 (37 ÷ 40,6)	39,4 (38,7 ÷ 40,7)
	К 38,6 (37,1 ÷ 40,1)	33 (32,5 ÷ 34,6)	35,6 (33,1 ÷ 37,3)	34,3 (34,1 ÷ 36,1)

Примечание: П — пораженная конечность, К — контралатеральная конечность; * — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами III и IV; ¹ — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами I и II

Найденные достоверные различия по GPS между группами типов походки 2a и 3 указывают на закономерную эволюцию двигательных нарушений при увеличении тяжести ортопедических нарушений, что отражается и в нестабильности шага во фронтальной плоскости. Различия же между группами типов походки 4 (неоперированные) и 4 (оперированные) носят скорее функциональный характер, что более детально представлено далее. В таблицах 2, 3 и 4 показаны особенности кинематики голеностопных, коленных и тазобедренных суставов в сагиттальной плоскости и моменты силы.

Таблица 2

Кинематика голеностопного сустава

Параметр	Группы пациентов			
	I	II	III	IV
Положение стопы в момент первичного контакта, °	П -6,2 (-13 ÷ -3,7)	-27,4 (-30,9 ÷ -26,7)¹	-8,2 (-10,2 ÷ -3,4)	-9,7 (-31,7 ÷ -8,4)
	К 6,8 (5,2 ÷ 8,5)	4,4 (3,2 ÷ 5,2)	5 (2 ÷ 5,5)	-0,3 (-3,2 ÷ 1,7)
Максимальная тыльная флексия, °	П -1,5 (-5,5 ÷ 3,5)	-25 (-28,4 ÷ -24,5)¹	4,3 (-5,3 ÷ 6,8)	5,3 (-30,4 ÷ 11,0)
	К 19,1 (13,1 ÷ 23,3)	17 (16,1 ÷ 23)	17,7 (15,3 ÷ 20,6)	17 (13,4 ÷ 21,2)
Максимальная подошвенная флексия, °	П -12,2 (-19,3 ÷ -11,3)	-36,7 (-46,9 ÷ -35,9)¹	-10,4 (-17,7 ÷ -6,9)	-14,2 (-20,2 ÷ -5,6)
	К -11,2 (-17,5 ÷ -8,3)	-11,3 (-14,2 ÷ -8,7)	-11 (-20 ÷ -7,3)	-16 (-16,4 ÷ -12,3)
Амплитуда движений в голеностопном суставе на протяжении цикла шага, °	П 15,5 (12,4 ÷ 20,9)	11,7 (11,4 ÷ 18,5)	15,3 (1,2 ÷ 20)	15,5 (13,7 ÷ 24,3)
	К 35,4 (29,6 ÷ 37,8)	34 (30,3 ÷ 34,5)	25,9 (23,7 ÷ 31,8)	31,9 (25,9 ÷ 40,5)
Клиренс шага по переднему отделу стопы, см	П 4,1 (3,8 ÷ 5,1)	4,9 (4,8 ÷ 5,2)	4,5 (3,9 ÷ 5,9)	5,3 (5 ÷ 5,5)
	К 5,3 (5,1 ÷ 5,7)	6 (5,8 ÷ 7,4)	5,5 (5,1 ÷ 6,3)	6,3 (5,5 ÷ 7,4)
Относительный момент сил тыльной флексии, Н·м/кг	П 0 (-0,01 ÷ 0,02)	0,007 (0,0065 ÷ 0,0075)	-0,006 (-0,023 ÷ -0,007)	-0,004 (-0,007 ÷ -0,002)
	К -0,05 (-0,08 ÷ -0,02)	-0,104 (-0,105 ÷ -0,08)	-0,101 (-0,134 ÷ -0,076)	-0,056 (-0,075 ÷ -0,027)
Относительный момент сил подошвенной флексии, Н·м/кг	П 0,84 (0,66 ÷ 1,02)	0,47 (0,39 ÷ 0,48)¹	1,05 (0,92 ÷ 1,1)	0,77 (0,4 ÷ 1,16)*
	К 1,3 (1,1 ÷ 1,4)	1,43 (1,33 ÷ 1,46)²	1,15 (1,07 ÷ 1,23)	1,32 (1,04 ÷ 1,36)

Примечание: П — пораженная конечность, К — контралатеральная конечность; * — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами III и IV; ¹ — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами I и II; ² — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между пораженной (П) и контралатеральной конечностью (К)*

Таблица 3

Кинематика и кинетика коленного сустава

Параметр		Группы пациентов			
		I	II	III	IV
Положение коленного сустава в момент первичного контакта, °	П	24,7 (22,5 ÷ 25,8)	30,1 (29,5 ÷ 40,7)	19,4 (12,4 ÷ 26,8)	22,3 (19,8 ÷ 29,8)
	К	24 (20,6 ÷ 28,6)	17 (15,5 ÷ 27,4)	24,5 (21,6 ÷ 28,4)	19,5 (18 ÷ 31)
Максимальное разгибание, середина одноопорной фазы, °	П	9,3 (7,8 ÷ 11,5)	27 (24,9 ÷ 27,6)¹	6,9 (4,8 ÷ 14,2)	10,8 (7,1 ÷ 28,8)
	К	17,4 (14,8 ÷ 20,3)	7,2 (5,4 ÷ 14,6)	11,8 (9,4 ÷ 13,3)	14,6 (10 ÷ 15,8)
Максимальное сгибание в	П	62,8 (61,5 ÷ 64,9)	54,8 (53,9 ÷ 66,5)	56,5 (52,7 ÷ 66,5)	52 (50 ÷ 59,2)
	К	72,3 (66,4 ÷ 75,1)	63 (61,7 ÷ 66)	61,5 (56,4 ÷ 67,2)	71,2 (65,7 ÷ 71,8)
Амплитуда движений на протяжении цикла шага, °	П	50,9 (47,5 ÷ 57,2)	26 (23,4 ÷ 26,3)¹	49,1 (43,9 ÷ 51,4)	29,3 (27,8 ÷ 46,9)*
	К	54,6 (50,9 ÷ 55,6)	60,4 (58,6 ÷ 77)	48,6 (45,9 ÷ 56,6)	56 (50,4 ÷ 56,6)
Относительный момент сил разгибания коленного сустава, Н·м/кг	П	0,38 (0,32 ÷ 0,49)	0,77 (0,7 ÷ 0,93)¹	0,3 (0,2 ÷ 0,41)	0,69 (0,27 ÷ 0,71)*
	К	0,68 (0,59 ÷ 0,79)	1,35 (1,25 ÷ 1,38)	0,65 (0,53 ÷ 0,75)	0,97 (0,71 ÷ 1,17)

Примечание: П — пораженная конечность, К — контралатеральная конечность; * — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами III и IV; ¹ — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами I и II; ² — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между пораженной (П) и контралатеральной конечностью (К)

Таблица 4

Кинематика и кинетика тазобедренного сустава

Параметр		Группы пациентов			
		I	II	III	IV
Положение в момент первичного контакта, °	П	33,1 (31,1 ÷ 36,15)	32 (31,6 ÷ 43,2)	28 (18,9 ÷ 33,8)	31,1 (30,4 ÷ 36,3)
	К	44,2 (37,3 ÷ 47,4)	43,3 (38,7 ÷ 47,9)	30,9 (30 ÷ 37,6)	35,4 (32 ÷ 41,8)
Максимальное разгибание, одноопорная фаза, °	П	-3,7 (-4,4 ÷ -2,5)	8 (7,6 ÷ 16,5)^{1 2}	-8,1 (-9,3 ÷ -3,7)	2,7 (-5,2 ÷ 3,9)*
	К	-6,7 (-7,5 ÷ -3,8)	-11,0 (-12,5 ÷ -11,5)	-6,9 (-13 ÷ -6,3)	-10,1 (-13 ÷ -7,9)
Максимальное сгибание в фазу переноса, °	П	39,3 (38,5 ÷ 41,6)	36 (35,9 ÷ 48,6)	31 (22,4 ÷ 41)	39 (30,9 ÷ 40,7)
	К	44,8 (39,03 ÷ 49)	41 (38,2 ÷ 51,5)	31,8 (30,9 ÷ 35,8)	39,6 (32,4 ÷ 42,7)
Амплитуда движений на протяжении цикла шага, °	П	42,6 (40,2 ÷ 46,5)	29,9 (28,9 ÷ 33)^{1 2}	39,7 (34,4 ÷ 45,5)	36,1 (33,1 ÷ 42,9)
	К	47,6 (37,9 ÷ 57,7)	53,2 (49,8 ÷ 64,1)	37,8 (37,4 ÷ 46,5)	43,5 (40,2 ÷ 50,2)
Относительный момент сил сгибания тазобедренного сустава, Н·м/кг	П	-0,44 (-0,52 ÷ -0,35)	-0,34 (-0,49 ÷ -0,29)	-0,41 (-0,57 ÷ -0,31)	-0,46 (-0,53 ÷ -0,39)
	К	-0,42 (-0,52 ÷ -0,38)	-0,78 (-0,79 ÷ -0,75)	-0,4 (-0,63 ÷ -0,34)	-0,69 (-0,74 ÷ -0,66)
Относительный момент сил разгибания тазобедренного сустава, Н·м/кг	П	0,76 (0,68 ÷ 0,81)	0,94 (0,85 ÷ 1,195)¹	0,52 (0,45 ÷ 0,78)	0,84 (0,66 ÷ 1,05)*
	К	0,75 (0,56 ÷ 0,97)	0,97 (0,96 ÷ 1,14)	0,63 (0,56 ÷ 0,79)	0,9 (0,85 ÷ 1,21)

Примечание: П — пораженная конечность, К — контралатеральная конечность; * — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами III и IV; ¹ — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между группами I и II; ² — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между пораженной (П) и контралатеральной конечностью (К)

При анализе данных (табл. 2) видно явное различие в параметрах движений в голеностопном суставе вовлеченной стороны между типами походки 2а и 3: ограничение по амплитуде движения осуществляются только в секторе подошвенной флексии в любой момент цикла шага. Именно этим объясняются положительные значения момента сил тыльной флексии, когда практически не происходит изменения положения стопы от момента первичного контакта до середины периода одноопорной фазы при типе походки 3 (рис. 1). Отметим и достоверные различия в значениях момента сил подошвенной флексии при концентрическом сокращении между здоровой и вовлеченной конечностью у пациентов этой же группы, что объясняется выраженной контрактурой трицепса, характерной для ситуации, когда пациент практически перестает артикулировать в голеностопном суставе, осуществляя перемещение с опорой на стопу практически в вертикальной позиции со сниженной общей амплитудой движений (рис. 1). Интересной находкой является и достоверное снижение момента подошвенной флексии у пациентов группы 4 (оперированные) в сравнении с пациентами, которые не были ранее оперированы (рис. 2). Очевидно, что после выполненных операций не произошло функционального восстановления. Отметим также появление положительных значений тыльной флексии у пациентов групп 4 (оперированные). Мы объясняем эти измерения формированием плоско-вальгусной отведенной деформации стоп («подъем» переднего отдела) на этой стадии эволюции ортопедических проблем, когда в сагиттальной плоскости без учета девиации стопа проецируется в положении тыльной флексии.

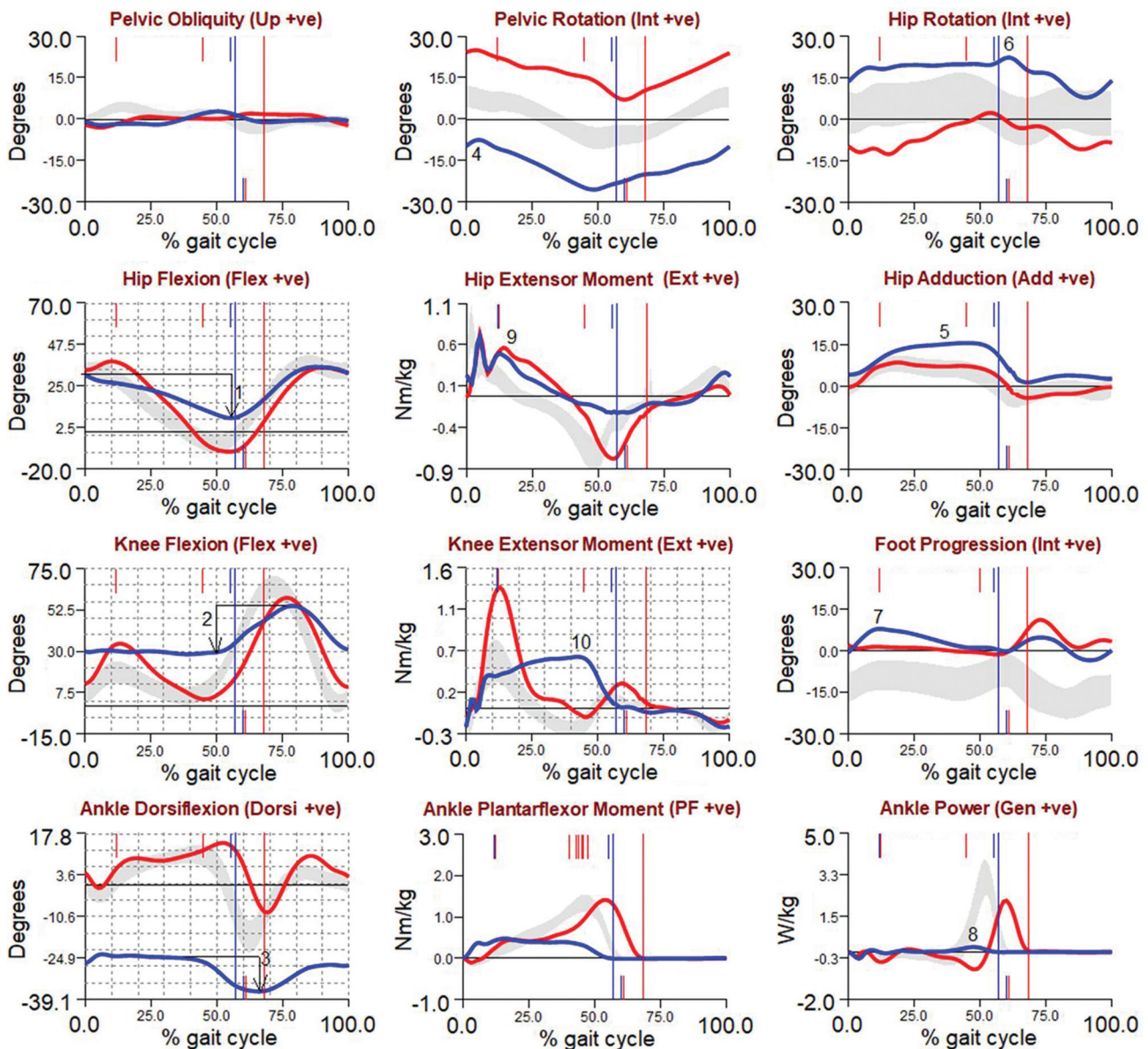


Рис. 1. Пример кинематических и кинетических графиков пациента Е. (тип походки 3), правосторонний спастически гемипарез (линии синего цвета — вовлеченная конечность): сниженная амплитуда движений в тазобедренном (1), коленном (2) и голеностопном суставах (3) в сагиттальной плоскости, данные суставы находятся в сгибательной позиции (голеностопный — в подошвенной флексии), типичные наклон таза и компенсаторная ротационная установка (4), умеренное приведение бедра в процессе ходьбы (5), выраженная торсионная установка бедра (6) и соответствующая внутренняя ротация стопы (7) относительно вектора движения, сниженные силовые характеристики подошвенного толчка (8), пропульсия осуществляется за счет повышенного момента сил при концентрическом сокращении разгибателей бедра (9), работа разгибателей коленного сустава (10) направлена лишь на предотвращение дальнейшего сгибания в коленном суставе в опорную фазу и может характеризоваться как элемент, типичный для stiff knee gait

Сгибательная установка коленного сустава в группе III с низкой амплитудой движений на протяжении всего цикла шага (компенсаторный stiff knee gait, рис. 1) объясняет повышенный момент сил разгибания коленного сустава в сравнении с группой II. Для группы IV (рис. 2) достоверное снижение амплитуды движений на протяжении цикла шага, а также повышенные значения момента сил разгибания коленного сустава отражают адаптационный механизм в ответ на ослабленную сократительную функцию трицепса голени.

Снижение общей амплитуды движений в тазобедренном суставе на фоне его сгибательной контрактуры в сагиттальной плоскости у пациентов с типом 3 (рис. 1) по сравнению с типом 2 ведет к необходимости увеличения момента сил разгибания для обеспечения пропульсии (при концентрических сокращениях разгибателей тазобедренного сустава) в конце одноопорной фазы шага (табл. 4). Появление деформаций стопы, обеспечивающих опору не только на передний отдел стопы, позволяет пациентам группы 4 (оперированные) передвигаться с эффективным разгибанием бедра (рис. 2).

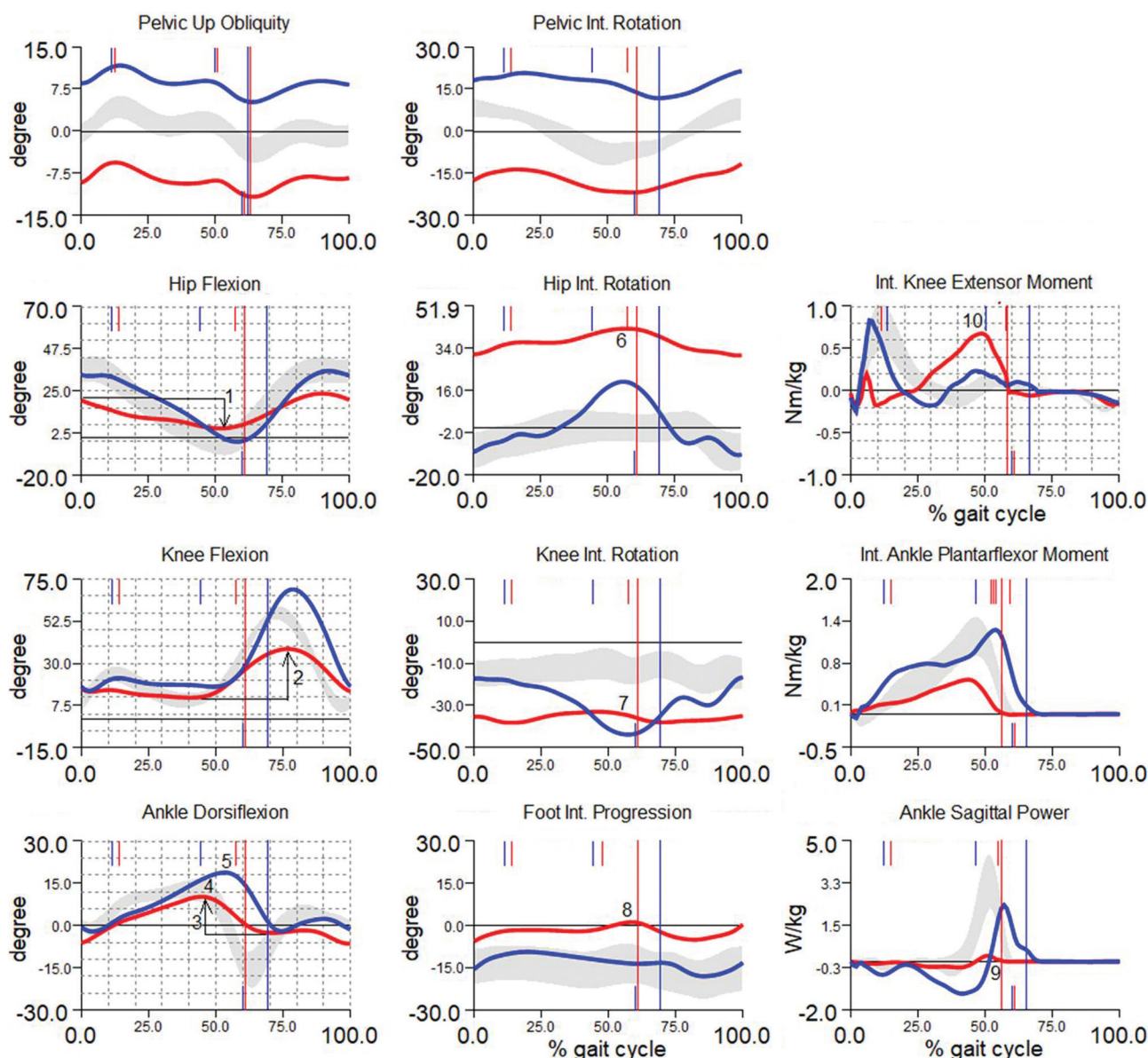


Рис. 2. Пример кинематических и кинетических графиков пациента В. (тип походки 4, опер.), левосторонний спастический гемипарез (линии красного цвета — вовлеченная конечность): сниженная амплитуда движений в тазобедренном (1), коленном (2) и голеностопном суставах (3) в сагиттальной плоскости, тазобедренный и коленный сустав находятся в умеренной сгибательной позиции, в момент опорной фазы отмечается слева достаточная тыльная флексия стопы (4) и избыточная (5) со стороны не вовлеченной, типичные наклон таза и компенсаторная его ротационная установка, выраженная внутриротационная установка бедра (6) частично компенсируется наружной торсией голени (7), что резюмируется умеренной внутренней ротацией стопы относительно вектора движения (8), сниженные силовые характеристики подошвенного толчка (9), работа разгибателей коленного сустава значительно повышена относительно не вовлеченной стороны (10) и компенсирует слабость подошвенных флексоров для удержания достаточного угла разгибания коленного сустава в опорную фазу, тем не менее, резкое снижение амплитуды сгибания коленного сустава в неопорную фазу свидетельствует о сформированном компенсаторном элементе stiff knee gait

Однако на фоне ослабления трицепса голени у пациентов в группе 4 (оперированные) пропульсию обеспечивает не столько подошвенная флексия, сколько разгибание в тазобедренном суставе, что отражается в достоверном различии в значениях момента сил разгибания в тазобедренном суставе.

Исследования движений таза и бедра в горизонтальной и фронтальной плоскостях, а также изменения ориентации общей оси стопы относительно вектора движений позволили выйти за рамки классификации Rodda et Graham в понимании кинематики спастических гемипарезов (табл. 5).

Движения таза во фронтальной плоскости идентичны и близки по амплитуде во всех группах: преимущественный наклон таза в сторону вовлеченной конечности. Вновь отметим снижение суммарной амплитуды движений, характерной для группы типа 3. Еще более демонстративные изменения каса-

ются кинематики таза в горизонтальной плоскости: на протяжении цикла шага доминирует разворот таза в сторону вовлеченной конечности, что достоверно отличается от не вовлеченной конечности во всех группах (рис. 1, 2), при этом амплитуда ротации таза остается практически симметричной между вовлеченной и здоровой конечностями. В процессе ходьбы бедро явно находится в приведенной позиции, по значениям достоверно отличаясь от не вовлеченной конечности в группах 3 и 4 (оперированные). При этом амплитуда движений бедра во фронтальной плоскости у пациентов в данном исследовании остается сбалансированной.

Таблица 5

Кинематика таза и бедра во фронтальной и горизонтальной плоскости, ориентация общей оси стопы

Параметр	Конечность		Группы пациентов			
			I	II	III	IV
Наклон таза, °	П	max	6,2 (4,8 ÷ 6,9)	3,1 (0,75 ÷ 3,5)	4,9 (2,33 ÷ 7,33)	3,5 (0,8 ÷ 6,3)
		min	-3,6 (-6,1 ÷ -1,8)	-3,4 (-4,5 ÷ -3,1)	-1,95 (-5,38 ÷ 0,18)	-3,1 (-5,4 ÷ 0,7)
	К	max	3,7 (1,9 ÷ 6,2)	2,1 (0,5 ÷ 2,3)	2,1 (-2,71 ÷ 4,95)	3,3 (-1,1 ÷ 4,9)
		min	-6,9 (-7,6 ÷ -5,3)	-7,1 (-9,3 ÷ -5,2)	-4,9 (-6,9 ÷ -2,05)	-3,2 (-8 ÷ -1,3)
Ротация таза, °	П	max	9,2 (7,8 ÷ 9,6)²	4,1 (2,5 ÷ 5,2)²	1,1 (-4,7 ÷ 4,2)²	3,2 (-0,5 ÷ 9,1)²
		min	-12,7 (-14,6 ÷ -11,8)	-22,7 (-24,3 ÷ -17,8)	-18,2 (-23 ÷ -14,6)	-18,1 (-21,8 ÷ -10,8)
	К	max	13,5 (12,1 ÷ 16,5)	26,4 (26,1 ÷ 26,7)	18,2 (15,6 ÷ 25,85)	22,9 (12,5 ÷ 26,8)
		min	-7,5 (-8,95 ÷ -6,03)	5,0 (0,9 ÷ 5,9)	-0,3 (-3,4 ÷ 6,15)	-1,2 (-5,4 ÷ 2,9)
Приведение бедра, °	П	max	10,1 (7,4 ÷ 11,6)	4,9 (4,75 ÷ 5,15)	7,7 (0,05 ÷ 11,48)	8 (5,4 ÷ 10,9)
		min	-7,6 (-9,7 ÷ -5,4)	-7,8 (-9,7 ÷ -6,3)	-5,05 (-8,2 ÷ -2,65)	-4 (-10,5 ÷ -2,5)
	К	max	8,7 (7,7 ÷ 10,7)	9,3 (9,15 ÷ 9,5)	6,15 (4,75 ÷ 10,5)	7,3 (4,2 ÷ 8,6)
		min	-5,9 (-8,1 ÷ -4,9)	-8,6 (-10,2 ÷ -10,8)	-10 (-12,15 ÷ -4,8)	-10 (-12,6 ÷ -6,1)
Ротация бедра, °	П	max	19,2 (12,5 ÷ 27,6)	24,8 (23,9 ÷ 27,5)²	19,6 (14,05 ÷ 23,2)	21,2 (16,4 ÷ 30,1)²
		min	-5,3 (-10,1 ÷ 1,95)	8,1 (7,8 ÷ 12,3)	-0,45 (-8,8 ÷ -4,8)	6,4 (0,3 ÷ 12,7)
	К	max	13,9 (12,5 ÷ 14,5)	9,1 (7,9 ÷ 18,9)	11,3 (7,23 ÷ 17,9)	6,1 (-2,7 ÷ 22,7)
		min	-8,6 (-13,3 ÷ 5,95)	-5,6 (-9,6 ÷ 0,45)	-15 (-19,5 ÷ -5,4)	-9,7 (-20,1 ÷ -3,1)
Ориентация стопы, °	П	max	4,9 (-2,3 ÷ 11,4)	11,0 (9,6 ÷ 24,9)	4,1 (-3,2 ÷ 14,2)	14,8 (7,2 ÷ 20,1)
		min	-16,5 (-19,2 ÷ -11,6)	-3,9 (-4,4 ÷ 2,3)	-15,0 (-20,2 ÷ -2,6)	-3,8 (-11,8 ÷ 6,1)
	К	max	13,1 (11,1 ÷ 14,2)	9,0 (8,7 ÷ 10,5)	3,3 (-5,05 ÷ 9,98)	7,0 (-0,2 ÷ 15,4)
		min	-4,45 (-9,8 ÷ -3,45)	-7,4 (-10,6 ÷ -5,5)	-12,9 (-20,6 ÷ -5,6)	-13,8 (-21,5 ÷ -1,9)

Примечание: П — пораженная конечность, К — контралатеральная конечность; ² — достоверные отличия по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) между пораженной (П) и контралатеральной конечностью (К)

Так же, как и в среднем, отмечается ориентация стоп относительно вектора движений. Тем не менее, внутриротационная установка стопы 15° и более отмечена у одного пациента в группе 2, у двух пациентов в группе типа 3 и у четырех пациентов в группе 4 (оперированные). Данная позиция расценивается как декомпенсаторная. В нашей выборке она была обусловлена торсионными деформациями бедра в 4 случаях и варусно-супинированной деформацией стопы в трех случаях.

ОБСУЖДЕНИЕ

Первой предложенной классификацией нарушений походки при односторонних спастических поражениях является классификация T.F. Jr. Winters et al. [14], которая выделяет 4 группы на основе патологии движений конечности пораженной стороны в сагиттальной плоскости. Классификация отражает прогрессирование нарушений от дистального уровня к проксимальному (от нарушений движений в голеностопном суставе к тазобедренному) по мере увеличения тяжести заболевания. Однако отмечено, что в 23 % случаев выявленные нарушения не могут быть определены согласно этой классификации [15]. Классификация Rodd et Graham является наиболее общей при описании особенностей походки у детей с гемипаретическими формами ДЦП [3]. Классификация отражает прогрессирование нарушений от дистального уровня к проксимальному (от нарушений движений в голеностопном суставе к тазобедренному) по мере увеличения тяжести заболевания. Группа 1 характеризуется эквинусной позицией стопы в неопорную фазу цикла шага, отсутствием первого переката стопы в начале опорной фазы шага. Нарушения обусловлены слабостью или гипоактивностью передней большеберцовой мышцы в сравнении с икроножной и камбаловидной мышцами. В группе 2а стопа находится в эквинусной позиции в неопорную фазу цикла шага и в постоянном положении подошвенной флексии, в группе 2b наблюдается эквинусная контрактура в сочетании с рекурвацией в коленном суставе в опорную фазу. Нарушения группы 2 обусловлены контрактурой трицепса голени. В группе 3 к вышеперечисленным нарушениям групп 1 и 2 добавляется ограничение сгибания ноги в коленном суставе в неопорную фазу цикла шага, избыточное

сгибание в тазобедренном суставе. В группе нарушений 4 помимо предыдущих нарушений отмечается редуцированная амплитуда движений в тазобедренном и коленном суставах на протяжении цикла шага и торсионные деформации (патологические ротационные установки бедра). Отметим, что классификация не учитывает неравенства длины нижних конечностей в оценке тяжести ортопедических и моторных нарушений. Мы также не нашли в литературе достаточных доказательств, что прогрессирование нарушений походки коррелирует с возрастом ребенка, как это характерно для спастической диплегии.

Ряд дополнительных исследований, основанных на компьютерном анализе походки, позволяет уточнить особенности движения стопой, ее передним и задним отделом, что важно для выбора способа коррекции деформаций стопы и/или ее внутриторсионной установки [18]. Помимо понимания механизма и элементов нарушения движений при гемипарезах 3D-анализ походки позволяет определить уровень и величину коррекции деформаций в горизонтальной плоскости [7, 19, 20]. Наше исследование также позволило отличить торсионные деформации (декомпенсированные или компенсированные [34], есть взаимно противоположенные на уровне бедра и голени) от деформаций стопы и определить степень необходимой коррекции.

Важной находкой нашего исследования является выявление ротационного разворота во всех исследованных группах пациентов, что дополняет описание особенностей походки к классификации Rodd et Graham [3]. Ротационный разворот таза ранее рассматривался как патологический элемент, обусловленный топографией неврологических поражений [21, 22]. В настоящее время торсионный разворот таза рассматривается либо как результат спастичности и/или ретракции мышц вовлеченной стороны, либо как компенсаторный механизм, позволяющий устанавливать ось стопы со стороны внутриторсионной деформации бедра в более-менее правильную позицию относительно вектора движения [19, 23]. Мы полагаем, что присутствие разворота таза при любом из типов 2–4 нарушения походки, обнаруженном в нашем исследовании, носит компенсаторный характер, так как сочетается с симметричными амплитудами движений таза с обеих сторон. Но по мере существования нарушений данная компенсаторная установка становится нередуцируемой, что относится к третичным нарушениям [24–26]. Укажем также, что развитию патологической ротационной установки таза сопутствуют и определяют неэффективность изолированной хирургической коррекции следующие факторы: внутриторсионная деформация бедра, тип 2 походки по Winter, ограничения тыльной флексии стопы, передний наклон таза и асимметричная позиция верхней конечности со стороны неврологического поражения [27].

В нашем исследовании наиболее существенные отклонения по суммарному индексу ходьбы (GPS) наблюдались при типе 3. Очевидно, что характерные выраженные контрактуры ограничивают как возможность симметричной опоры, так и достаточный объем движений в суставах, снижая и силовые характеристики движений [2, 3, 8]. С этой точки зрения еще большие нарушения следует ожидать при типе 4 по Rodd et Graham. Однако в нашем исследовании такой предполагаемой закономерности не обнаружено. Мы высказываем гипотезу, что присоединение деформации стопы, позволяющей опору целиком на данный сегмент, и в условиях здоровой контралатеральной конечности улучшает условия для реализации движений в коленном и голеностопном суставах вовлеченной конечности.

Отметим также, что в группе пациентов, имевших удлинение трицепса в раннем возрасте, мы отмечаем присутствие типичных нарушений походки для типа 4, патологии движений и ортопедических нарушений, что и в группе пациентов с таким же типом нарушений (тип 4), но без ортопедических операций. Отличием является лишь снижение сократительных способностей трицепса для пропульсии в сочетании с компенсаторным повышением момента сил разгибания коленного сустава и развитием ограничения сгибания колена в фазу переноса (элемент, характерный для stiff knee gait). Данный феномен ранних изолированных операций, ослабляющих трицепс голени, характерен для спастической диплегии [28, 29]. Очевидно, что такой вариант ранних операций не ведет к улучшению ортопедической ситуации в старшем возрасте и лишь способствует повышению расхода энергии для перемещения.

Неравенство длины конечностей при спастической гемиплегии находит свое отражение в наклоне таза, компенсаторном сгибании тазобедренного и коленного сустава и сопряженной тыльной флексии на здоровой стороне [31]. Наше исследование также отразило данные особенности, что подчеркивает важность разновеликости ног для биомеханики ходьбы при гемипарезах. Ожидаемо, что коррекция неравенства длины позволит избегать вовлечения здоровой конечности в компенсацию данной ортопедической патологии [32, 33].

Слабыми сторонами нашего исследования является его кросс-секционный характер, без наблюдения эволюции элементов патологии походки на протяжении определенного времени у детей, без исследования параметров ходьбы до выполнения ранних ортопедических операций. Другим аспектом, который требует дополнительного исследования, является изучение адаптационных изменений движений контралатеральной конечности как в сравнении с вовлеченной конечностью, так и в сравнении со здоровыми сверстниками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Патология движений, выявляемая компьютерным анализом походки, присутствует во всех трех плоскостях измерений при типах походки II, III, IV по классификации Rodda et Graham. Наиболее выраженные отклонения при ходьбе выявлены для пациентов с типом походки III.

Ротационный разворот таза является исходно компенсаторным механизмом на фоне внутриторсионной деформации бедра, позволяющим ориентировать ось стопы близко к вектору направления ходьбы.

Изолированные операции удлинения трицепса, выполненные в раннем возрасте, ведут к ухудшению параметров походки, связанных со снижением силы подошвенного толчка, увеличением компенсаторной работы разгибателей коленного сустава и общим расходом энергии для ходьбы и, вероятно, не предотвращают ортопедической патологии, встречающейся при типе походки IV по Rodda et Graham.

Конфликт интересов. Отсутствует.

Источник финансирования. Статья выполнена в рамках темы «Использование компьютерного анализа движений в обосновании алгоритма ортопедического хирургического лечения пациентов с ДЦП» государственного задания на осуществление научных исследований и разработок ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России.

Этическая экспертиза. Не требуется.

Информированное согласие. Не требуется.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Kulak W, Sobaniec W. Comparisons of right and left hemiparetic cerebral palsy. *Pediatr Neurol.* 2004;31(2):101-108. doi: 10.1016/j.pediatrneurol.2004.01.009
- Bonnefoy-Mazure A, De Coulon G, Lascombes P, et al. A 10.5-year follow-up of walking with unilateral spastic cerebral palsy. *J Child Orthop.* 2023;17(2):173-183. doi: 10.1177/18632521231154975
- Rodda J, Graham HK. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *Eur J Neurol.* 2001;8 Suppl 5:98-108. doi: 10.1046/j.1468-1331.2001.00042.x
- Patel DR, Neelakantan M, Pandher K, Merrick J. Cerebral palsy in children: a clinical overview. *Transl Pediatr.* 2020;9(Suppl 1):S125-S135. doi: 10.21037/tp.2020.01.01
- Wren TA, Rethlefsen S, Kay RM. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy: influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery. *J Pediatr Orthop.* 2005;25(1):79-83. doi: 10.1097/00004694-200501000-00018
- Romkes J, Hell AK, Brunner R. Changes in muscle activity in children with hemiplegic cerebral palsy while walking with and without ankle-foot orthoses. *Gait Posture.* 2006;24(4):467-74. doi: 10.1016/j.gaitpost.2005.12.001
- Lee HJ, Oh CW, Song KS, et al. Rotational osteotomy with submuscular plating in skeletally immature patients with cerebral palsy. *J Orthop Sci.* 2013;18(4):557-62. doi: 10.1007/s00776-013-0384-3
- Armand S, Decoulon G, Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT Open Rev.* 2016;1(12):448-460. doi: 10.1302/2058-5241.1.000052
- Чибиров 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
- Schranz C, Kruse C, Kraus T, et al. Does unilateral single-event multilevel surgery improve gait in children with spastic hemiplegia? A retrospective analysis of a long-term follow-up. *Gait Posture.* 2017;52:135-139. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.11.018
- Гатамов О.И., Чибиров Г.М., Борзунов Д.Ю. и др. Коррекция торсионных деформаций у подростков и взрослых с ДЦП, влияние на параметры походки. *Гений ортопедии.* 2019;25(4):510-516. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-510-516
- Sala DA, Grant AD, Kummer FJ. Equinus deformity in cerebral palsy: recurrence after tendo Achillis lengthening. *Dev Med Child Neurol.* 1997;39(1):45-48. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb08203.x
- Sclavos N, Thomason P, Passmore E, et al. Foot drop after gastrocnemius lengthening for equinus deformity in children with cerebral palsy. *Gait Posture.* 2023;100:254-260. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.01.007
- Winters TF Jr, Gage JR, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(3):437-441.
- Riad J, Haglund-Akerlind Y, Miller F. Classification of spastic hemiplegic cerebral palsy in children. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(7):758-64. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181558a15
- Graham HK, Thomason P, Willoughby K, et al. Musculoskeletal Pathology in Cerebral Palsy: A Classification System and Reliability Study. *Children (Basel).* 2021;8(3):252. doi: 10.3390/children8030252
- Аксенов А.Ю., Клишкова Т.А. Программа формирования отчета биомеханики ходьбы человека. Патент РФ на изобретение № 2020665238. 24.11.2020. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. Ссылка активна на 14.09.2023.
- Krzak JJ, Corcos DM, Damiano DL, et al. Kinematic foot types in youth with equinovarus secondary to hemiplegia. *Gait Posture.* 2015;41(2):402-408. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.10.027
- Graham HK, Baker R, Dobson F, Morris ME. Multilevel orthopaedic surgery in group IV spastic hemiplegia. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(4):548-55. doi: 10.1302/0301-620X.87B4.15525
- Hamid J, Do P, Bauer J. 3D Gait Analysis and Patient-reported Outcomes of Femoral Osteotomies for Torsional Deformity. *J Pediatr Orthop.* 2022;42(9):496-502. doi: 10.1097/BPO.0000000000002204

21. Perry J. The mechanics of walking in hemiplegia. *Clin Orthop Relat Res.* 1969;63:23-31.
22. Siegfried J, Lazorthes Y, Broggi G, et al. La neurochirurgie fonctionnelle de l'infirmité motrice d'origine cérébrale [Functional neurosurgery of cerebral palsy]. *Neurochirurgie.* 1985;31 Suppl 1:1-118. (In French)
23. Park BS, Chung CY, Park MS, et al. Effects of soft tissue surgery on transverse kinematics in patients with cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):566. doi: 10.1186/s12891-019-2955-8
24. Church C, Lennon N, Pineault K, et al. Persistence and Recurrence Following Femoral Derotational Osteotomy in Ambulatory Children With Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop.* 2017;37(7):447-453. doi: 10.1097/BPO.0000000000000701
25. Hosseinzadeh P, Baldwin K, Minaie A, Miller F. Management of Hip Disorders in Patients with Cerebral Palsy. *JBJS Rev.* 2020;8(3):e0148. doi: 10.2106/JBJS.RVW.19.00148
26. Sees JP, Truong WH, Novacheck TF, et al. What's New in the Orthopaedic Treatment of Ambulatory Children With Cerebral Palsy Using Gait Analysis. *J Pediatr Orthop.* 2020;40(6):e498-e503. doi: 10.1097/BPO.0000000000001461
27. Park KB, Park H, Park BK, et al. Clinical and Gait Parameters Related to Pelvic Retraction in Patients with Spastic Hemiplegia. *J Clin Med.* 2019;8(5):679. doi: 10.3390/jcm8050679
28. Долганова Т.И., Гатамов О.И., Чибиров Г.М. и др. Клинико-биомеханические результаты многоуровневых ортопедических вмешательств при crouch gait. *Гений ортопедии.* 2020;26(3):325-333. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-325-333
29. Theologis T. Lever arm dysfunction in cerebral palsy gait. *J Child Orthop.* 2013;7(5):379-82. doi: 10.1007/s11832-013-0510-y
30. Долганова Т.И., Долганов Д.В., Чибиров Г.М. и др. Количественные параметры кинетики и кинематики ятрогенного crouch паттерна. *Гений ортопедии.* 2022;28(5):675-683. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-675-683
31. Cimolin V, Galli M, Tenore N, et al. Gait strategy of uninvolved limb in children with spastic hemiplegia. *Eura Medicophys.* 2007;43(3):303-10.
32. Joo S, Miller F. Abnormalities in the uninvolved foot in children with spastic hemiplegia. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(6):605-608. doi: 10.1097/BPO.0b013e318263a245
33. Corradin M, Schiavon R, Borgo A, et al. The effects of uninvolved side epiphysiodesis for limb length equalization in children with unilateral cerebral palsy: clinical evaluation with the Edinburgh visual gait score. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(5):977-984. doi: 10.1007/s00590-017-2097-3
34. Чибиров Г.М., Долганова Т.И., Попков Д.А. и др. Анализ кинематических и кинетических параметров походки у больных детским церебральным параличом с внутренней торсионной деформацией бедра. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2022;42(3):83-93. doi: 10.18699/SSMJ20220311

Статья поступила 01.08.2023; одобрена после рецензирования 08.09.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 01.08.2023; approved after reviewing 08.09.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Улви Фаиг оглы Мамедов — аспирант, ulvi.mamedof@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-0266-6515>;

Тамара Игоревна Долганова — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, rjik532007@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0117-3451>;

Орхан Ильхам оглы Гатамов — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, заведующий отделением, or-gatamov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4244-5774>;

Дмитрий Арнольдович Попков — доктор медицинских наук, профессор РАН, руководитель клиники, член-корр. Французской Академии медицинских наук, dpopkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>.

Information about the authors:

Ulvi F. Mammadov — post-graduate student, ulvi.mamedof@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-0266-6515>;

Tamara I. Dolganova — Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher, rjik532007@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0117-3451>;

Orkhan I. Gatamov — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist, Head of Department, or-gatamov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4244-5774>;

Dmitry A. Popkov — Doctor of Medical Sciences, Professor of RAS, correspondent member French Academy of Medical Sciences, dpopkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>.

Вклад авторов:

Мамедов У.Ф. — обработка данных, написание, первоначальный вариант.

Долганова Т.И. — валидация, написание-рецензирование и редактирование.

Гатамов О.И. — контроль.

Попков Д.А. — методология, концептуализация, управление проектом.

Клиническое наблюдение

УДК 616.728.2-77-089.843:616.718.16-004.8-089.844

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-245-254>

Импакционная костная пластика как метод выбора в замещении дефектов вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава: серия клинических случаев

В.Н. Гольник¹✉, В.А. Пелеганчук¹, Д.А. Джухаев¹, Ю.М. Батрак¹, В.В. Павлов²¹ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Барнаул, Россия² Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия**Автор, ответственный за переписку:** Вадим Николаевич Гольник, vgolnik@mail.ru

Аннотация

Введение. Реконструкция вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании является непростой задачей в условиях массивных костных дефектов. Зачастую единственным эффективным методом является импакционная костная пластика (ИКП).

Цель работы — демонстрация возможностей технологии импакционной костной пластики X-Change при замещении дефектов вертлужной впадины в качестве метода выбора при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава.

Материалы и методы. В представленной серии клинических случаев использование ИКП оказалось единственным методом, позволившим выполнить качественную реконструкцию вертлужной впадины. В каждом представленном случае проведено ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава с аугментацией дефектов реконструктивной сеткой или аугментом из трабекулярного металла для создания опоры и ограничения дефекта с целью удержания импактированного костно-пластического материала.

Результаты. При сроках наблюдения от 4,8 до 6,5 лет признаков резорбции костно-пластического материала, расшатывания компонентов эндопротеза не наблюдается. При оценке по шкале Харриса результаты в каждом случае составили 96, 97 и 89 баллов соответственно.

Обсуждение. Технология ИКП является достаточно универсальной. Она может быть использована в различных ситуациях ревизионного эндопротезирования при ограниченных дефектах вертлужной впадины. В отличие от применения модульных ревизионных систем аугментации и аддитивных технологий использование костных чипсов при ИКП позволяет достичь плотного наполнения самых мелких дефектов и спрофилировать ложе, конгруэнтное тазовому компоненту эндопротеза. Использование имплантатов цементной фиксации позволяет дополнительно стабилизировать импактированный измельченный костно-пластический материал и задействовать механизмы механотрансдукции, стимулирующие перестройку костного материала. ИКП зарекомендовала себя эффективной методикой для реконструкции дефектов вертлужной впадины средних размеров в сочетании с сеткой и цементной чашкой, а также в сочетании с аугментами из трабекулярного металла.

Заключение. В представленных клинических наблюдениях применение ИКП при ревизионном эндопротезировании продемонстрировало эффективность при малых размерах вертлужной впадины. Комбинирование ИКП с металлическими аугментами из трабекулярного металла существенно расширило возможности применения данной технологии. Использование ИКП позволило улучшить костный запас в области дефекта, создав более благоприятные условия для неизбежных повторных ревизионных вмешательств.

Ключевые слова: импакционная костная пластика, трабекулярные металлические аугменты, дефекты вертлужной впадины, ревизионное эндопротезирование

Для цитирования: Гольник В.Н., Пелеганчук В.А., Джухаев Д.А., Батрак Ю.М., Павлов В.В. Импакционная костная пластика как метод выбора в замещении дефектов вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава: серия клинических случаев. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):245-254. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-245-254. EDN: LCXNIZ.

Clinical case

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-245-254>



Impaction bone grafting as a method of choice in bone defect management in the revision hip arthroplasty: a cases series

V.N. Golnik^{1✉}, V.A. Peleganchuk¹, D.A. Dzhukhaev¹, Yu.M. Batrak¹, V.V. Pavlov²

¹ Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Barnaul, Russian Federation

² Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.I. Tsivyan, Novosibirsk, Russian Federation

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

Abstract

Introduction Reconstruction of the acetabulum during revision arthroplasty is a challenging task in the setting of massive bone defects. Often the only effective method is impaction bone grafting (IBG).

The purpose is to demonstrate the capabilities of the X-Change impaction bone grafting technology in replacing acetabular defects as a method of choice for revision hip arthroplasty.

Materials and methods In the presented series of cases, the use (IBG) turned out to be the method of choice, allowing for high-quality reconstruction. In each presented case, revision hip arthroplasty was performed with augmentation with a reconstructive mesh or trabecular metal augment to create support and contain the defect to retain the osteoplastic material.

Results During follow-up periods of 4.8 to 6.5 years there were no signs of resorption or loosening. According to the Harris hip score the results were 96, 97 and 89 points respectively.

Discussion Impaction bone grafting technology is quite versatile. It can be used in various conditions of revision arthroplasty with contained defects of the acetabulum. In contrast to the use of modular revision augmentation systems and additive technologies it makes possible to achieve dense filling of the smallest defects and profile a bed congruent with the acetabular component. The use of cemented fixation makes it possible to further stabilize the impacted bone chips and use mechanotransduction mechanisms that stimulate the bone remodeling. The use of IBG has proven to be an effective technique for the reconstruction of medium-sized acetabular defects in combination with mesh and cement cup, as well as in combination with trabecular metal augments.

Conclusion The use of IBG during revision hip arthroplasty can be especially effective for small acetabulum sizes. Combining IBG with trabecular metal augments significantly expands the application of this technology. The use of IBG makes it possible to create a bone reserve, which creates more favorable conditions for inevitable repeated revision interventions.

Keywords: Impaction bone grafting, trabecular metal augments, acetabular defects, revision arthroplasty

For citation: Golnik VN, Peleganchuk VA, Dzhukhaev DA, Batrak YuM, Pavlov VV. Impaction bone grafting as a method of choice in bone defect management in the revision hip arthroplasty: a cases series. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):245-254. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-245-254

ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция вертлужной впадины при ревизионном или первично-сложном эндопротезировании является непростой задачей в условиях массивных костных дефектов. Эта проблема особенно актуальна у молодых пациентов, когда важно восстановить центр вращения бедра, добиться стабильной фиксации имплантата, восстановить анатомию вертлужной впадины и костный массив тазовой кости. К настоящему моменту известны различные способы восполнения костных дефектов в виде использования реконструктивных кейджей [1], структурных трансплантатов [2], применения модульных систем аугментации [3], получивших развитие в последние годы аддитивных технологий [4] и импакционной костной пластики (ИКП) [5]. Локализация, геометрическая форма, размер и распространённость костного дефекта, как правило, определяют выбор способа реконструкции [6, 7]. Каждый из перечисленных методов отличается определенными достоинствами и преимуществами, однако иногда возникающие ограничения позволяют использовать только единственно возможный метод эффективной артропластики. В конкретной ситуации этим методом может быть достаточно универсальная технология ИКП, основным преимуществом которой является способность восстанавливать собственный массив тазовой кости, создавая, тем самым, предпосылки для успеха последующих неизбежных ревизий [8].

Цель работы — демонстрация возможностей технологии импакционной костной пластики X-Change при замещении дефектов вертлужной впадины в качестве метода выбора при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный анализ клинических данных применения ИКП по оригинальной технологии X-Change с использованием специализированного инструментария в случаях первично-сложного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава с замещением костных дефектов области вертлужной впадины.

С 2015 по 2022 гг. в Федеральном центре травматологии, ортопедии и эндопротезирования (ФЦТОЭ, Барнаул) выполнено 87 операций у 83 пациентов на тазобедренных суставах с использованием ИКП по технологии X-Change в качестве основной техники. Из них в 10 случаях технологию применяли при первично-сложном протезировании (3 операции на бедренном сегменте, 7 — на вертлужной впадине). В 77 операциях ревизионного эндопротезирования ИКП применяли в 36 случаях на вертлужном компоненте, в 29 случаях на бедренном компоненте и в 12 случаях одновременно на тазовом и бедренном сегменте. В некоторых случаях таковой реконструкции ИКП на момент оперативного вмешательства оказалась единственным доступным методом, позволившим выполнить качественную реконструкцию вертлужной впадины. Три клинических случая вошли в данную серию, полностью отразив философию ИКП.

Показанием для применения ИКП на тазовом сегменте были массивные ограниченные и комбинированные дефекты вертлужной впадины:

- 1) в одном случае был массивный дефект 3В по Paprosky, тип III по классификации AAOS сложной геометрии, обусловленной вторичной деформацией в результате механической выработки при расшатывании тазового компонента эндопротеза;
- 2) во втором случае — 2В дефект по Paprosky с минимальным костным запасом на фоне дисплазии и предшествующего неудачного первичного эндопротезирования;
- 3) в третьем случае — массивный ятрогенный дефект III типа по классификации AAOS после удаления тазового компонента во время лечения перипротезной инфекции, имеющей свои показания для установки спейсера и последующего его удаления.

На момент проведения оперативного лечения инфекция во всех случаях исключена на основании цитологического, микроскопического и бактериологического предоперационного исследования аспирата синовиальной жидкости из сустава, что также подтверждено результатами бактериологического исследования взятых во время операции биоптатов и удаленных компонентов эндопротеза.

В качестве костно-пластического материала (КПМ) использованы костные чипсы, изготовленные из аллокости, прошедшей термическую дезинфекцию по Марбургской системе костного банка. Для таковой костной пластики чипсы изготавливали вручную размером около 10 мм³ с помощью кусачек Люера. Уплотнение КПМ производили с помощью профилирующих импакторов для вертлужной впадины из специализированного инструментария X-Change (Stryker). Во всех трех случаях в сочетании с ИКП использованы дополнительные конструкции: в виде реконструктивных сеток — в двух случаях и танталовый аугмент — в одном.

Клинический случай 1

Пациентка Б., 38 лет, поступила в ФЦТОЭ с жалобами на боли в области правого тазобедренного сустава, выраженное ограничение движений в нём, укорочение правой нижней конечности, хромоту. Из анамнеза выяснено, что в возрасте 26 лет перенесла гематогенный остеомиелит головки правой бедренной кости. По этому поводу проведена хирургическая санация, установлена промывная система дренирования правого тазобедренного сустава, сформировавшиеся свищи области правого тазобедренного сустава закрылись в течение года. Через год после санации очага инфекции в связи с прогрессированием болевого синдрома и нарушением опорной функции конечности проведено эндопротезирование правого тазобедренного сустава антигибридным эндопротезом DePuy Corail/Triloc. Заживление после эндопротезирования прошло без осложнений. Однако через 7 лет после операции артропластики пациентка стала отмечать периодическое появление болей, которые постепенно прогрессировали, появилось ограничение движений, хромота. При обследовании выявлены признаки расшатывания тазового компонента эндопротеза, с чем и направлена на ревизионное эндопротезирование в ФЦТОЭ. На момент обращения ходит самостоятельно, хромота на правую ногу. Конфигурация сустава визуально не изменена, послеоперационный рубец области правого тазобедренного сустава без признаков воспаления, при пальпации болезненности в области сустава нет. Умеренная гипотрофия мышц тазового пояса и бедра справа. Относительное укорочение правой нижней конечности на 3 см. Объем активных движений: сгибание до 80°, отведение 10°, ротационные движения 5–0–5°, приведение 10°. При движениях испытывает умеренную боль. Функциональная оценка по шкале Харриса составила 55 баллов. По рентгенограммам определено расшатывание тазового компонента эндопротеза, дефект вертлужной впадины IIIВ по W.G. Paprosky, признаки перипротезного остеолита в проксимальном отделе бедренной кости в 1 и 7 зоне Грюна (рис. 1, а). По результатам цитологического и бактериологического исследования синовиальной жидкости данных за инфекционный процесс в суставе не получено. Однако с учетом тяжелого инфекционного анамнеза и предстоящего объема реконструкции принято решение о двухэтапном реэндопротезировании через спейсирование сустава и уточнение данных повторного микробиологического исследования интраоперационных биоптатов.

После проведения первого этапа ревизионного эндопротезирования с установкой артикулирующего спейсера и получения отрицательных результатов бактериологического исследования принято решение о проведении второго этапа реэндопротезирования (рис. 1, б). При планировании оперативного вмешательства на суставе учтено, что использование пористых аугментов для реконструкции потребовало бы дополнительной адаптации костного ложа и привело бы к еще большему увеличению костного дефицита. Для заполнения дефекта понадобилось бы несколько аугментов, а замещение такого массива металлом с учетом молодого возраста пациентки весьма вероятную повторную ревизию в перспективе делает еще более затруднительной. Принимая во внимание в целом ограниченную форму с наличием сегментарного дефекта медиальной стенки и верхнего края вертлужной впадины, которые могут быть ограничены с помощью сетки, методом выбора в качестве окончательного этапа реконструкции определена ИКП вертлужной впадины с использованием цементируемого тазового компонента.

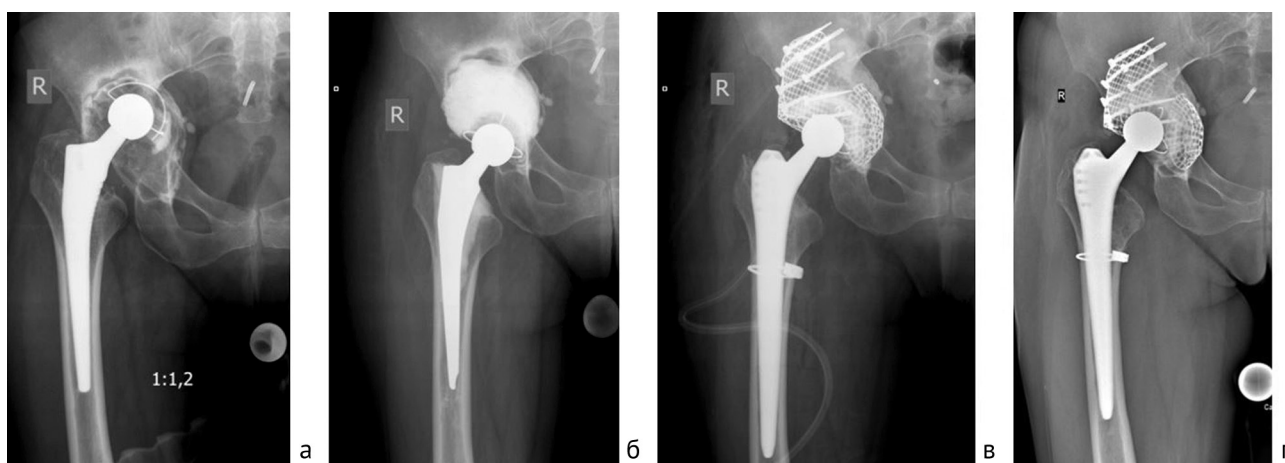


Рис. 1. Пациентка Б., 38 лет. Рентгенограммы правого тазобедренного сустава на основных этапах лечения: а — перед операцией; б — после установки спейсера тазобедренного сустава; в — после выполненной реконструкции с применением ИКП и сетки; г — при последнем контрольном осмотре спустя 6,5 лет после реконструкции сустава

Через 6 нед. после первого этапа проведена реконструктивная операция. Выполнена аугментация верхнего края и медиальной стенки вертлужной впадины сеткой Stryker с фиксацией винтам. С целью замещения костного дефекта подготовлен костно-пластический материал в виде чипсов около 8–10 мм³.

Произведена ИКП вертлужной впадины с помощью ревизионного инструментария Stryker X-Change. По достижении восстановления объема на цементной основе произведена имплантация впадины Zimmer ZCA 47 мм. Бедренный канал освобожден от остатков цемента. Предварительно с учетом низкого качества кости под малым вертелом проведен канатный серкляж и имплантирован бедренный компонент Zimmer Alloclassic SLL (рис. 1, в). В послеоперационном периоде пациентка активизирована, проведен первый этап реабилитации, без осложнений выписана на 12 сут. после операции. Рекомендована дозированная нагрузка на оперированную конечность в течение 12 нед.

На момент последнего контрольного осмотра через 6,5 лет после ревизионного вмешательства жалоб не предъявляет, ходит с полной нагрузкой на ногу без дополнительных средств опоры, бытовых и социальных ограничений не испытывает. На контрольных рентгенограммах спустя 6,5 лет после операции отмечаются рентгенологические признаки перестройки костно-пластического материала области вертлужной впадины, отсутствуют линии просветления на границе костно-пластический материал — цемент, положение компонентов эндопротеза прежнее, без признаков миграции, проседания или расшатывания. Отмечена децентрация головки эндопротеза в вертлужной впадине, а также смещение центра ротации на 4 мм краниально (рис. 1, г).

Клинический случай 2

Пациентка Б., 37 лет, направлена в ФЦТОЭ для ревизионного эндопротезирования левого тазобедренного сустава. Из анамнеза известно, что в детском возрасте на обоих тазобедренных суставах выполнены реконструктивные оперативные вмешательства по поводу двухстороннего врожденного вывиха бедренных костей. В последующем в связи с развитием коксартроза выполнено эндопротезирование левого тазобедренного сустава с дополнительным использованием укрепляющей конструкции Muller Ring, однако через 10 лет после операции развивается расшатывание и миграция тазового компонента эндопротеза.

При поступлении отмечена хромота на левую ногу, область левого тазобедренного сустава деформирована, послеоперационный рубец области левого тазобедренного сустава без признаков воспаления. Умеренная гипотрофия мышц тазового пояса и бедра справа. Относительное укорочение правой нижней конечности на 2 см. Объем активных движений: сгибание до 75°, отведение 0°, ротационные движения 5–0–5°, приведение 5°. При движениях отмечена умеренная боль. Функциональная оценка по шкале Харриса составила 52 балла. При рентгенографии таза диагностирована миграция тазового компонента эндопротеза с формированием дефекта вертлужной впадины IIB типа по Paprosky (рис. 2, а). По данным компьютерной томографии также выявлено, что минимальный поперечный размер тазовой кости на уровне вертлужной впадины составляет 45 мм, чего совершенно недостаточно для установки минимальной доступной на тот момент впадины с высокопористым покрытием 44 мм в диаметре (рис. 2, б). Также отмечен дефицит костного покрытия вертлужной впадины, что, вероятно, в сумме и послужило причиной недостаточной фиксации и последующей миграции тазового компонента. Признаков расшатывания бедренного компонента не выявлено.

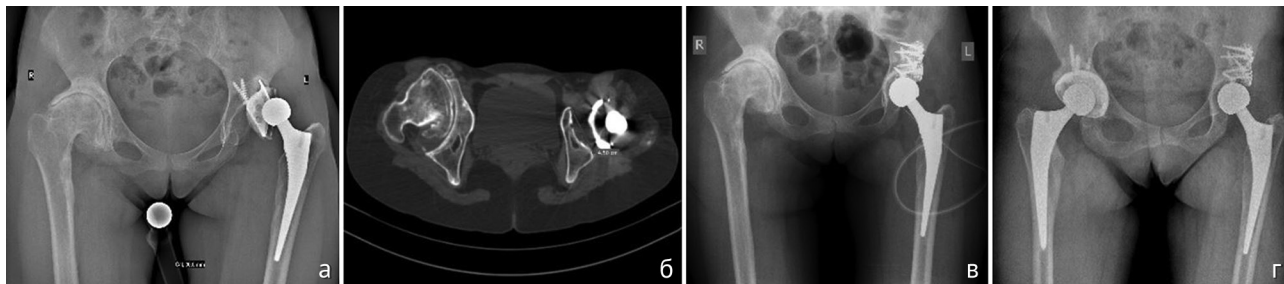


Рис. 2. Пациентка Б., 37 лет. Данные рентгеновского исследования на основных этапах: а — обзорная рентгенограмма таза в прямой проекции до операции; б — скан компьютерной томограммы таза в аксиальной проекции на уровне с/3 вертлужных впадин до операции, поперечный размер тазовой кости составляет 45 мм; в — контрольная рентгенограмма таза после операции; г — рентгенограмма таза через 5,5 лет после ревизионного эндопротезирования левого тазобедренного сустава

При выборе способа реконструкции вертлужной впадины учитывали экстремально малый размер тазовой кости в области левой вертлужной впадины, обусловленный дисплазией сустава, при котором дополнительная обработка вертлужной впадины могла привести к усугублению костного дефицита или развитию тяжелого осложнения в виде диссоциации тазовой кости, в связи с чем методом выбора решено считать ИКП с аугментацией надацетабулярного массива реконструктивной сеткой. Интраоперационно при попытке сформировать ложе для вертлужного компонента 44 мм подтверждены данные о дефиците костного покрытия впадины. Пациентке проведено ревизионное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с реконструкцией вертлужной впадины с помощью ИКП и аугментацией

дефекта сеткой Stryker по технологии X-change с использованием специализированного инструментария. После заполнения костного дефекта КПМ с помощью специализированного инструментария и достижения восстановления формы вертлужной впадины на цементной основе произведена установка вкладыша размером НН под головку 32 мм от тазового компонента Zimmer Trilogy IT после его предварительной абразивной подготовки для лучшей адгезии костного цемента. На контрольных рентгенограммах после операции отмечено восстановление центра ротации, замещение области на-дацетабулярного массива костно-пластическим материалом с укреплением реконструктивной сеткой (рис. 2, в). Через 2 года пациентке выполнено эндопротезирование контралатерального сустава. Результат лечения отслежен на протяжении 5,5 лет. Рентгенологических признаков расшатывания, миграции компонентов эндопротеза или резорбции трансплантата не отмечено (рис. 2, г).

Клинический случай 3

Пациентка Б., 74 лет, обратилась в ФЦТОЭ по поводу массивного ятрогенного комбинированного дефекта вертлужной впадины III типа по классификации AAOS после удаления нестабильной вертлужной впадины и бедренного компонента в одной из клиник при лечении перипротезной инфекции (рис. 3, а). На момент обращения пациентка передвигается при помощи костылей, левая нижняя конечность — неопорная. Относительное укорочение левой нижней конечности составляет 16 см за счет отсутствия проксимального эпифиза бедренной кости, дефекта вертлужной впадины и хондродисплазии левой голени. В области левого тазобедренного сустава отмечена рубцовая деформация мягких тканей за счет предшествующих оперативных вмешательств. Функциональная оценка по шкале Харриса составила 54 балла. При обследовании клинических и лабораторных признаков инфекционного процесса не выявлено. Поскольку на момент выполнения оперативного вмешательства в ФЦТОЭ аддитивные технологии активно не применяли, то с учетом размера костного дефекта рассматривали вариант костной пластики в сочетании с реконструктивным кейджем Бурха – Шнайдера. Однако во время операции ревизионного эндопротезирования при установке кейджа Бурха – Шнайдера его подвздошный фланец укладывался по самому краю костной опоры, а винты, таким образом, направлялись в дефект, поэтому надежно закрепить конструкцию было невозможно. Учитывая данные обстоятельства, наиболее оптимальным методом признана ИКП в сочетании с установкой аугмента из трабекулярного металла. В на-дацетабулярном массиве по наружному краю дефекта с помощью фрезы 60 мм сформировано ложе для аугмента. На подготовленную поверхность установлен аугмент из трабекулярного металла размером 54/20 мм и фиксирован двумя винтами 6,5 мм длиной по 30 мм каждый. Дополнительное использование металлического аугмента позволило ограничить костный дефект и укрепить на-дацетабулярный массив, заместив, тем самым, часть дефекта. После заполнения оставшейся полости костными чипсами по методике X-change выполнена имплантация впадины Smith&Nephew Polarcup 47 мм с двойной мобильностью на цементной основе. Выбор впадины с двойной мобильностью обусловлен высокими рисками вывиха эндопротеза, связанными с возможными погрешностями позиционирования, скомпрометированным мышечным аппаратом на фоне неоднократных оперативных вмешательств и исходным укорочением левой нижней конечности на фоне хондродисплазии костей левой голени. Имплантация ревизионного бедренного компонента Zimmer Alloclassic SLL произведена без особенностей. На контрольных послеоперационных рентгенограммах отмечено плотное наполнение дефекта КПМ, впадина установлена с частичной опорой на аугмент и импактированную аллокость. Также отмечена краниализация центра ротации на 1 см (рис. 3, б). Спустя 4,8 года после выполненного оперативного вмешательства видны отчетливые рентгенологические признаки перестройки КПМ, остеоинтеграции аугмента из трабекулярного металла. Признаки расшатывания компонентов эндопротеза и их миграции достоверно не определены (рис. 3, в).

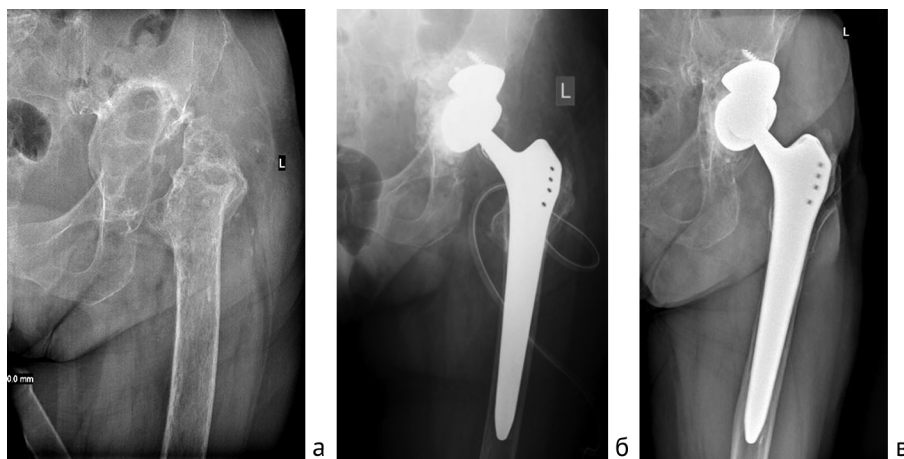


Рис. 3. Пациентка Б., 74 лет. Рентгенограммы левого тазобедренного сустава в прямой проекции: а — перед ревизионным эндопротезированием; б — после операции; в — через 4,8 года после выполненной реконструкции тазобедренного сустава

РЕЗУЛЬТАТЫ

Отдаленные результаты отслежены в первом случае через 6,5 лет, во втором — 5,5 лет и в третьем случае — через 4,8 года. Достигнуты отличные и хорошие функциональные результаты по шкале Харриса (96, 97 и 89 баллов соответственно) с полной трудовой и социальной реабилитацией пациентов. При рентгенологическом исследовании на последнем контрольном осмотре в указанные сроки ни в одном случае не выявлено признаков расшатывания, миграции компонентов эндопротеза, аугмента или сетки. В доступном поле обзора имеются отчетливые признаки перестройки КМП, достоверных рентгенологических симптомов остеолитического не выявлено. В первом клиническом случае отмечена децентрация головки эндопротеза, связанная с износом полиэтилена, и краниализация центра ротации на 4 мм в связи с ретракцией КМП.

ОБСУЖДЕНИЕ

На современном этапе развития ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при замещении костных дефектов интерес хирургов сместился в сторону более технологичных методов, таких как аддитивные технологии и модульные ревизионные системы из пористых металлов [3]. Большим достоинством модульных систем аугментации является их универсальность и стандартизация показаний при различных клинических ситуациях [9]. Аддитивные технологии с возможностью изготовления индивидуальных конструкций во многом закрыли вопрос замещения распространенных костных дефектов вертлужной впадины [4]. Тем не менее, при использовании данных систем также есть ограничения, связанные с необходимостью дополнительного моделирования костного ложа для аугмента, что усугубляет костный дефицит, а также лимитирование по времени, необходимому для проектирования, изготовления и имплантации индивидуальной конструкции. Замещение массивных дефектов металлом также может ограничивать возможности установки ревизионных конструкций при последующих оперативных вмешательствах. Технология ИКП в этом отношении является более универсальной. Она может быть использована в различных ситуациях ревизионного и первично-сложного эндопротезирования, таких как протрузия вертлужной впадины, асептическое расшатывание компонентов и ассоциированных с ним дефектах тазовой и бедренной кости и даже при лечении перипротезной инфекции при условии сохранности ограничивающих структур, стенки полости, которые позволяют создать давление для уплотнения костного материала [5]. Представленная серия клинических случаев, на наш взгляд, является примером ситуаций, в которых использование ИКП оказалось единственно возможным эффективным методом на момент проведения оперативного вмешательства в нашем центре.

Одной из технических проблем в эндопротезировании тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе является крайне малый размер вертлужной впадины, краниализация центра ротации и дефицит костного массива для надежной фиксации впадины эндопротеза, поэтому использование бесцементных вертлужных компонентов с диаметром 42–44 мм является достаточно частым [10, 11, 12]. Зачастую даже эти размеры оказываются избыточными, а при ревизионных вмешательствах на фоне дисплазии тазобедренного сустава реконструкция стандартными имплантатами малого размера также весьма затруднительна. В этой ситуации возникает вопрос об изготовлении индивидуальных имплантатов [13] или применении различных ревизионных конструкций, позволяющих перенести нагрузку на сохранившие опорность другие отделы вертлужной впадины и таза [14]. Современные системы ревизионного эндопротезирования предлагают большое количество аугментов различных форм и размеров, но в большинстве случаев линейка рассчитана на стандартные размеры анатомии. Поэтому в случае повторных операций или осложненных ситуаций, требующих реконструкции, малые анатомические размеры могут стать существенным ограничением для применения реконструктивных кейджей или металлических аугментов, как продемонстрировано в одном из клинических случаев. Использование ИКП, особенно при дефектах относительно небольших размеров, но значимых при малых размерах кости, что характерно для дисплазии, показало свою надежность и хорошие результаты [12]. Возможность аугментации дефекта с помощью металлической сетки и ИКП позволяет наполнять относительно небольшие дефекты неправильной формы без дополнительного их расширения или адаптации под КМП [15].

При массивных дефектах сегментарного характера, особенно типа 3А по Paprosky, сочетание ИКП с реконструктивной сеткой прогностически менее благоприятно. В случаях, когда дефекты составляли более 50 % полости вертлужной впадины, отдаленные результаты показали невысокую выживаемость [16].

Ряд авторов также подчеркивает, что применение ИКП с сеткой и цементной чашкой следует рассматривать для реконструкции дефектов вертлужной впадины средних размеров, но не для массивных комбинированных дефектов [17, 18].

М. Wilson et al. из ортопедического центра клиники Exeter проанализировали 129 случаев первичного эндопротезирования вертлужной впадины с использованием ИКП для восстановления ее дефектов, которые классифицированы как полостные в 74 и сегментарные в 55 тазобедренных суставах. В среднем через 9,1 (6,2–14,3) года продемонстрирована 100 % выживаемость при полостных дефектах по сравнению с 82,6 % при сегментарных дефектах [12].

Тем не менее, комбинация ИКП с танталовыми аугментами существенно усовершенствовала данную технику для крупных неограниченных дефектов и показала достаточно перспективные результаты [19]. В работе K. Gill et al. при оценке результатов 15 ревизионных вмешательств на тазобедренных суставах у 14 пациентов, со средним сроком наблюдения 39 (25–83) мес., во всех случаях отмечены хорошие клинические результаты при отсутствии рентгенологических признаков расшатывания или миграции впадины [20].

В исследование W. Borland et al. включено 24 пациента с крупными дефектами 3А и 3В по Paprosky, которым проведена комплексная реконструкция вертлужной впадины с использованием трабекулярного металлического аугмента, ИКП и цементируемой чашки из полиэтилена высокой плотности при среднем возрасте 62 года. Медиана наблюдения составила 61 (32–81) мес. В пяти случаях отмечалась миграция полиэтиленовой чашки более 5 мм, в 1 случае произошел перелом аугмента, который потребовал повторного вмешательства через 13 мес. после ревизионной операции. Другим пациентам ревизия не потребовалась [21].

De la Torre-Escuredo et al., проведя анализ результатов применения ИКП в сочетании с реконструктивной сеткой, дополненной аугментом из пористого тантала в ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава у 5 пациентов молодого возраста (≤ 50 лет) на момент операции с дефектами 3А и 3В по Paprosky, показали существенное улучшение по клиническим показателям при среднем периоде наблюдения 79 месяцев (60–101). При оценке рентгенологических данных не обнаружено существенных различий в угле отведения ($p = 0,27$) или миграции чашки ($p = 0,31$) между послеоперационным положением и на момент последнего контрольного осмотра. Ни у одного пациента не было линий просветления на границе кость-цемент при последнем осмотре и ни у одного пациента не было признаков расшатывания вокруг аугментов [22].

В нашем клиническом примере 3 использование данной комбинации позволило с помощью аугмента ограничить дефект, создавая дополнительную опору и условия для удержания импактированной костной массы в дефекте, что позволило заместить значительный дефект с восстановлением костного массива. Для достижения стабильности конструкции важно, чтобы аугмент плотно соприкасался с подвздошной костью при установке его в наиболее подходящее для этого положение. Для фиксации аугмента важно использовать не менее двух винтов 6,5 мм.

В данном случае аугмент действует как каркас для врастания и ремоделирования кости, обеспечивая при этом несущую структурную поддержку [19, 20, 21]. Отличные результаты, полученные в случаях применения аугментов из трабекулярного металла, подтверждаются не только остеокондуктивными свойствами этого материала, но и его остеоиндуктивными свойствами [23]. Еще одним важным преимуществом тантала является отсутствие сопутствующей резорбции, в отличие от структурных аллотрансплантатов.

Отдаленные результаты применения танталовых аугментов с бесцементной впадиной в реконструкции вертлужной впадины показывают достаточно высокую выживаемость последних [24]. Однако в случаях экстремально больших дефектов полное замещение металлическими аугментами требует качественной подготовки костного ложа, которое должно геометрически соответствовать форме аугмента [25, 26]. В условиях дефицита кости, например, при дефекте 3 типа по AAOS с сегментарно-кавитарным дефицитом костной массы это может привести к еще большей потере кости. Замещение всего объема костного дефекта металлом также не оставляет шансов для создания костного запаса в области вертлужной впадины для успешного выполнения вероятных ревизий в будущем, особенно у молодых пациентов. В то же время использование костных чипсов при ИКП позволяет достичь плотного наполнения самых мелких дефектов и профилировать ложе, конгруэнтное тазовому компоненту эндопротеза. А использование имплантатов цементной фиксации позволяет дополнительно стабилизировать импактированный измельченный трансплантат самой цементной мантией и задействовать механизмы механотрансдукции, стимулирующие перестройку костно-пластического материала [27].

Достаточно надёжные решения в замещении экстремально больших костных дефектов в настоящий момент предлагают аддитивные технологии [4]. Важным отличием данных систем является замещение дефектов большим объемом металла, без дальнейших перспектив восполнения костного запаса в области вертлужной впадины. С учетом крайне высоких рисков у пациентов с применением индивидуальных конструкций среднесрочные результаты выживаемости 75–82,7 % [28, 29, 30] можно считать приемлемыми, но достаточно скромными при продолжительности жизни до 85–90 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология ИКП в представленных клинических наблюдениях продемонстрировала достаточную универсальность при замещении костных дефектов области вертлужной впадины при ревизионном и первично-сложном эндопротезировании тазобедренного сустава. Позволяя создать костный запас в области дефекта, она обеспечила более благоприятные условия для вероятных повторных ревизионных вмешательств в будущем, что является её основным преимуществом перед другими современными технологиями. Комбинирование ИКП с металлическими аугментами из трабекулярного металла позволило создать стабильную опору для цементируемой впадины и ограничить дефект, обеспечивая благоприятные условия для реконструкции, что существенно расширяет возможности применения данной технологии при массивных сегментарных дефектах вертлужной впадины. В отдельных нестандартных случаях, обусловленных индивидуальными особенностями анатомии, дисплазией, сверхмалыми размерами вертлужной впадины в сочетании со сложной геометрией костного дефекта, ИКП использована в качестве метода выбора, позволяющего выполнить качественную реконструкцию с восстановлением анатомических взаимоотношений тазобедренного сустава, что существенно увеличивает арсенал технических возможностей ортопеда.

Конфликт интересов. Не заявлен.

Источник финансирования. Не заявлен.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Gross AE, Goodman S. The current role of structural grafts and cages in revision arthroplasty of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(429):193-200. doi: 10.1097/01.blo.0000149822.49890.5e
2. Sporer SM, O'Rourke M, Chong P, Paprosky WG. The use of structural distal femoral allografts for acetabular reconstruction. Average ten-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(4):760-765. doi: 10.2106/JBJS.D.02099
3. Flecher X, Appy B, Parratte S, et al. Use of porous tantalum components in Paprosky two and three acetabular revision. A minimum five-year follow-up of fifty one hips. *Int Orthop.* 2017;41(5):911-916. doi: 10.1007/s00264-016-3312-2
4. Dall'Ava L, Hothi H, Di Laura A, et al. 3D Printed Acetabular Cups for Total Hip Arthroplasty: A Review Article. *Metals.* 2019;9(7):729. doi: 10.3390/met9070729
5. Mirza AH, Sadiq S. A Review and Description of Acetabular Impaction Bone Grafting: Updating the Traditional Technique. *Hip Pelvis.* 2021;33(4):173-180. doi: 10.5371/hp.2021.33.4.173
6. García-Cimbrelo E, García-Rey E. Bone defect determines acetabular revision surgery. *Hip Int.* 2014;24 Suppl 10:S33-S36. doi: 10.5301/hipint.5000162
7. Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Коваленко А.Н. и др. Какие особенности дефекта вертлужной впадины влияют на выбор ацетабулярного компонента при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава? *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(2):31-49. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-31-49
8. Colo E, Rijnen WH, Schreurs BW. The biological approach in acetabular revision surgery: impaction bone grafting and a cemented cup. *Hip Int.* 2015;25(4):361-367. doi: 10.5301/hipint.5000267
9. *Trabecular Metal Acetabular Augment and Restrictor and Augment Acetabular Assessment and Preparation. Surgical Technique.* Zimmer Inc.; 2006. Available at: http://www.rpa.spot.pt/getdoc/10606164-319b-45b2-80d2-32a5d4f218c1/TMT_augments.aspx. Accessed 14 June 2023.
10. Verettas DA, Chloropoulou P, Xarchas K, et al. Small diameter acetabulum and femoral head in total hip arthroplasty for developmental dysplasia of the hip, with no femoral osteotomy. *Hip Int.* 2015;25(3):209-214. doi: 10.5301/hipint.5000222
11. Morag G, Zalzal P, Liberman B, et al. Outcome of revision hip arthroplasty in patients with a previous total hip replacement for developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(8):1068-1072. doi: 10.1302/0301-620X.87B8.15949
12. Wilson MJ, Whitehouse SL, Howell JR, et al. The results of acetabular impaction grafting in 129 primary cemented total hip arthroplasties. *J Arthroplasty.* 2013;28(8):1394-1400. doi: 10.1016/j.arth.2012.09.019
13. Рукин Я.А., Лычагин А.В., Мурылев В.Ю. УЕ ФД. Ранние результаты эндопротезирования тазобедренного сустава с применением индивидуальных аугментов при диспластическом коксартрозе. *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(2):50-59. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-50-59
14. Sirka A, Clauss M, Tarasevicius S, ET AL. Excellent long-term results of the Müller acetabular reinforcement ring in primary total hip arthroplasty: A prospective study on radiology and survival of 321 hips with a mean follow-up of 11 years. *Acta Orthop.* 2016;87(2):100-105. doi: 10.3109/17453674.2015.1103607
15. Waddell BS, Della Valle AG. Reconstruction of non-contained acetabular defects with impaction grafting, a reinforcement mesh and a cemented polyethylene acetabular component. *Bone Joint J.* 2017;99-B(1 Suppl A):25-30. doi: 10.1302/0301-620X.99B1.BJJ-2016-0322.R1
16. García-Rey E, Madero R, García-Cimbrelo E. THA revisions using impaction allografting with mesh is durable for medial but not lateral acetabular defects. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(12):3882-3891. doi: 10.1007/s11999-015-4483-7
17. van Haaren EH, Heyligers IC, Alexander FG, Wuisman PI. High rate of failure of impaction grafting in large acetabular defects. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(3):296-300. doi: 10.1302/0301-620X.89B3.18080
18. Buttar MA, Comba F, Pusso R, Piccaluga F. Acetabular revision with metal mesh, impaction bone grafting, and a cemented cup. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(10):2482-2490. doi: 10.1007/s11999-008-0442-x
19. Gehrke T, Bangert Y, Schwantes B, Gebauer M, Kendoff D. Acetabular revision in THA using tantalum augments combined with impaction bone grafting. *Hip Int.* 2013;23(4):359-365. doi: 10.5301/hipint.5000044
20. Gill K, Wilson MJ, Whitehouse SL, Timperley AJ. Results using Trabecular Metal™ augments in combination with acetabular impaction bone grafting in deficient acetabula. *Hip Int.* 2013;23(6):522-528. doi: 10.5301/hipint.5000053

21. Borland WS, Bhattacharya R, Holland JP, Brewster NT. Use of porous trabecular metal augments with impaction bone grafting in management of acetabular bone loss. *Acta Orthop.* 2012;83(4):347-352. doi: 10.3109/17453674.2012.718518
22. De la Torre-Escuredo B, Gómez-García E, Álvarez-Villar S, et al. Bone impaction grafting with trabecular metal augments in large defects in young patients: unravelling a new perspective in surgical technique. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):581. doi: 10.1186/s12891-020-03591-w
23. Hefni EK, Bencharit S, Kim SJ, et al. Transcriptomic profiling of tantalum metal implant osseointegration in osteopenic patients. *BDJ Open.* 2018;4:17042. doi: 10.1038/s41405-018-0004-6
24. Del Gaizo DJ, Kancherla V, Sporer SM, Paprosky WG. Tantalum augments for Paprosky IIIA defects remain stable at midterm followup. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(2):395-401. doi: 10.1007/s11999-011-2170-x
25. Zhang X, Li Z, Wang W, et al. Mid-term results of revision surgery using double-trabecular metal cups alone or combined with impaction bone grafting for complex acetabular defects. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):301. doi: 10.1186/s13018-020-01828-x
26. Ansoorge CH, Ohlmeier M, Ballhause TM, et al. Acetabular Reconstruction Using Multiple Porous Tantalum Augments: Three-Quarter Football Augment. *Case Rep Orthop.* 2022;2022:7954052. doi: 10.1155/2022/7954052
27. van der Donk S, Buma P, Verdonchot N, Schreurs BW. Effect of load on the early incorporation of impacted morsellized allografts. *Biomaterials.* 2002;23(1):297-303. doi: 10.1016/s0142-9612(01)00108-9
28. Gladnick BP, Fehring KA, Odum SM, et al. Midterm Survivorship After Revision Total Hip Arthroplasty With a Custom Triflange Acetabular Component. *J Arthroplasty.* 2018;33(2):500-504. doi: 10.1016/j.arth.2017.09.026
29. De Martino I, Strigelli V, Cacciola G, et al. Survivorship and Clinical Outcomes of Custom Triflange Acetabular Components in Revision Total Hip Arthroplasty: A Systematic Review. *J Arthroplasty.* 2019;34(10):2511-2518. doi: 10.1016/j.arth.2019.05.032
30. Fröschén FS, Randau TM, Hischebeth GTR, et al. Mid-term results after revision total hip arthroplasty with custom-made acetabular implants in patients with Paprosky III acetabular bone loss. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(2):263-273. doi: 10.1007/s00402-019-03318-0

Статья поступила 16.11.2023; одобрена после рецензирования 29.11.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 16.11.2023; approved after reviewing 29.11.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Вадим Николаевич Гольник — заведующий отделением, vgolnik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5047-2060>;

Владимир Алексеевич Пелеганчук — доктор медицинских наук, главный врач, заведующий кафедрой, 297501@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-4421>;

Денис Анатольевич Джухаев — врач травматолог-ортопед, dzhukhaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2920-2346>;

Юрий Михайлович Батрак — кандидат медицинских наук, заместитель главного врача, 297501@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0489-1480>;

Виталий Викторович Павлов — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, начальник отделения, pavlovdoc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>.

Information about the authors:

Vadim N. Golnik — Head of the Department, vgolnik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5047-2060>;

Vladimir A. Peleganchuk — Doctor of Medical Sciences, Chief Physician, Head of the Department, 297501@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-4421>;

Denis A. Dzhukhaev — Traumatologist-Orthopedist, dzhukhaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2920-2346>;

Yuriy M. Batrak — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department, 297501@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0489-1480>;

Vitaliy V. Pavlov — Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher, Head of Department, pavlovdoc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>.

Вклад авторов:

Гольник В.Н. — оперативное лечение пациентов, наблюдение, клиническая оценка результатов лечения, интерпретация данных исследований, обзор литературы, подготовка и написание рукописи статьи, подготовка работы к публикации.

Пелеганчук В.А. — концептуализация, редактирование, контроль, утверждение окончательного варианта статьи.

Джухаев Д.А. — участие в оперативных вмешательствах, наблюдение пациентов, интерпретация данных исследования, обзор литературы.

Батрак Ю.М. — обработка данных, анализ, редактирование.

Павлов В.В. — концептуализация, редактирование, управление проектом, подготовка работы к публикации.

Clinical case

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-255-262>

Soft-tissue origin joint contractures treated with the Ilizarov fixation method

S.V. Yadkikar✉, R. Grover, P. Kaur, V.S. Yadkikar, A. Ojha

Jaipur National University Institute for Medical Sciences and Research Centre, Jaipur, India

Corresponding author: Shriniwas Vishnu Yadkikar, yadkikarpushkar@yahoo.co.in

Abstract

Introduction Soft-tissue origin joint contractures are a common orthopedic problem. It could be due to various etiologies. Treatment options are available from conservative to surgical methods. These joint contractures slowly become irreversible causing impairment in activities of daily routine. The Ilizarov method is a well established and time-tested method used for management of bone pathologies, but its use in the management of soft-tissue origin contractures is also possible. It has an established role in neoosteogenesis and histogenesis. Fixator assisted soft-tissue stretching done at sustained slow pace leads to histoneogenesis that avoids stretching of neurovascular structures and reduces the possibility of recurrence.

Aims To determine usefulness of the Ilizarov method in management of joint contractures of soft tissue origin; to meet functional requirements of patients; to study complications of Ilizarov method in management joint contractures due to soft tissue origin.

Material and methods A total of 6 cases of soft-tissue origin joint contractures due to tuberculosis, post-traumatic stiffness, post-burn contracture, deformity due to a snake bite in the age group from 3 to 55 years were treated with gradual distraction of joint with the Ilizarov method from January 22 to October 23. Two cases were of triple knee deformity, two were post-traumatic elbow stiffness, one was post-burn great toe contracture and one was post snake bite valgus foot contracture. All cases were operated with transarticular Ilizarov frame application and gradual distraction of joints and soft tissue with the help of hinge- and rod distractor assembly done. All cases completed follow up of 1 year. Aggressive physiotherapy was given postoperatively.

Results All cases obtained a reasonable functional outcome, with no recurrence of deformity. All patients walk independently.

Conclusion The Ilizarov method can be used for treating joint contractures due to traumatic and non-traumatic pathologies.

Keywords: Gradual distraction, Ilizarov method, Hinges, Histoneogenesis

For citation: Yadkikar SV, Grover R, Kaur P, Yadkikar VS, Ojha A. Soft-tissue origin joint contractures treated with the Ilizarov fixation method. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):255-262. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-255-262

Клиническое наблюдение

УДК 616.74/.75:616.72-009.12-001.5-089.227.84

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-255-262>



Лечение контрактур сустава мягкотканного происхождения методом Илизарова

S.V. Yadkikar[✉], R. Grover, P. Kaur, V.S. Yadkikar, A. Ojha

Jaipur National University Institute for Medical Sciences and Research Centre, Jaipur, India

Автор, ответственный за переписку: Shriniwas Vishnu Yadkikar, yadkikarpushkar@yahoo.co.in

Аннотация

Введение. Контрактуры мягких тканей суставов — распространенная ортопедическая проблема. Они могут иметь различную этиологию. Варианты лечения включают консервативные и хирургические методы. Такие контрактуры суставов постепенно становятся необратимыми, вызывая ухудшение повседневной деятельности. Метод Илизарова является хорошо зарекомендовавшим себя и проверенным временем методом лечения патологии костей. Однако возможно его использование и при лечении контрактур мягкотканного происхождения. Установлена его роль в неоостеогенезе и гистогенезе. Растяжение мягких тканей с помощью фиксатора выполняется в устойчивом медленном темпе, что обеспечивает гистогенез, позволяет избежать растяжения сосудисто-нервных структур и снижает вероятность рецидива.

Цель работы — определить эффективность метода Илизарова в лечении контрактур суставов мягкотканного происхождения; удовлетворить функциональные потребности пациентов; изучить осложнения метода Илизарова при лечении контрактур суставов мягкотканного происхождения.

Материалы и методы. Изучено 6 случаев контрактур суставов мягкотканного происхождения, развившихся вследствие туберкулеза, травматических повреждений, ожогов, укуса змеи в возрастной группе пациентов от 3 до 55 лет, пролеченных методом постепенной дистракции сустава по Илизарову в период от 22 января по 23 октября. В двух случаях наблюдалась тройная деформация колена, еще в двух — посттравматическая ригидность локтевого сустава, а также контрактура большого пальца стопы после ожога и вальгусная контрактура стопы после укуса змеи (по одному случаю). У всех пациентов наложение аппарата Илизарова выполняли трансартикулярно, а последующая постепенная дистракция сустава и мягких тканей осуществлялась с помощью шарнирно-стержневого дистрактора. Контрольное наблюдение во всех случаях осуществлялось в течение 1 года. После операции проводилась массивная физиотерапия.

Результаты. Во всех случаях получен приемлемый функциональный результат без рецидива деформации. Все больные осуществляют самостоятельное передвижение.

Заключение. Метод Илизарова может быть использован для лечения контрактур суставов, обусловленных травматической и нетравматической патологией.

Ключевые слова: постепенная дистракция, метод Илизарова, шарниры, гистогенез

Для цитирования: Yadkikar S.V., Grover R., Kaur P., Yadkikar V.S., Ojha A. Лечение контрактур сустава мягкотканного происхождения методом Илизарова. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):255-262. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-255-262. EDN: LRQNVU.

INTRODUCTION

Joint contractures of soft-tissue origin are a common orthopedic problem [1, 2]. It could be due to idiopathic, infective, traumatic, post-burn or neuropathic etiologies. Management of these deformities has always been challenging not only in terms of gaining functional requirements of patients but also preventing recurrence. Multiple treatment options are available: from traction, splinting, casting, manipulation to surgical methods like osteotomies, soft tissue release, tendon transfer, scar excision and skin grafting [3]. Soft-tissue origin joint contractures slowly become irreversible causing impairment of activities of daily routine [4]. This demands surgical intervention to fulfill functional requirements of a patient. Acute correction of contractures may lead to skin necrosis, vascular compromise, nerve palsy, and recurrence is also frequent [1, 2, 5, 6]. Additional plastic surgical procedures may also be required [1, 7, 8].

The Ilizarov method is a well established and time tested method that is very frequently used for management of bone deformities, non-union, bone infection and complex trauma [1, 2, 9]. It is three dimensional, stable and minimally invasive fixation which allows not only deformity correction but also early functional rehabilitation [1, 2, 10, 11]. Dynamic deformity correction is possible during the entire treatment period [9].

Use of the Ilizarov method in the management of soft tissue contractures is also possible. Its role in neoosteogenesis and histogenesis has been very well proved [1, 12]. Gradual deformity correction by soft tissue stretching is possible with this method. Soft tissue stretching at sustained slow pace lead to histoneogenesis avoiding stretch damage to the neurovascular structures and the possibility of recurrence of the deformity is minimized [7, 8, 12].

Aims To determine usefulness of the Ilizarov method in management of joint contractures of soft tissue origin; to meet functional requirements of patients; to study complications of Ilizarov method in management joint contractures due to soft tissue origin.

MATERIAL AND METHODS

It was a prospective study in which a total of 6 cases of soft-tissue origin joint contractures were treated from January 2022 to October 2023. Amongst them, four cases were males and two females in the age from 3 years to 55 years. The study was initiated after receiving approval from the institutional ethics committee.

Etiology included:

- Two cases of severe flexion deformity of knee due to tuberculosis;
- Two cases of post-traumatic elbow stiffness;
- One case of post-burn contracture of the great toe and one case was post-snakebite valgus contracture of the foot;

Patient with active infection and neurovascular compromise were excluded from the study.

In all the cases, initial conservative treatment such as traction, splinting, manipulation was not done; and the patients did not undergo regular physiotherapy. Standard radiography of affected extremity joint was taken. The angle between the anterior cortical line and long bones was calculated to determine the extent of deformity. Pre-operative arterial color Doppler study was done in all cases. All cases were operated by one and the same surgeon.

Severe knee flexion deformity

Two cases with triple deformity of the knee (flexion, posterior subluxation, and external rotation) secondary to tuberculosis were treated with the Ilizarov method. Both patients were unable to stand and walk for one year.

After taking X-rays of the affected joint, the extent of deformity and the level of articular damage, if any, were determined. Trans-articular Ilizarov external fixation frames were applied fixing the femur and the tibia, perpendicular to the long axis of the shaft. Medial and lateral hinges were applied at the level of the knee. Threaded rods were placed along the posterior aspect of the knees and gradually distracted the knee at the rate of 2 degrees per day. Anti TB drugs were initiated after taking synovial tissue biopsy which was performed during frame application.

Post-traumatic elbow stiffness

Patients developed elbow stiffness following a compound run-over injury 2 years ago. During the initial insult, one patient also had head injury and she was in a comatose state for a long time that delayed orthopedic treatment and she developed flexion deformity. Since conservative management failed, operative management

in the form of limited scar tissue release and Ilizarov frame application was done. Transarticular rings were applied to humerus and forearm in the midprone position. Medial and lateral hinges at the level of the elbow and an anterior distraction rod was applied. Distraction was done at the rate of 2 degrees per day. Serial checking X-rays were taken to determine elbow subluxation.

The other patient had post-traumatic elbow stiffness after being treated by a quack physician and was managed by us in the similar manner (Table 1).

Post-burn contracture of the great toe

It was flexion contracture at the interphalangeal and metatarsal phalangeal joint of the great toe due to post-burn scar in a 4-year old male.

A limited scar tissue excision and Z-plasty of flexor tendons was done followed by placement of a modified Ilizarov foot frame with medial and lateral hinges at the level of the metatarsal phalangeal joint to correct the associated adduction forefoot deformity and a puller rod to extend the interphalangeal and metatarsophalangeal joints gradually. Complete toe extension was achieved in 3 weeks' time (Table 1).

Table 1

Patient characteristics

Age (years)	Gender	Joint involved	Etiology	Clinical presentation	Pre-operative ROM (Degrees)	Ilizarov frame duration (days)	Post-operative ROM(degrees)	Complications
4	M	Great toe DIP Joint	Post-burn scar contracture	Thick scar sole getting toe in flexion	Extension — Not Possible Flexion — 40	21	Extension — 10 Flexion — 0	Pin tract infection
14	M	Elbow	Post-traumatic stiffness	Healed scar over posterior surface	Extension — 40 Flexion — 90	11	Extension — 25 Flexion — 120	—
21	F			Healed scar over posterior and anterior surface	Extension — 80 Flexion — 90	22	Extension — 30 Flexion — 125	Pin tract infection
55	F	Knee	Bone TB	Triple deformity	Extension — 80 Flexion — 90	45	Extension — 10 Flexion — 120	—
12	M			Triple deformity	Extension — 75 Flexion — 90	40	Extension — 0 Flexion — 120	Pin tract infection
16	M	Ankle	Post-snakebite contracture	Plantar flexion and valgus deformity	Plantar flexion — 20 Dorsiflexion — 10 Supination — Not possible Pronation — 25	15	Plantar flexion — 30 Dorsiflexion — 25 Supination — 20 Pronation — 10	—

DIP — distal interphalangeal joint; TB — tuberculosis

Post-snakebite valgus foot contracture

It developed due to snakebite scar contracture in a 16-year old male.

Contracture evolved gradually over the period of 2 years following multiple debridement of the infected wound. The patient did not use splint. Scar tissue was released and then the frame was with hinges on either side of the ankle and a distraction rod anteriorly to correct the deformity. The ankle joint behaved as a natural hinge along which correction was done (Table 1).

Treatment period was divided in two phases:

Distraction continued during a dynamic phase. It was variable as per the extent of the deformity calculated preoperatively.

Static phase It was maintenance phase during which the soft tissues, being stretched fully, were maintained in overcorrected position. Its duration was twice longer of the dynamic phase.

During the entire treatment, the patients were ambulatory and encouraged to do regular exercises as per training.

In both phases aggressive physiotherapy is a key factor.

RESULTS

The average length of hospital stay was 3 weeks.

No case required secondary bone procedures like osteotomy along with frame application. The soft tissues were stretched to overcorrected position to prevent recurrence.

Limited soft tissue releases such as percutaneous tenotomy, percutaneous capsulotomy, scar tissue excision were done in one case of knee contracture, great toe contracture and foot contracture, respectively.

Distraction rate was calculated by initial deformity assessment on X-rays and also by the rule of triangle, and accordingly the estimated time of correction was also determined.

No neurovascular complication following distraction was noted in any case.

No joint dislocation or peri-articular fracture was seen.

No case required skin grafting.

Pin tract infection was detected in 3 cases which resolved with dressings and antibiotics.

No case required premature frame removal.

Treatment was divided in two phases, dynamic and static; fixator application time was variable depending upon pathology and deformity severity. However, average fixator application time was 6 weeks and soft tissues were maintained in overcorrected position for 2 more weeks in static phase, so average time for fixator removal was 8 weeks.

Post-operative use of splints was required in all cases to maintain soft tissue stretching and prevent recurrence. Initially, use of a splint continued for 1 month after frame removal and intermittent physiotherapy was encouraged. In later 6 months, night time splinting and intermittent daytime splinting continued.

Physiotherapy regimen: all patients were subjected for passive stretching, range of motion exercises. Patients were assessed at every visit for recurrence of deformity, range of motion and ability to perform activities of daily routine. Visits were made at 1, 3, 6, 12 months following initiation of treatment.

Average follow-up time was 1 year.

No evidence of recurrence of deformity was seen in any case; however post-frame splinting and aggressive physiotherapy has a pivotal role in preventing recurrence.

The objective of this treatment was to give reasonable function and aesthetic appearance to the limb which was achieved in this series to significant extent. Final outcome was determined by amount of flexion contracture calculated in degrees preoperatively and the residual one at the end of treatment. Accordingly, up to 5 degrees was excellent, up to 15 degrees was good, up to 30 degrees was fair and more than 30 degrees was poor. Thus, one case was excellent, four cases were good and one patient had a poor result.



Fig. 1. Pre-operative flexion contracture of the knee

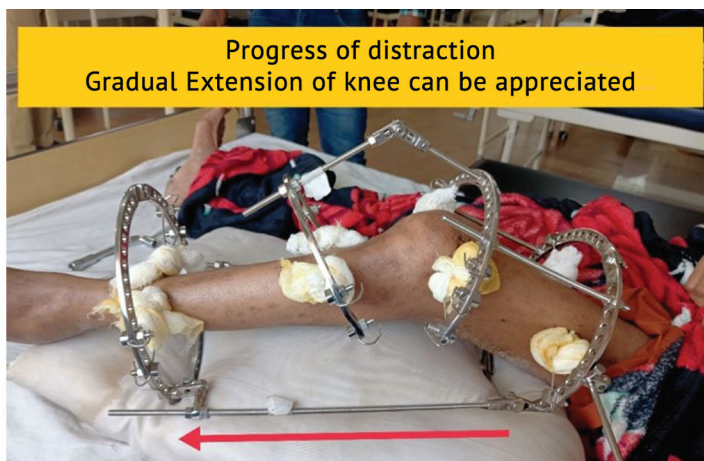


Fig. 2. Flexion contracture of the knee after frame application



Fig. 3. Knee contracture: final outcome



Fig. 4. Post-burn great toe contracture (a); soft tissue release (b)

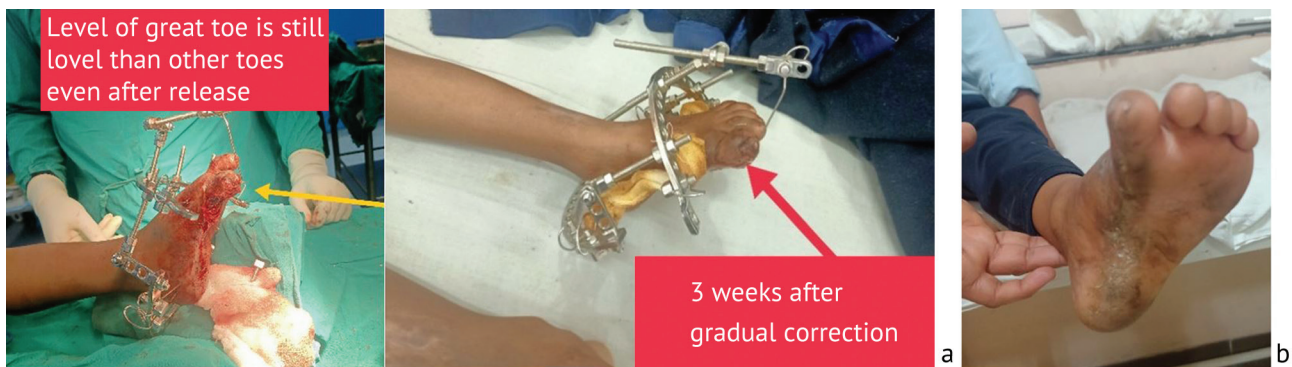


Fig. 5. Correction achieved with frame (a); final outcome (b)



Fig. 6. Elbow flexion contracture (a); after frame application (b); elbow extension achieved (c)



Fig. 7. Post-snakebite foot contracture (a); frame applied (b); final outcome (c)

DISCUSSION

Management of deformities due to soft tissue contractures is challenging as treatment varies from conservative forms like splints, manipulations under anesthesia, physiotherapy to surgical intervention which includes osteotomies and at times plastic surgery [1, 2, 10, 13].

The Ilizarov fixation technique is widely used for management of bone deformities, complex fractures, bone loss, non-union and bone infection [1, 2, 12].

Its use for tissue growth and regeneration is accepted worldwide [1].

With due course of time the indications of the Ilizarov method have extended for management of non-traumatic deformities which are of soft tissue origin [6, 8, 9, 11, 14, 15, 16].

The use of this method for management of joint contractures, post-burn contractures, triple deformity, Volkman ischemic contracture has been reported [6, 15, 17].

Correction of deformity with the Ilizarov method is possible due to sustained controlled distraction of soft tissues leading to histoneogenesis [1, 2, 11, 17, 18, 19]. This process leads to progressive stretching of the juxta-articular and intra-articular connective tissues resulting in deformity correction. Gradual distraction process also leads to concomitant lengthening of blood vessels and nerves [2, 7, 8, 12, 14, 17, 18].

The hinge is a key component of the frame. Its place should be planned and done in appropriate manner to reduce the possibility of joint subluxation [2, 4, 11, 13]. Rate of distraction was calculated by initial deformity assessment on X-rays and also by rule of triangle, and estimated time of correction was also determined accordingly [2].

In our study, we have done preoperative arterial Doppler study of all patients, as soft tissue stretching might endanger the blood supply in patients with only single supplying blood vessel [1, 12].

No osteotomies were performed for deformity correction but overcorrection was done to reduce the recurrence rate [1, 3]. It is always good to start correction of the deformity as early as possible to gain good results [10].

In children the compliance for physiotherapy is lower; therefore this treatment can be considered as salvage treatment option [1, 14].

Patients are ambulatory during the entire process of treatment. Aggressive physiotherapy, post-frame splinting has equally an important role in preventing recurrence [6, 14, 15].

The Ilizarov fixator is a versatile, biomechanically stable, minimally invasive three dimensional construct which can be tailored as per need of deformity [1, 2, 4, 5, 6, 12, 16, 19]. This method permits dynamic deformity correction during the entire period of treatment and also allows weight-bearing [2, 7, 10, 13, 20]. It is known that the ideal way to avoid joint stiffness or contracture is complementary treatments such as aggressive physiotherapy and splinting [6, 14, 15, 17, 18]. In order to maintain long-term results and prevent recurrence post-frame splinting and aggressive physiotherapy is extremely important. Final outcomes were determined by residual amount of flexion contracture calculated in degrees, comparing the values at the beginning and at the end of treatment. Accordingly, up to 5 degrees was excellent, up to 15 degrees was good, up to 30 degrees was fair and more than 30 degrees was poor [1, 2]. So, one case was an excellent result, 4 cases presented with good outcomes and, unfortunately, one patient had a poor prognosis. Though it was a small series but our results are parallel to the ones reported in the literature worldwide. However, to strengthen our conclusion a larger sample size with long follow-ups is required.

A short sample size was a limitation of our study and we plan to continue with our study prospectively, with a large number of subjects in the future.

CONCLUSION

The Ilizarov method can be used successfully for treating joint contractures of soft tissue origin due to traumatic and non-traumatic pathologies. It is a minimally invasive versatile method. It can be considered an addition to the armamentarium for treatment of joint soft-tissue origin contractures. However, exact positioning of hinges over the center of rotation of joint is mandatory. Detailed preoperative planning and postoperative execution are required to achieve desired results. For preventing recurrence, aggressive physiotherapy and splinting is equally important as frame application. Secondary procedures like osteotomies, skin grafting may be required and should be explained to the patient prior to the intervention.

No conflict of interest

No funding was received for study

Other authors helped in anesthesia, post-operative analgesia and data compilation and manuscript editing.

REFERENCES

1. Ullmann Y, Fodor L, Soudry M, Lerner A. The Ilizarov technique in joint contractures and dislocations. *Acta Orthop Belg.* 2007 Feb;73(1):77-82.
2. Sud AD, Kaul R, Prasad M, et al. Gradual distraction for treatment of severe knee flexion contractures using the Ilizarov's apparatus. *Int J Res Orthop.* 2019;5:929-935. doi: 10.18203/issn.2455-4510
3. van Roermund PM, van Valburg AA, Duivemans E, et al. Function of stiff joints may be restored by Ilizarov joint distraction. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;(348):220-227.
4. Pathania VP, Sharma AK, Joshi GR, John JT. Correction of Lower Limb Deformities Using Ilizarov's Technique. *Med J Armed Forces India.* 2005;61(4):322-5. doi: 10.1016/S0377-1237(05)80054-1
5. Hosny GA, Fadel M. Managing flexion knee deformity using a circular frame. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(12):2995-3002. doi: 10.1007/s11999-008-0530-y
6. Huang SC. Soft tissue contractures of the knee or ankle treated by the Ilizarov technique. High recurrence rate in 26 patients followed for 3-6 years. *Acta Orthop Scand.* 1996;67(5):443-449. doi: 10.3109/17453679608996665
7. Malkova TA, Borzunov DY. International recognition of the Ilizarov bone reconstruction techniques: Current practice and research (dedicated to 100th birthday of G.A. Ilizarov). *World J Orthop.* 2021;12(8):515-533. doi: 10.5312/wjo.v12.i8.515
8. Brunner R, Hefti F, Tgetgel JD. Arthrogryposis joint contracture at the knee and the foot: correction with a circular frame. *J Pediatr Orthop B.* 1997;6(3):192-197. doi: 10.1097/01202412-199707000-00007
9. Calhoun JH, Evans EB, Herndon DN. Techniques for the management of burn contractures with the Ilizarov Fixator. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(280):117-124.
10. Herzenberg JE, Davis JR, Paley D, Bhav A. Mechanical distraction for treatment of severe knee flexion contractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(301):80-88.
11. MacWilliams BA, Harjinder B, Stevens PM. Guided growth for correction of knee flexion deformity: a series of four cases. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2011;6(2):83-90. doi: 10.1007/s11751-011-0110-7
12. Chen Y, Niu Z, Yin X, et al. Treatment of Severe Postburn Contracture of the Elbow via Distraction With External Circular Frame in Pediatric Patient. *Ann Plast Surg.* 2021;87(3):253-259. doi: 10.1097/SAP.0000000000002960
13. Grant AD, Atar D, Lehman WB. The Ilizarov technique in correction of complex foot deformities. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(280):94-103.
14. Damsin JP, Ghanem I. Treatment of severe flexion deformity of the knee in children and adolescents using the Ilizarov technique. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78(1):140-144.
15. Madhuri V, Dhanraj P. Correction of post burns contracture of wrist with Ilizarov method. *Burns.* 1998;24(6):576-578. doi: 10.1016/s0305-4179(98)00055-2
16. Xia LW, Xu C, Huang JH. Use of Ilizarov technique for bilateral knees flexion contracture in Juvenile-onset ankylosing spondylitis: A case report. *World J Clin Cases.* 2023;11(29):7179-7186. doi: 10.12998/wjcc.v11.i29.7179
17. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(238):249-281.
18. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(250):8-26.
19. Sun J, Li Q, Gao F, et al. Application of the Ilizarov technique for knee joint arthrodesis as a treatment for end-stage tuberculosis of the knee. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):579. doi: 10.1186/s12891-020-03603-9.
20. Bruno AA, Kirienko A, Peccati A, et al. Knee arthrodesis by the Ilizarov method in the treatment of total knee arthroplasty failure. *Knee.* 2017;24(1):91-99. doi: 10.1016/j.knee.2016.11.002

The article was submitted 04.04.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 21.02.2024.

Статья поступила 04.04.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 24.02.2024.

Information about the authors:

Shriniwas Vishnu Yadkikar — MS(ortho), Professor of Department, Orthopaedic Surgeon, yadkikarpushkar@yahoo.co.in;
Raman Grover — MDS (Oral and Maxillofacial Surgery), Associate Professor, ramangrov0211@gmail.com;
Puneetpal Kaur — MD (Anaesthesia), Assistant Professor, Puneetpal.kaur@gmail.com;
Vishnu Sitaram Yadkikar — MS(ortho), MS (Gen.Surgery), Consultant Orthopedic Surgeon, yadkikarpushkar@yahoo.co.in;
Akanksha Ojha — DNB Anesthesia, Consultant Anaesthetist, akanshaojha@gmail.com.

Обзорная статья

УДК (616.71-001.59+616.71-004.8)-089.844:611.018.43:616.71-003.93

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-263-272>

Перспективные костно-пластические материалы и хирургические технологии при реконструктивно-восстановительном лечении больных с псевдоартрозами и дефектами костной ткани

Д.Ю. Борзунов^{1,2}, **Р.Т. Гильманов^{1,2}**¹ Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия² Центральная городская клиническая больница № 23, Екатеринбург, Россия**Автор, ответственный за переписку:** Дмитрий Юрьевич Борзунов, borzunov@bk.ru**Аннотация**

Введение. В разработке инновационных имплантационных материалов для костно-пластической хирургии достигнуты определенные успехи, но в связи с сохранением высокой распространенности катастроф и травм, полученных в результате дорожно-транспортных происшествий, техногенных катастроф и военных действий, по-прежнему остается актуальной проблема замещения костных дефектов.

Цель работы — на основе анализа литературы выявить варианты решения проблемы замещения костных дефектов с использованием материалов, разработанных на принципах ортобиологии, и хирургических технологий, основанных на аутологичных репаративных процессах.

Материалы и методы. Поиск источников осуществлен с использованием аналитического инструмента ConnectedPapers и возможностей электронной библиотеки eLibrary по ключевым словам, без ограничений по дате публикации.

Результаты и обсуждение. В публикациях, вышедших за последнее время, имеются сведения об эффективности комбинации технологии Masquelet и транспорта кости по Илизарову у пациентов с приобретенными и врожденными дефектами, в том числе в условиях активной гнойной инфекции. По данным литературы, перспективным аутологичным костно-пластическим материалом является содержимое костномозговой полости, содержащее остеогенные факторы роста, костные морфогенетические белки. Забор биоматериала осуществляют при помощи Reamer-Irrigator-Aspirator system (RIA) из интрамедуллярного канала бедренной или большеберцовой кости. В настоящее время фактически доказана эффективность костных морфогенетических белков rhBMP-2 и rhBMP-7 в восстановительном лечении пациентов с костными дефектами и ложными суставами различной этиологии. Применение костных морфогенетических белков введено в зарубежные протоколы лечения. Полученные в последнее время позитивные результаты комбинации хирургических технологий позволили предложить совместное применение технологий Илизарова и Masquelet и дополнить его использованием PRP-терапии. Основанием для ожидаемого эффекта от комбинации применения хирургических технологий и ортобиологических материалов являются результаты доклинических исследований остеогенного потенциала PRP-терапии.

Заключение. Имеются основания для изучения клинического эффекта комбинированного применения хирургических технологий, основанных на аутологичных репаративных процессах, и материалов, разработанных на принципах ортобиологии. Необходимо и целесообразно клиническое внедрение использования костных морфогенетических белков rhBMP-2 и rhBMP-7 в реконструктивно-восстановительном лечении пациентов с костными дефектами и ложными суставами различной этиологии. Необходимы мультицентровые клинические исследования с высоким уровнем доказательности по определению эффективности PRP-терапии при восстановительном лечении пациентов с костными дефектами и ложными суставами.

Ключевые слова: инновационные имплантационные материалы, костно-пластическая хирургия, замещение костных дефектов, ортобиология, аутологичные репаративные процессы, Masquelet, Илизаров, остеогенные факторы роста, костные морфогенетические белки, PRP-терапия

Для цитирования: Борзунов Д.Ю., Гильманов Р.Т. Перспективные костно-пластические материалы и хирургические технологии при реконструктивно-восстановительном лечении больных с псевдоартрозами и дефектами костной ткани. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):263-272. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-263-272. EDN: MARSUC.



Promising osteoplastic materials and surgical technologies in reconstructive treatment of patients with bone nonunion and defects

D.Yu. Borzunov^{1,2✉}, R.T. Gilmanov^{1,2}

¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

² Central City Clinical Hospital No. 23, Ekaterinburg, Russian Federation

Corresponding author: Dmitry Yu. Borzunov, borzunov@bk.ru

Abstract

Introduction Some progress has been made in the development of innovative implantation materials for osteoplastic surgery. However, the problem of bone defect management still remains relevant due to the continued high prevalence of injuries resulting from road accidents, catatrauma, man-made disasters and military operations.

The purpose of the work was to analyze the relevant literature and to identify options for solving the problems of bone nonunion and defect management using materials developed on the principles of orthobiology and surgical technologies based on autologous repair.

Materials and methods The search for sources was carried out with the ConnectedPapers analytical tool and the capabilities of the eLibrary electronic library using keywords and without restrictions on publication date.

Results and discussion Recent publications contain information about the effectiveness of the combination of Masquelet technology and Ilizarov bone transport in patients with acquired and congenital defects, including in the conditions of active purulent infection. According to the literature, a promising autologous bone plastic material is the contents of the bone marrow cavity, containing osteogenic growth factors and bone morphogenetic proteins. Biomaterial is collected using the Reamer-Irrigator-Aspirator system (RIA) from the intramedullary canal of the femur or tibia. Currently, the effectiveness of bone morphogenetic proteins rhBMP-2 and rhBMP-7 in the restorative treatment of patients with bone defects and nonunion of various etiologies has actually been proven. The use of bone morphogenetic proteins has been introduced into foreign treatment protocols. Recent positive results of a combination of surgical technologies have proposed the combined use of the Ilizarov and Masquelet technologies, supplemented by PRP therapy. The basis for the expected effect from the combination of surgical technologies and orthobiological materials are the results of preclinical studies of the osteogenic potential of PRP therapy.

Conclusion There are grounds for studying the clinical effect of the combined use of surgical technologies based on autologous reparative processes and materials developed on the principles of orthobiology. It is necessary and advisable to clinically implement the use of bone morphogenetic proteins rhBMP-2 and rhBMP-7 in the reconstructive treatment of patients with bone defects and nonunion of various etiologies. Multicenter clinical studies of a high level of evidence are needed to determine the effectiveness of PRP therapy in the reconstructive treatment of patients with bone nonunion and defects.

Keywords: innovative implantation materials, osteoplastic surgery, bone defect, orthobiology, autologous reparative processes, Masquelet, Ilizarov, osteogenic growth factors, bone morphogenetic proteins, platelet-rich plasma therapy

For citation: Borzunov DYu, Gilmanov RT. Promising osteoplastic materials and surgical technologies in the reconstructive treatment of patients with bone nonunion and defects. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):263-272. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-263-272

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на достигнутые успехи в костно-пластической хирургии и в разработке инновационных имплантационных материалов, не вызывает сомнения актуальность проблемы замещения костных дефектов при последствиях травм в связи с сохранением высокой распространенности повреждений, полученных в результате дорожно-транспортных происшествий, кататравм, техногенных катастроф и военных действий. По мнению большинства исследователей, по-прежнему оптимальным имплантационным материалом является костный аутооттрансплантат, но, к сожалению, возможности костнопластической хирургии при использовании свободных костных аутооттрансплантатов ограничены объемами доступного донорского материала. Не лишена недостатков и классическая несвободная пластика по Г.А. Илизарову и различные ее варианты, когда замещение костного дефекта обеспечивается удлинением отломка(ов). В основном оппоненты обращают внимание на продолжительные сроки лечения, потерю качества жизни при внешней фиксации и риски развития воспаления мягких тканей в области чрескостных элементов фиксации. Применение костной пластики по Masquelet тоже имеет ограничение по показаниям к использованию, что связано с длительной и незавершенной органотипической перестройкой массивных имплантатов, риском формирования псевдоартрозов и патологических переломов, инфекционными осложнениями. Вместе с тем, в современной литературе имеются сведения об эффективном применении комбинации хирургических технологий и аутологичных костно-пластических материалов и продуктов, разработанных на принципах ортобиологии.

Цель работы — на основе анализа литературы выявить варианты решения проблемы замещения костных дефектов с использованием материалов, разработанных на принципах ортобиологии, и хирургических технологий, основанных на аутологичных репаративных процессах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск иностранных источников осуществлен с использованием аналитического инструмента на базе искусственного интеллекта ConnectedPapers с применением функций Seminal works для вывода перечня ключевых тематических работ и Derivative works — для вывода новых, актуальных работ, систематических обзоров и мета-анализов, находящихся в зоне интересов авторов. Поиск русскоязычных источников проведен в электронной библиотеке eLibrary по ключевым словам, перечень дополнен публикациями из библиографических списков, а также собственными ранними публикациями авторов. При подборе источников ограничений по дате публикации не выставлено.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Восполнение утраченной костной ткани при несращениях и дефектах является ключевой проблемой в реконструктивно-восстановительной хирургии и требует использования инновационных костнопластических материалов и новых хирургических подходов. Известно и общепризнано, что «золотым стандартом» костнопластических материалов являются аутооттрансплантаты. Обзор литературы посвящен анализу результатов применения и перспективам дальнейшего усовершенствования аутологичных костно-пластических материалов, разработанных на принципах ортобиологии, и хирургических технологий в проблеме замещения костных дефектов.

Несвободная костная пластика по Г.А. Илизарову (транспорт кости) базируется на фундаментальном научном открытии «Общебиологическое свойство тканей отвечать на дозированное растяжение ростом и регенерацией (эффект Илизарова)» (дата приоритета: 24 ноября 1970 г., № 355) [1].

Транспорт кости по Илизарову подразумевает дискретное и управляемое перемещение кровоснабжаемого аутооттрансплантата с сохраненным покровом мягких тканей в межотломковом диастазе с восполнением костного дефекта новообразованной костной тканью, претерпевающей в дальнейшем полную органотипическую перестройку. При применении несвободной костной пластики по Г.А. Илизарову возможно восполнение утраты любого объема костной массы и полное восстановление изначальной анатомической формы костного остова поврежденного сегмента [2–4].

Некоторые авторы свободные аутооттрансплантаты с артериовенозным шунтированием и несвободные аутооттрансплантаты при транспорте кости по Г.А. Илизарову рассматривали как альтернативные технологии и костно-пластические материалы. Оценивая и сравнивая их эффективность, исследователи не выявили принципиальных преимуществ между данными технологиями в достижении анатомофункциональных результатов лечения при замещении костных дефектов [5–11].

Принципиальным преимуществом при использовании свободных и несвободных аутооттрансплантатов является их адекватное кровоснабжение и, соответственно, возможность сращения и полной органотипической перестройки как свободного реплантата после артериовенозного шунтирования, так и перемещенного костного фрагмента при транспорте кости по Г.А. Илизарову. Адекватная васкуляризация

аутооттрансплантатов обеспечивала их резистентность к инфекции, снижала риски гнойных осложнений и обеспечивала полное ремоделирование костной ткани и сосудистой сети имплантов [12–15].

Несомненным преимуществом применения свободной костной пластики кровоснабжаемыми аутооттрансплантатами являлась продолжительность лечения. При положительных клинических результатах замещение костного дефекта проходило одномоментно, а сращение реплантата и реципиентной кости происходило в сроки, близкие к консолидации неосложненных переломов данной локализации [7, 8, 14, 15–19].

Общепризнанным и универсальным свободным кровоснабжаемым аутооттрансплантатом с комплексом тканей является малоберцовая кость с восстановленными артерио-венозными анастомозами [7, 12, 14, 17, 19–27].

Вместе с тем, в литературе имеются сведения эффективного использования малоберцовой кости как свободного аутооттрансплантата, когда роль импланта выполнял резецированный фрагмент малоберцовой кости. Органотипическая перестройка малоберцовой кости, ремоделирование новообразованной сосудистой сети, консолидация с фрагментами реципиентной кости происходили без хирургического восстановления артерио-венозных шунтов [28–31].

Наиболее благоприятные условия для перестройки малоберцовой кости создавали при имплантации свободного аутооттрансплантата в зону закрытого рассверливания костномозгового канала на уровне псевдоартроза, когда по периферии зоны рассверливания локализовался аутогенный костно-пластический материал [32, 33].

В литературе имеются сведения об эффективном применении малоберцовой кости при тотальных и субтотальных дефектах большеберцовой кости в условиях чрескостного остеосинтеза. Реконструкция костного остова голени обеспечивается дозированной тибялизацией малоберцовой кости в зону дефекта с формированием межберцовых костных блоков и синостозов. Малоберцовая кость играет роль несвободного кровоснабжаемого аутооттрансплантата, который претерпевает полную органотипическую перестройку. Однако для гипертрофии малоберцовой кости и достижения прочностных характеристик большеберцовой кости требуется дозированная функциональная нагрузка и длительное использование средств дополнительной иммобилизации (гипс, тугоры, ортезы) [34].

Однако свободная костная пластика кровоснабжаемыми аутооттрансплантатами не лишена недостатков. Обычно оперативное вмешательство, технически сложное вследствие необходимости применения микрохирургической техники, было двухэтапным: на первом этапе лечения с помощью аппаратов чрескостной фиксации дозировано устраняли имеющиеся деформации и укорочения сегмента, подготавливали ложе для реплантата, трансплантацию осуществляли одномоментно на втором этапе остеосинтеза. После длительной микрохирургической операции существовал риск тромбоза артериовенозных шунтов, что требовало назначения дорогостоящей медикаментозной поддержки. При использовании в качестве костно-пластического материала кровоснабжаемой малоберцовой кости существовали риски развития нестабильности голеностопного сустава в донорском сегменте, а также вероятность появления фантомных болей в донорской зоне. При восполнении дефектов нижней конечности васкуляризированными аутооттрансплантатами способность к замещению отсутствующей кости была ограничена количеством доступного донорского материала. Как правило, костный аутооттрансплантат не соответствовал размеру костного дефекта, соответственно требовались: время для гипертрофии замещенной костной ткани, длительная иммобилизация нижней конечности ортезами, тугорами и использование дополнительных средств опоры [12, 14, 16, 35–37].

Не лишена проблем и технология несвободной костной пластики по Г.А. Илизарову. При некорректном осуществлении удлинения отломка(ов), в первую очередь, травматичном нарушении целостности отломка(ов) с повреждением содержимого костномозговой полости и внутрикостной артерии, неадекватном темпе перемещения сформированного несвободного костного аутооттрансплантата существуют риски формирования «ишемического» дистракционного регенерата по гипопластическому типу [38–42].

По данным литературы, замедление активности дистракционного остеогенеза и риски формирования дистракционных регенератов по гипопластическому типу возрастают при одноэтапном удлинении или замещении дефектов на величину более 4–5 см [43–46].

Высоко оценивая анатомо-функциональные результаты замещения дефектов длинных костей удлинением отломка по Г.А. Илизарову, оппоненты считали основным недостатком метода продолжительный срок внешней фиксации, долговременно снижающий качество жизни больного и определяющий необходимость наблюдения пациента медперсоналом [5, 47–51].

Стремление к сокращению продолжительности и этапности лечения определило эволюцию технологии несвободной костной пластики по Г.А. Илизарову с разработкой и внедрением новых технологических решений. Так было предложено восполнять суб- и тотальные дефекты длинных костей полилокальным формированием дистракционных регенератов, претерпевающих полную органотипическую перестройку за непродолжительный период внешней фиксации. Эффективность применения методик замещения дефектов полилокальным формированием регенератов подтверждена сокращением в 1,5 раза продолжительности чрескостного остеосинтеза и его этапов (периода дистракции в 2,5 раза, периода фиксации в 1,3–1,9 раза) с достижением большей полноты восполнения костных дефектов за один этап лечебного процесса. При этом полилокально перемещаемые фрагменты сохраняли сосудистые связи и были адекватно кровоснабжаемы, соответственно, резистентны к инфекции, а формируемые дистракционные регенераты претерпевали полную органотипическую перестройку [44].

Вместе с тем, предложенные и внедренные оригинальные технологии, безусловно, повысили эффективность несвободной костной пластики по Г.А. Илизарову, но не решили всех проблем реконструктивно-восстановительного лечения пациентов с дефектами и ложными суставами.

Перспективным аутологичным костно-пластическим материалом является содержимое костномозговой полости, которое при помощи Reamer-Irrigator-Aspirator system (RIA) забирают из интрамедуллярного канала бедренной или большеберцовой кости. В связи с широким внедрением технологий блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза малоинвазивные доступы к костномозговым каналам технически не сложны и отработаны, а количество доступного донорского материала вполне достаточно для выполнения костно-пластических оперативных вмешательств [52, 53].

Аутологичный костно-пластический материал содержит остеогенные факторы роста, необходимые для стимуляции остеогенеза в очагах со сниженной регенерацией костной ткани: факторы роста фибробластов, тромбоцитов, костные морфогенетические белки [53, 54].

По мнению некоторых авторов, использование Reamer-Irrigator-Aspirator system (RIA) является перспективной и эффективной технологией и может составить альтернативу или дополнить применение несвободных костных аутоотрансплантатов из крыла подвздошной кости [55, 56].

Несмотря на разработку инновационных имплантационных материалов, использование аутоотрансплантатов, по-прежнему является «золотым стандартом» в костно-пластической хирургии. В настоящее время имеется необходимость в разработке улучшенных биоматериалов, основанных на принципах ортобиологии, и новых технологических решений по имплантации, которые максимально бы соответствовали возможностям, а по ряду характеристик превосходили аутоотрансплантаты. Инновационные биоматериалы можно комбинировать с аутопластическим материалом, в результате возможна разработка имплантата, который удовлетворяет требованиям по остеокондукции, остеоиндукции и остеогенезу [57, 58].

В последнее время в литературе появились публикации, демонстрирующие высокую эффективность и идентичность результатов клинического применения морфогенетических белков BMP-2 и BMP-7 в сравнении с аутогенными костными трансплантатами при ортопедической коррекции позвоночника и реконструкциях конечностей при последствиях травм [58, 59].

Наибольшую сложность для реконструкции конечности имеют врожденные костные дефекты, что предопределяет многоэтапность, длительность лечения и высокие риски рецидива заболевания [60, 61].

В настоящее время в зарубежные протоколы лечения пациентов с врожденными ложными суставами входит использование костных морфогенетических белков rhBMP-2 и rhBMP-7, при этом предпочтение отдают использованию в качестве скаффолда костной аутокрошки из крыла подвздошной кости [61–66].

Необходимо отметить, что для фиксации костных отломков берцовых костей ортопеды достаточно часто применяют чрескостный остеосинтез или комбинации аппаратной фиксации с погружными металлоконструкциями (интрамедуллярными стержнями и накостными пластинами) [11, 23, 60, 65, 67].

По данным литературы, человеческие рекомбинантные белки BMP-2 и BMP-7 рассматриваются как остеогенные факторы роста, необходимые для стимуляции остеогенеза в очагах со сниженной регенерацией костной ткани (врожденные и приобретенные ложные суставы и костные дефекты, последствия открытых переломов, остеонекроз) [68, 69].

Считается, что костные морфогенетические белки способствуют хемотаксической пролиферации и дифференцировке предшественников остеобластов и остеокластов, таким образом, запуская процесс костеобразования [66, 70, 71].

Отсутствие применения морфогенетических белков в отечественной травматологии и ортопедии, очевидно, связано с отсутствием их сертификации в РФ и стоимостью (около 4500 \$ за одно клиническое

применение), что должно мотивировать исследователей на поиск клинически эффективных и финансово доступных альтернативных костно-пластических материалов и хирургических подходов [72].

Несвободная костная пластика по Г.А. Илизарову и замещение костных дефектов аутотрансплантатами с артерио-венозным шунтированием были признаны и получили развитие в 80 годы XX века, в это же время Masquelet разработал технику формирования индуцированной мембраны (ИМТ) [3, 4, 73].

Техника Masquelet включала реконструкцию сегмента в два этапа. В первую операционную сессию формировали сегментарный дефект кости и имплантировали полиметилметакрилатовый цементный спейсер. Для фиксации костного сегмента отдавали предпочтение аппарату Илизарова. Через 6–8 недель спейсер удаляли, дефект заполняли свободными костными аутотрансплантатами или при дефиците аутографта использовали аллопластические импланты [73, 74].

По данным литературы, вокруг спейсера формировалась индуцированная мембрана с новообразованной сосудистой сетью. Мембрана содержала мезенхимальные стволовые и эпителиоподобные клетки, фибробласты, миофибробласты, продуцировала морфогенетические белки BMP-2, BMP-7 и факторы роста (VEGF, TGF-бета 1) [74–76].

Пиковые показатели секреции индуцированной мембраной факторов роста регистрировали к 4 и 6 неделям после имплантации спейсера [77].

В литературе можно встретить информацию об антимикробной активности индуцированной мембраны, что связано с секрецией факторами роста антиоксидантных химических веществ, которые вызывали деградацию ДНК микрофлоры. Авторы предполагали возможность блокирования местными пептидами секреции микроорганизмами биопленки [78].

Однако технология Masquelet не лишена недостатков. Так, применение костной пластики по Masquelet имеет ограниченные показания, в первую очередь у возрастных пациентов, в связи с низкой активностью репаративных процессов, соответственно, длительной и незавершенной органотипической перестройкой массивных имплантатов, риском формирования псевдоартрозов и патологических переломов, инфекционными осложнениями, проблемным заживлением послеоперационных ран и т.д. [73, 79].

N.G. Lasanianos et al. провели сравнительный анализ результатов лечения пациентов с использованием транспорта кости по Илизарову (37 статей) и исходов костной пластики по Masquelet (41 статья). В группах сравнения пациенты имели аналогичные величины костных дефектов. Исследователями выяснено, что результаты хирургического лечения по технологии Masquelet и Илизарову не имели статистически значимых и достоверных преимуществ по восстановлению анатомической целостности конечности, формированию неправильного сращения отломков, рискам развития инфекционных осложнений [79].

Вместе с тем, определенная неудовлетворенность результатами хирургической реабилитации пациентов с применением костной пластики по Masquelet и транспорта кости по Илизарову побудило группу авторов к комбинации технологий в ожидании оптимизации лечебного процесса, сокращения продолжительности и этапности остеосинтеза, снижения рисков инфекционных осложнений, рецидивов заболевания при восстановлении анатомической целостности костного сегмента. Авторы доложили о возможностях и эффективности комбинации технологии Masquelet и транспорта кости по Илизарову у пациентов с приобретенными и врожденными дефектами, в том числе в условиях активной гнойной инфекции [80–83].

При комбинации технологии Masquelet и несвободной костной пластики по Илизарову транспорт кости осуществляли в благоприятных и оптимальных для дистракционного остеогенеза условиях. Вокруг дистракционных регенератов и перемещаемых несвободных аутотрансплантатов формировали индуцированную мембрану, продуцирующую морфогенетические белки и факторы роста, а также обладающую бактерицидными свойствами. В результате костные дефекты замещали дистракционными регенератами, претерпевающими полную органотипическую перестройку, что исключало вероятность формирования деформаций, патологических переломов на уровне новообразованных участков кости и снижало риски рецидивов врожденных ложных суставов и обострений остеомиелитического процесса [80–83].

Полученные позитивные результаты комбинации хирургических технологий позволили развить идею и предложить комбинированное применение технологий Илизарова и Masquelet и дополнить использованием ортобиологических материалов [84].

Основанием для ожидаемого эффекта от комбинации применения хирургических технологий и ортобиологических материалов являются результаты доклинических исследований остеогенного потенциала PRP-терапии на клеточных культурах остеобластов человека *in vitro* [85–87].

Многообещающими выглядят результаты комбинированного применения PRP-терапии с костнопластическими материалами. Так, результаты ползущего замещения сегментарного дефекта большеберцовой кости у экспериментальных животных в условиях накостного остеосинтеза при использовании аллотрансплантата с добавлением PRP были сопоставимы с результатами костной аутопластики. При этом необходимо подчеркнуть, что костная аутопластика по-прежнему является «золотым стандартом» и эталонным костнопластическим материалом [88].

В литературе имеются оптимистичные результаты мета-анализов экспериментального использования PRP-терапии при низкой потенции костной ткани к регенерации как ортобиологического материала, стимулирующего гистиогенез [89–91].

Значимая часть работ посвящена изучению эффективности применения PRP-терапии в комбинации с различными ортобиологическими материалами, в связи с этим сложно связать достигнутый результат по сращению псевдоартрозов и устранению костных дефектов только с обогащенной тромбоцитами плазмой [91–93].

Таким образом, в настоящий момент существует необходимость в работах с высоким уровнем доказательности и достоверной эффективности PRP-терапии при восстановительном лечении пациентов с ложными суставами и костными дефектами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа литературы имеются основания для изучения клинического эффекта комбинированного использования хирургических технологий, основанных на аутологических репаративных процессах, и материалов, разработанных на принципах ортобиологии.

Основываясь, в первую очередь, на данных зарубежной литературы, имеется необходимость и целесообразность клинического внедрения использования костных морфогенетических белков rhBMP-2 и rhBMP-7 в реконструктивно-восстановительном лечении пациентов с костными дефектами и ложными суставами различной этиологии.

В настоящее время необходимы мультицентровые клинические исследования с высоким уровнем доказательности по определению эффективности PRP-терапии при восстановительном лечении пациентов с костными дефектами и ложными суставами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Актовая речь Г.А. Илизарова «Некоторые проводимые нами фундаментальные исследования и их общебиологическое значение» (на Всесоюзной конференции с участием иностранных специалистов, посвященной 70-летию Г.А. Илизарова, 13–15 июня 1991 года, г. Курган). Часть I. *Гений ортопедии*. 2015;(1):7–12.
2. Green SA, Jackson JM, Wall DM, et al. Management of segmental defects by the Ilizarov intercalary bone transport method. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(280):136–42.
3. Gubin AV, Borzunov DY, Malkova TA. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research. *Int Orthop*. 2013;37(8):1533–9. doi: 10.1007/s00264-013-1935-0
4. Gubin A, Borzunov D, Malkova T. Ilizarov Method for Bone Lengthening and Defect Management Review of Contemporary Literature. *Bull Hosp Jt Dis (2013)*. 2016;74(2):145–54.
5. Cattaneo R, Catagni M, Johnson EE. The treatment of infected nonunions and segmental defects of the tibia by the methods of Ilizarov. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(280):143–152.
6. Green SA, Jackson JM, Wall DM, Marinow H, Ishkanian J. Management of segmental defects by the Ilizarov intercalary bone transport method. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(280):136–142.
7. Богов А.А. Микрохирургическая трансплантация в лечении ложных суставов и дефектов длинных трубчатых костей. *Казанский медицинский журнал*. 1993;74(2):135–139. doi: 10.17816/kazmj64643
8. Гришин И.Г. Микрохирургия в травматологии и ортопедии: достижения, нерешенные вопросы и перспективы. *Анналы травматологии и ортопедии*. 1993;(1):23–27.
9. Bongiovanni JC, Neto EP, Engelen CL, Catagni MA. Treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia (PCT) using the Ilizarov method. *Rev Bras Ortop*. 1996;31(8):625–631.
10. Yokoyama K, Itoman M, Nakamura K, et al. Free vascularized fibular graft vs. Ilizarov method for post-traumatic tibial bone defect. *J Reconstr Microsurg*. 2001;17(1):17–25. doi: 10.1055/s-2001-12684
11. Голяна С.И., Тихоненко Т.И., Галкина Н.С., Гранкин Д.Ю. Микрохирургическая аутоперитрансплантация малоберцовой кости как оптимальный метод закрытия обширных костных дефектов у детей с нейрофиброматозом. *Гений ортопедии*. 2023;29(4):368–375. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-368-375. EDN: FXCPCX.
12. Bumbasirevic M, Stevanovic M, Bumbasirevic V, et al. Free vascularised fibular grafts in orthopaedics. *Int Orthop*. 2014;38(6):1277–1282. doi: 10.1007/s00264-014-2281-6
13. Diomedea F, Marconi GD, Fonticoli L, et al. Functional Relationship between Osteogenesis and Angiogenesis in Tissue Regeneration. *Int J Mol Sci*. 2020;21(9):3242. doi: 10.3390/ijms21093242

14. Van Den Heuvel SCM, Winters HAH, Ultee KH, et al. Combined massive allograft and intramedullary vascularized fibula transfer: the Capanna technique for treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. *Acta Orthop.* 2020;91(5):605-610. doi: 10.1080/17453674.2020.1773670
15. Catena N, Baldrighi C, Jester A, et al. Microsurgery in pediatric upper limb reconstructions: An overview. *J Child Orthop.* 2022;16(4):241-255. doi: 10.1177/18632521221106390
16. Гришин И.Т., Голубев В.Т., Крошкин М.М. и др. Пластика обширных дефектов длинных костей васкуляризованными малоберцовыми трансплантатами. *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова.* 2001;8(2):61-65. doi: 10.17816/vto98415
17. Taylor GI, Corlett RJ, Ashton MW. The Evolution of Free Vascularized Bone Transfer: A 40-Year Experience. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(4):1292-1305. doi: 10.1097/PRS.0000000000002040
18. Iamaguchi RB, de Moraes MA, Silva GB, et al. Is obesity a risk factor for free vascularized fibular flap complications? *Acta Ortop Bras.* 2019;27(4):192-196. doi: 10.1590/1413-785220192704217444
19. Taqi M, Raju S. *Fibula Free Flaps*. 2022. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
20. Жуков М.И., Миланов А.О. Пластика дефектов длинных трубчатых костей васкуляризованными аутокостными трансплантатами. *Вестник хирургии.* 1992;(9-10):255-258.
21. Mathoulin C, Gilbert A, Judet H, et al. Transfert libre de péroné vascularisé dans les pseudarthroses et pertes de substance fémorale [Free transfer of the vascularized fibula in pseudarthrosis and femoral bone loss]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1993;79(6):492-499. (In French).
22. Arai K, Toh S, Yasumura M, et al. One-bone forearm formation using vascularized fibula graft for massive bone defect of the forearm with infection: case report. *J Reconstr Microsurg.* 2001;17(3):151-5. doi: 10.1055/s-2001-14345
23. Migliorini F, La Padula G, Torsiello E, et al. Strategies for large bone defect reconstruction after trauma, infections or tumour excision: a comprehensive review of the literature. *Eur J Med Res.* 2021;26(1):118. doi: 10.1186/s40001-021-00593-9
24. Гаркавенко Ю.Е., Захарьян Е.А., Зубаиров Т.Ф. и др. Микрохирургическая аутоотрансплантация фрагмента малоберцовой кости при лечении дефектов костей у детей – возможности дальнейшей реконструктивной хирургии. *Современные проблемы науки и образования.* 2021;(2):200. doi: 10.17513/spno.30624
25. Bae DS, Waters PM, Sampson CE. Use of free vascularized fibular graft for congenital ulnar pseudarthrosis: surgical decision making in the growing child. *J Pediatr Orthop.* 2005;25(6):755-62. doi: 10.1097/01.bpo.0000186241.29415.df
26. Bauer AS, Singh AK, Amanatullah D, et al. Free vascularized fibular transfer with langenskiöld procedure for the treatment of congenital pseudarthrosis of the forearm. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2013;17(3):144-150. doi: 10.1097/BTH.0b013e318295238b
27. Ding DY, LaMartina J, Tai C, Pandya NK. Congenital Pseudoarthrosis of the Distal Radius Treated With Physeal-Sparing Double-Barrel Vascularized Free Fibula Transfer: A Case Report. *Hand (N Y).* 2017;12(5):NP140-NP144. doi: 10.1177/1558944717702472
28. Wright TW, Miller GJ, Vander Griend RA, et al. Reconstruction of the humerus with an intramedullary fibular graft. A clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75(5):804-7. doi: 10.1302/0301-620X.75B5.8376445
29. Crosby LA, Norris BL, Dao KD, McGuire MH. Humeral shaft nonunions treated with fibular allograft and compression plating. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2000;29(1):45-7.
30. Балаев И.И., Куфтырев Л.М., Борзунов Д.Ю., Злобин А.В. Применение чрескостного остеосинтеза при лечении большого с саркомой Юинга плечевой кости. *Гений ортопедии.* 2004;(2):63-65.
31. Kashayi-Chowdhirao S, Vallurupalli A, Chilakamarri VK, et al. Role of autologous non-vascularised intramedullary fibular strut graft in humeral shaft nonunions following failed plating. *J Clin Orthop Trauma.* 2017;8(Suppl 2):S21-S30. doi: 10.1016/j.jcot.2016.12.006
32. Моховиков Д.С., Колчин С.Н., Борзунов Д.Ю. Способ реконструкции плечевой кости при гипотрофичном псевдоартрозе. Патент РФ на изобретение № 2695268. 22.07.2019. Бюл. № 21. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. Ссылка активна на 13.12.2023.
33. Борзунов Д.Ю., Моховиков Д.С., Колчин С.Н. Новая технология реконструкции плеча свободным аутоотрансплантатом из малоберцовой кости при гипотрофическом псевдоартрозе. *Гений ортопедии.* 2020;26(3):408-412. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-408-412
34. Макушин В.Д., Чегуров О.К., Борзунов Д.Ю., Чевардин А.Ю. Концептуальные взгляды на возможность применения органосохраняющих операций при сложных дефектах берцовых костей по методикам РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова (обзор отечественной и зарубежной литературы). *Гений ортопедии.* 2008;(2):102-107.
35. Махсон Н.Е., Гришин И.Г., Уразгильдеев З.И. Свободная костная, кожно-костная аутопластика на сосудистой ножке у больных с дефектами и ложными суставами. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 1986;137(7):108-112.
36. Tu YK, Yen CY, Yeh WL, et al. Reconstruction of posttraumatic long bone defect with free vascularized bone graft: good outcome in 48 patients with 6 years' follow-up. *Acta Orthop Scand.* 2001;72(4):359-364. doi: 10.1080/000164701753542014
37. Cozac BR, Sun Q, Leahy B, et al. Optimizing autologous bone contribution to implant osseointegration. *J Periodontol.* 2020;91(12):1632-1644. doi: 10.1002/JPER.19-0524
38. Borzunov DY, Shastov AL. Mechanical solutions to salvage failed distraction osteogenesis in large bone defect management. *Int Orthop.* 2019;43(5):1051-1059. doi: 10.1007/s00264-018-4032-6
39. Борзунов Д.Ю., Шастов А.Л. «Ишемический» дистракционный регенерат: толкование, определение, проблемы, варианты решения. *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(1):68-76. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-68-76
40. Emara KM, Ghafar KA, Al Kersh MA. Methods to shorten the duration of an external fixator in the management of tibial infections. *World J Orthop.* 2011;2(9):85-92. doi: 10.5312/wjo.v2.i9.8
41. Aronson J. Basic Science and Biological Principles of Distraction Osteogenesis. In: Rozburch SR, Ilizarov S, editors. *Limb Lengthening and Reconstruction Surgery*. New York: Informa healthcare; 2007:19-42.
42. Alzahrani MM, Anam EA, Makhdum AM, et al. The effect of altering the mechanical loading environment on the expression of bone regenerating molecules in cases of distraction osteogenesis. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2014;5:214. doi: 10.3389/fendo.2014.00214

43. Nakano-Matsuoka N, Fukiage K, Harada Y, et al. The prevalence of the complications and their associated factors in humeral lengthening for achondroplasia: retrospective study of 54 cases. *J Pediatr Orthop B*. 2017;26(6):519-525. doi: 10.1097/BPB.0000000000000428
44. Borzunov DY. Long bone reconstruction using multilevel lengthening of bone defect fragments. *Int Orthop*. 2012;36(8):1695-1700. doi: 10.1007/s00264-012-1562-1
45. Ozaki T, Nakatsuka Y, Kunisada T, et al. High complication rate of reconstruction using Ilizarov bone transport method in patients with bone sarcomas. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1998;118(3):136-139. doi: 10.1007/s004020050333
46. Robert Rozbruch S, Weitzman AM, Tracey Watson J, et al. Simultaneous treatment of tibial bone and soft-tissue defects with the Ilizarov method. *J Orthop Trauma*. 2006;20(3):197-205. doi: 10.1097/00005131-200603000-00006
47. Rüter A., Brutscher R. Die Ilizarov-Kortikotomie und Segmentverschiebung zur Behandlung grosser Tibiadefekte. *Oper Orthop Traumatol*. 1989;1(2):80-89. (In German)
48. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;(250):81-104.
49. Naggar L, Chevalley F, Blanc CH, Livio JJ. Treatment of large bone defects with the Ilizarov technique. *J Trauma*. 1993;34(3):390-393. doi: 10.1097/00005373-199303000-00014
50. Paley D, Maar DC. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects. *J Orthop Trauma*. 2000;14(2):76-85. doi: 10.1097/00005131-200002000-00002
51. Tripon P, Dalzotto G, Poichotte A, et al. Reconstruction of post-traumatic diaphyseal bone loss by segmental bone transfer. *Ann Chir Plast Esthet*. 2000;45(3):336-345. (In French).
52. Cox G, Jones E, McGonagle D, Giannoudis PV. Reamer-irrigator-aspirator indications and clinical results: a systematic review. *Int Orthop*. 2011;35(7):951-956. doi: 10.1007/s00264-010-1189-z
53. McCall TA, Brokaw DS, Jelen BA, et al. Treatment of large segmental bone defects with reamer-irrigator-aspirator bone graft: technique and case series. *Orthop Clin North Am*. 2010;41(1):63-73. doi: 10.1016/j.ocl.2009.08.002
54. Schmidmaier G, Herrmann S, Green J, et al. Quantitative assessment of growth factors in reaming aspirate, iliac crest, and platelet preparation. *Bone*. 2006;39(5):1156-1163. doi: 10.1016/j.bone.2006.05.023
55. Nodzo SR, Kaplan NB, Hohman DW, Ritter CA. A radiographic and clinical comparison of reamer-irrigator-aspirator versus iliac crest bone graft in ankle arthrodesis. *Int Orthop*. 2014;38(6):1199-1203. doi: 10.1007/s00264-014-2348-4
56. Laubach M, Weimer LP, Bläsius FM, et al. Complications associated using the reamer-irrigator-aspirator (RIA) system: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(7):3823-3843. doi: 10.1007/s00402-022-04621-z
57. Мухаметов У.Ф., Люлин С.В., Борзунов Д.Ю. и др. Аллопластические и имплантационные материалы для костной пластики: обзор литературы. *Креативная хирургия и онкология*. 2021;11(4):343-353. doi: 10.24060/2076-3093-2021-11-4-343-353
58. Мухаметов У.Ф., Люлин С.В., Борзунов Д.Ю., Гареев И.Ф. Клиническое применение костных морфогенетических белков BMP-2 и BMP-7: анализ текущих клинических испытаний. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*. 2023;15(1):5-20. doi: 10.17816/mechnikov112617
59. McGrath M, Feroze AH, Nistal D, Robinson E, Saigal R. Impact of surgeon rhBMP-2 cost awareness on complication rates and health system costs for spinal arthrodesis. *Neurosurg Focus*. 2021;50(6):E5. doi: 10.3171/2021.3.FOCUS2152
60. Borzunov DY, Chevardin AY, Mitrofanov AI. Management of congenital pseudarthrosis of the tibia with the Ilizarov method in a paediatric population: influence of aetiological factors. *Int Orthop*. 2016;40(2):331-339. doi: 10.1007/s00264-015-3029-7
61. Paley D. Congenital pseudarthrosis of the tibia: biological and biomechanical considerations to achieve union and prevent refracture. *J Child Orthop*. 2019;13(2):120-133. doi: 10.1302/1863-2548.13.180147
62. Kesireddy N, Kheireldin RK, Lu A, et al. Current treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia: a systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(6):541-550. doi: 10.1097/BPB.0000000000000524
63. Shah H, Joseph B, Nair BVS, et al. What Factors Influence Union and Refracture of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia? A Multicenter Long-term Study. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(6):e332-e337. doi: 10.1097/BPO.0000000000001172
64. Banchhor H, Chimurkar V. Congenital Pseudoarthrosis of the Tibia: A Narrative Review. *Cureus*. 2022;14(12):e32501. doi: 10.7759/cureus.32501
65. Shannon CE, Huser AJ, Paley D. Cross-Union Surgery for Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. *Children (Basel)*. 2021;8(7):547. doi: 10.3390/children8070547
66. Wu C, Zheng G, Wang D, et al. Combination Treatment by Cross-Union of the Tibia and Fibula, Autogenic Iliac Bone Grafting, Reliable Fixation and Bone Morphogenetic Proteins for the Treatment of Refractory Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. *J Pediatr Orthop*. 2022;42(6):e623-e629. doi: 10.1097/BPO.0000000000002138
67. McCullough MC, Arkader A, Ariani R, et al. Surgical Outcomes, Complications, and Long-Term Functionality for Free Vascularized Fibula Grafts in the Pediatric Population: A 17-Year Experience and Systematic Review of the Literature. *J Reconstr Microsurg*. 2020;36(5):386-396. doi: 10.1055/s-0040-1702147
68. Son HJ, Lee MN, Kim Y, et al. Bone Generation Following Repeated Administration of Recombinant Bone Morphogenetic Protein 2. *Tissue Eng Regen Med*. 2021;18(1):155-164. doi: 10.1007/s13770-020-00290-4
69. von Rüden C, Morgenstern M, Hierholzer C, et al. The missing effect of human recombinant Bone Morphogenetic Proteins BMP-2 and BMP-7 in surgical treatment of aseptic forearm nonunion. *Injury*. 2016;47(4):919-924. doi: 10.1016/j.injury.2015.11.038
70. Dumic-Cule I, Peric M, Kucko L, et al. Bone morphogenetic proteins in fracture repair. *Int Orthop*. 2018;42(11):2619-2626. doi: 10.1007/s00264-018-4153-y
71. Мухаметов У.Ф., Люлин С.В., Борзунов Д.Ю., Гареев И.Ф. Стимуляция регенерации костной ткани с использованием костных морфогенетических белков: современные концепции. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*. 2021;13(4):15-30. doi: 10.17816/mechnikov82711
72. Hinsenkamp M, Collard JF. Growth factors in orthopaedic surgery: demineralized bone matrix versus recombinant bone morphogenetic proteins. *Int Orthop*. 2015;39(1):137-147. doi: 10.1007/s00264-014-2562-0
73. Masquelet AC, Fitoussi F, Begue T, Muller GP. Reconstruction of the long bones by the induced membrane and spongy autograft. *Ann Chir Plast Esthet*. 2000;45(3):346-353. (In French).

74. Masquelet AC, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am.* 2010;41(1):27-37; table of contents. doi: 10.1016/j.ocl.2009.07.011
75. Pelissier P, Masquelet AC, Bareille R, et al. Induced membranes secrete growth factors including vascular and osteoinductive factors and could stimulate bone regeneration. *J Orthop Res.* 2004;22(1):73-79. doi: 10.1016/S0736-0266(03)00165-7
76. Han W, Shen J, Wu H, et al. Induced membrane technique: Advances in the management of bone defects. *Int J Surg.* 2017;42:110-116. doi: 10.1016/j.ijssu.2017.04.064
77. Giannoudis PV, Harwood PJ, Tosounidis T, Kanakaris NK. Restoration of long bone defects treated with the induced membrane technique: protocol and outcomes. *Injury.* 2016;47 Suppl 6:S53-S61. doi: 10.1016/S0020-1383(16)30840-3
78. Roukoz S, El Khoury G, Saghbini E, et al. Does the induced membrane have antibacterial properties? An experimental rat model of a chronic infected nonunion. *Int Orthop.* 2020;44(2):391-398. doi: 10.1007/s00264-019-04453-4
79. Lasanianos NG, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Current management of long bone large segmental defects. *Orthop Trauma.* 2010;24(2):149-163. doi: 10.1016/j.mprth.2009.10.003
80. Борзунов Д., Горбач Е., Моховиков Д., Колчин С. Комбинированные костнопластические вмешательства при реабилитации пациентов с врожденным ложным суставом костей голени. *Гений ортопедии.* 2019;25(3):304-311 doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-304-311
81. Борзунов Д.Ю., Моховиков Д.С., Колчин С.Н., Горбач Е.Н. Комбинированное применение несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet при реабилитации пациентов с приобретенными костными дефектами и ложными суставами. *Гений ортопедии.* 2020;26(4):532-538. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-4-532-538
82. Борзунов Д.Ю., Моховиков Д.С., Колчин С.Н. и др. Проблемы и успехи комбинированного применения технологий Илизарова и Masquelet. *Гений ортопедии.* 2022;28(5):652-658. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-652-658
83. Borzunov DY, Kolchin SN, Mokhovikov DS, Malkova TA. Ilizarov bone transport combined with the Masquelet technique for bone defects of various etiologies (preliminary results). *World J Orthop.* 2022;13(3):278-288. doi: 10.5312/wjo.v13.i3.278
84. Борзунов Д.Ю., Моховиков Д.С., Колчин С.Н., Гильманов Р.Т. Способ восполнения костных дефектов. Патент РФ на изобретение № 2808922. 05.12.2023. Бюл. № 34. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servl.et?DB=RUPAT&DocNumber=2808922&TypeFile=html. Ссылка активна на 13.12.2024.
85. Vahabi S, Yadegari Z, Mohammad-Rahimi H. Comparison of the effect of activated or non-activated PRP in various concentrations on osteoblast and fibroblast cell line proliferation. *Cell Tissue Bank.* 2017;18(3):347-353. doi: 10.1007/s10561-017-9640-7
86. Kinoshita H, Orita S, Inage K, et al. Freeze-Dried Platelet-Rich Plasma Induces Osteoblast Proliferation via Platelet-Derived Growth Factor Receptor-Mediated Signal Transduction. *Asian Spine J.* 2020;14(1):1-8. doi: 10.31616/asj.2019.0048
87. Pulcini S, Merolle L, Marraccini C, et al. Apheresis Platelet Rich-Plasma for Regenerative Medicine: An In Vitro Study on Osteogenic Potential. *Int J Mol Sci.* 2021;22(16):8764. doi: 10.3390/ijms22168764
88. Nather A, Wong KL, David V, Pereira BP. Allografts with autogenous platelet-rich plasma for tibial defect reconstruction: a rabbit study. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2012;20(3):375-380. doi: 10.1177/230949901202000324
89. Marcazzan S, Weinstein RL, Del Fabbro M. Efficacy of platelets in bone healing: A systematic review on animal studies. *Platelets.* 2018;29(4):326-337. doi: 10.1080/09537104.2017.1327652
90. Xu Z, Hu H, Wu B, et al. Efficacy of Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Fractures: A Meta-Analysis. *Comput Math Methods Med.* 2022;2022:5105725. doi: 10.1155/2022/5105725
91. Kaspiris A, Hadjimichael AC, Vasiliadis ES, et al. Therapeutic Efficacy and Safety of Osteoinductive Factors and Cellular Therapies for Long Bone Fractures and Non-Unions: A Meta-Analysis and Systematic Review. *J Clin Med.* 2022;11(13):3901. doi: 10.3390/jcm11133901
92. Roffi A, Di Matteo B, Krishnakumar GS, et al. Platelet-rich plasma for the treatment of bone defects: from pre-clinical rational to evidence in the clinical practice. A systematic review. *Int Orthop.* 2017;41(2):221-237. doi: 10.1007/s00264-016-3342-9
93. Yang J, Zhang X, Liang W, et al. Efficacy of adjuvant treatment for fracture nonunion/delayed union: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23(1):481. doi: 10.1186/s12891-022-05407-5

Статья поступила 20.11.2023; одобрена после рецензирования 11.12.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 20.11.2023; approved after reviewing 11.12.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Дмитрий Юрьевич Борзунов — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры, borzunov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3720-5467>;

Ринат Тимурович Гильманов — врач травматолог-ортопед, ассистент кафедры.

Information about the authors:

Dmitry Yu. Borzunov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department, borzunov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3720-5467>;

Rinat T. Gilmanov — traumatologist-orthopedist, assistant of the department.

Обзорная статья

УДК [616.727.3-001.52-009.12]-089.168

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-273-281>

Современное состояние проблемы лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией

И.С. Петленко, И.И. Шубняков✉, С.Ю. Федюнина, А.Г. Алиев, С.С. Билык, М.В. Рябинин

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Игорь Иванович Шубняков, shubnyakov@mail.ru

Аннотация

Введение. Основные проблемы хирургического лечения контрактур локтевого сустава, обусловленных оссификацией, заключаются в большом количестве неудовлетворительных результатов вследствие анатомо-физиологических особенностей, значительной функциональной нагруженности и высоких требований пациентов, предъявляемых к состоянию и двигательной активности локтевого сустава.

Цель работы — определение возможных путей совершенствования оперативного лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией, на основании анализа данных литературы по выбору хирургической тактики и оценке результатов лечения.

Материалы и методы. Поиск источников осуществлен в ресурсах PubMed, Medline, Elibrary.ru, Кибер-Ленинка, Google Академия, Международный реестр клинических исследований Национального института здоровья США, Реестр Международных стандартных номеров рандомизированного клинического исследования ISRCTN, Регистр клинических исследований Германии DRKS, Реестр ВОЗ. Поисковые слова и словосочетания: контрактура локтевого сустава, оссификация, хирургическое лечение, stiff, elbow, surgical treatment, ossification. Большинство работ соответствуют глубине поиска — 10 лет.

Результаты и обсуждение. По данным литературы, среднесрочные и отдаленные результаты (12-24 мес. и более) оперативного лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава вследствие оссификации по целому ряду важных параметров (рецидивирование тугоподвижности, наличие болевого синдрома, снижение качества жизни и т.д.) большинство авторов оценивают как «весьма скромные». Результаты лечения примерно у 50 % оперированных являются неудовлетворительными за счет уменьшения амплитуды движения до предоперационного состояния или даже ниже. В связи с чем, достаточно большое количество пациентов (по данным некоторых авторов, более 90 %) будет нуждаться в повторных оперативных вмешательствах, которые сами по себе относятся к факторам риска развития контрактур.

Заключение. Критический анализ литературы позволяет отметить, что авторы не уделяют должного внимания проблеме предоперационного инструментального обследования пациентов с использованием новых методов визуализации (3D-моделирования). Вопросы предоперационного обследования и планирования на основании использования аддитивных технологий в оперативном лечении пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией, должны играть более значимую роль.

Ключевые слова: локтевой сустав, контрактура, оссификация, оперативное лечение, артроскопия, манипуляции под анестезией/редрессация, протезирование, реконструктивно-пластическая операция, отдаленные результаты

Для цитирования: Петленко И.С., Шубняков И.И., Федюнина С.Ю., Алиев А.Г., Билык С.С., Рябинин М.В. Современное состояние проблемы лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):273-281. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-273-281. EDN: ZCTHUE.



Current state of the treatment problem in the patients with elbow joint contractures due to ossification

I.S. Petlenko, I.I. Shubniakov✉, S.Yu. Fedunina, A.G. Aliev, S.S. Bilyk, M.V. Riabinin

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics,
Saint-Petersburg, Russian Federation

Corresponding author: Igor I. Shubnyakov, shubnyakov@mail.ru

Abstract

Introduction Surgical treatment of stiff elbow caused by ossification often result in poor outcomes due to anatomical and physiological characteristics, significant functional load and higher patient requirements for the elbow functionality.

The purpose was to determine ways of improved surgical treatment for patients with elbow contractures caused by ossification, based on an analysis of literature reporting surgical strategy and outcomes.

Material and methods An internet search of PubMed, Medline, Elibrary.ru, CyberLeninka, Google Scholar, International Clinical Trials Registry of the US National Institutes of Health, ISRCTN Registry of International Standard Randomized Clinical Trial Numbers, German Clinical Trials Registry DRKS, WHO Registry was performed. Search words and phrases included elbow contracture, ossification, surgical treatment, stiff elbow, surgical treatment, ossification. The search depth was 10 years.

Results and discussion Some important parameters (recurrence of stiffness, pain, decreased quality of life, etc.) are reported as “very unassertive” in patients with stiff elbow due to ossification at mid and long terms (12–24 months or greater). Poor outcomes are reported in approximately 50 % of the cases due to the range of motion decreased to the preoperative level or less. Many patients (more than 90 % according to some authors) need a repeated surgery and are at risk for the stiff joint.

Conclusion A critical analysis of the literature indicates lack of preoperative instrumentation examination of patients with use of new visualization methods (3D modeling). Preoperative examination and surgical planning based on additive technologies are essential for surgically treated patients with stiff elbow caused by ossification.

Keywords: elbow joint, contracture, ossification, surgical treatment, arthroscopy, manipulation under anesthesia/redressal, prosthetics, reconstructive plastic surgery, long-term results

For citation: Petlenko IS, Shubniakov II, Fedunina SYu, Aliev AG, Bilyk SS, Riabinin MV. Current state of the treatment problem in the patients with elbow joint contractures due to ossification. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):273-281. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-273-281

ВВЕДЕНИЕ

Лечение контрактур локтевого сустава, обусловленных оссификацией, несмотря на совершенствование хирургической техники и тактики курации данной группы пациентов, в настоящее время остается одной из наиболее трудных задач современной травматологии и ортопедии [1, 2]. Травматические повреждения костей, образующих локтевой сустав, на первый взгляд, не относятся к категории частых, так как составляют не более 5 % случаев среди всех повреждений костей скелета [3], однако посттравматические и послеоперационные осложнения возникают почти у трети пациентов (29,9 %) [4–7]. По данному показателю локтевой сустав устойчиво занимает первое место, что зачастую способствует неудовлетворительным результатам и даже стойкой инвалидизации пациентов, несмотря на, казалось бы, адекватное лечение и полноценную реабилитацию [8]. Трудности лечения подобных больных связаны и с быстрым развитием после травмы стойких контрактур ввиду склонности тканей к параартикулярной оссификации [9]. Чрезвычайно высокая значимость локтевого сустава в формировании физиологической активности человека приводит к тому, что его тугоподвижность, в том числе обусловленная оссификацией, развивающейся вследствие различных травматических повреждений, оперативных вмешательств и заболеваний, а также других факторов, связанных с данным явлением, достаточно часто приводит к функциональной несостоятельности конечности в целом [10–13]. По данным некоторых зарубежных и отечественных исследователей, уменьшение амплитуды движений в локтевом суставе на 50 % от нормальных значений снижает общую функциональную активность верхней конечности более чем на 80 % [14]. Уменьшение амплитуды движений в локтевом суставе достаточно часто приводит не только к невозможности продолжения трудовой деятельности, но также является существенным препятствием для полноценного обеспечения даже простых бытовых потребностей человека [3, 8, 15, 16]. В связи с чем, по оценке ряда специалистов, от 30 до 60 % пациентов, оперированных по поводу травм или заболеваний локтевого сустава, в последующем будут нуждаться в повторных функционально-восстановительных оперативных вмешательствах [17–19]. Именно в области локтевого сустава после механических повреждений достаточно часто развивается так называемая посттравматическая гетеротопическая оссификация (англ. heterotopic ossification — НО), которая не характерна и крайне редко наблюдается в области других суставов [3, 20, 21]. Быстрое развитие стойких контрактур локтевого сустава ввиду склонности тканей к различным видам оссификаций (в том числе и параартикулярной) также является серьезной проблемой в лечении этой целевой популяции пациентов [9, 22, 23]. Стратегия и тактика хирургического лечения данных пациентов требует обсуждения и, возможно, нуждается в усовершенствовании, одним из вариантов которого может быть применение новых методов обследования пациентов и предоперационного планирования, основанных на использовании современных компьютерных технологий, позволяющих с наибольшей степенью точности оценить локализацию (при различных видах оссификации) и степень выраженности патологического процесса [24].

Цель работы — определение возможных путей совершенствования оперативного лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией, на основании анализа данных литературы по выбору хирургической тактики и оценке результатов лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск источников осуществлен в следующих электронных ресурсах: PubMed, Medline, Elibrary.ru, КиберЛенинка, Google Академия, Международный реестр клинических исследований Национального института здоровья США, Реестр Международных стандартных номеров рандомизированного клинического исследования ISRCTN, Регистр клинических исследований Германии DRKS, Реестр BO3.

Поисковые слова и словосочетания для получения данных о различных аспектах лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава: контрактура локтевого сустава, оссификация, хирургическое лечение, stiff, elbow, surgical treatment, ossification.

Большинство работ соответствуют глубине поиска — 10 лет. Единичные (фундаментальные) исследования по данной проблематике датированы 1990-ми годами.

Помимо этого, после предварительного изучения использованы цитируемые источники, присутствующие в библиографических разделах статей, которые также содержали актуальную информацию и соответствовали тематике проводимого исследования.

В общей сложности найдено 186 тематических публикаций, из которых 81 статья издана на русском языке и 105 — иностранных статей (в основном, на английском языке). После предварительного отбора (исключены реферативные статьи, патенты, экспериментальные исследования и т.д.) библиография сократилась до 92 источников. В обзор не включены статьи о тугоподвижности (контрактура) других суставов, за исключением статей о лечении сочетанных контрактур нескольких суставов верхней ко-

нечности, в том числе и локтевого. Статьи, опубликованные не на русском и английском языках, а также статьи, посвященные эндопротезированию локтевого сустава в связи с развитием контрактуры, не использованы в данной работе. Не включены в обзор литературные источники о тугоподвижности локтевого сустава, вызванной исключительно экстраартикулярными причинами, а также статьи с описанием единичных клинических случаев и наблюдений. В настоящий обзор включены в основном статьи, имеющие полнотекстовый формат и посвященные клиническим исследованиям с участием людей с изложением материалов о среднесрочных и/или отдаленных результатах лечения.

Все источники изучены и проанализированы на предмет демографии (гендерно-возрастные параметры пациентов) исследуемой нозологии, оперативной техники лечения и оценки среднесрочных и/или отдаленных результатов. В качестве возможной основы совершенствования методологии оперативного лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией, в предоперационном периоде обследования предполагается использовать новые методы визуализации (3D-реконструкция сустава на основе компьютерной томографии). В связи с этим, в обзор включены статьи, содержащие материалы по применению данных (аддитивных) технологий в различных отраслях медицины, в том числе травматологии и ортопедии, а также результаты патентного поиска по данной проблематике.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многие авторы совершенно справедливо подчеркивают, что сравнение результатов хирургического лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, в том числе обусловленными оссификацией различного генеза, может считаться объективным, если анализируются данные одного клинического центра, где оперативное лечение выполняется по единой технологии (стандарты обследования и лечения, а также системные ошибки 1 рода) и одними и теми же специалистами [25, 26]. В связи с чем, в наибольшей степени для оценки среднесрочных и/или отдаленных результатов хирургического лечения контрактур (в том числе локтевого сустава) подходят обзоры и публикации данных о ретроспективных исследованиях и обзорные статьи по данной проблематике [24, 25, 26].

Так, по данным Y. Qian et al., в результате ретроспективного многомерного регрессионного логистического анализа отдаленных результатов лечения 461 пациента с контрактурами локтевого сустава было установлено, что в качестве факторов, провоцирующих развитие последующей тугоподвижности, могут выступать «увеличение времени иммобилизации» (как непосредственно после травмы, так и после оперативного вмешательства; $OR = 2,020$; $p = 0,014$), повторные оперативные вмешательства ($OR = 1,943$; $p = 0,026$), а также злоупотребление алкоголем ($OR = 3,082$; $p = 0,025$) [26]. Jack M. Haglin et al. также на основании анализа ретроспективных данных сообщили о результатах открытого оперативного лечения (артролиз) 103 пациентов с контрактурами локтевого сустава. При первичной операции до 85 % пациентов «продемонстрировали дугу сгибания/разгибания не менее 100° ». Однако дальнейшее наблюдение (19–24 мес.) показало, что по различным причинам до 93,2 % (!) от общей когорты случаев потребовало повторного оперативного лечения. Среди пациентов, оперированных по поводу наличия оссификатов, у 17 % был выявлен рецидив на основании данных рентгенологического исследования. В данном наблюдении, по сообщению авторов, у 10 пациентов помимо рецидива контрактуры возникли различные осложнения. При этом авторы отмечают, что «повторные операции не были редкостью», и наиболее частыми были вмешательства по типу невролиза локтевого нерва, а также «санация и установка дренажей по поводу послеоперационной инфекции». В заключение своего исследования авторы особо отмечают, что «пациенты должны быть предупреждены о том, что может произойти рецидив контрактуры и некоторым из них может потребоваться более одной операции для достижения функционального результата» [24].

C.A. Spitler et al. опубликовали результаты исследования, в котором проанализировали эффективность повторных оперативных вмешательств по поводу рецидивов контрактур локтевого сустава [27]. Стратификацию пациентов осуществляли по принципу длительности временного интервала между первичным и повторным оперативными вмешательствами. Пациенты, у которых интервал между операциями составил менее 3-х мес. (28 человек), составили группу «ранней манипуляции». Пациенты с повторным вмешательством позднее 3-х мес. (17 человек) вошли в группу «поздней манипуляции». Сравнительный анализ результатов по увеличению объема двигательной активности в исследуемых группах выявил наличие клинически значимой (разность увеличения средней дуги движений между группами составила $+38,5^\circ$ и $+3,1^\circ$ — в группах сравнения соответственно) и статистически достоверной разницы ($p \leq 0,001$) в пользу пациентов группы «раннего вмешательства». О подобных закономерностях лечения пациентов сообщают в своих работах и другие авторы [28]. В то же время авторы отмечают, что при операциях, выполненных в поздние сроки, клинически значимое увеличение амплитуды ($+10^\circ$ и более) выявлено менее чем в половине случаев. А примерно у 30 % пациентов (6 из 19) объем двигательной активности даже заметно снизился. При этом 4 пациентам потребовалось дополнитель-

ное оперативное лечение, а у 2 из них было выявлено развитие клинически значимой НО. На основании оценки отдаленных последствий собственных исследований и данных литературы авторы делают вывод о том, что пациенты с оссификацией (остеогенной и гетеротопической) от подобного хирургического лечения «вряд ли получают пользу» [29–33].

Помимо остеогенной оссификации, вызывающей инконгруэнтность суставных поверхностей и требующей выполнения моделирующей резекции, локтевой сустав подвержен и другим видам оссификации, таким как миозит оссифицирующий (МО) и НО [34]. Частота развития контрактур локтевого сустава при этих видах оссификации, по данным различных авторов, является весьма вариабельной, но все же составляет не менее 10 % при МО и около 7 % при НО [34–36]. При развитии контрактуры локтевого сустава вследствие оссифицирующих процессов арсенал лечебных методов значительно сокращается. Так, у данной целевой популяции пациентов не могут быть использованы консервативные методы, методы статического и динамического шинирования и «манипуляции под анестезией» — реддрессация [37]. В связи с чем, при наличии оссификации, пациентам с тугоподвижностью локтевого сустава практически всегда показано хирургическое лечение [34, 38, 39]. На основании анализа данных литературы R. Mittal делает заключение о том, что наилучшие результаты при лечении этой нозологии достигаются при выполнении операции в течение первого года после развития контрактуры, так как на более поздних сроках в патологический процесс увеличивается вклад внесуставных факторов (мышечная и сухожильная спастичность, снижение эластичности капсулы сустава вследствие развития хронического воспаления и т.д.) [34, 40, 41]. Таким образом, любой план оперативного лечения контрактуры локтевого сустава, в том числе обусловленной оссификацией, должен касаться всех присутствующих патологических структур и/или других факторов, способствующих потере подвижности вследствие рецидива заболевания или развития осложнений [24, 42–44].

Значение предоперационного планирования в улучшении тактики оперативного вмешательства и результатов лечения

Развитие остеофитов и обызвествления мягких тканей как факторы развития контрактур нередко ставят перед клиницистами сложные вопросы в плане диагностики, лечения, клинико-социальной реабилитации и дальнейшего прогноза течения заболевания [9, 23]. Наибольший интерес в этом отношении также представляет именно локтевой сустав, наиболее склонный к развитию подобных патологических состояний [6, 22]. Точное определение положения и размеров патологических костных структур в предоперационном периоде должно способствовать более рациональному планированию и, как следствие, выполнению оперативного вмешательства с минимальной хирургической агрессией, что в дальнейшем может способствовать достижению лучших результатов лечения [8, 45, 46]. В то же время большинство авторов в качестве основного инструментального обследования, которое используют как основу предоперационного планирования, считает достаточным выполнение стандартного рентгенологического исследования в нескольких проекциях. Тем не менее, зачастую, при двухмерном изображении определить точные размеры и расположение оссификатов не представляется возможным. При этом роль других высокотехнологичных инструментальных методов ограничивается простыми упоминаниями о том, что компьютерная томография (КТ) может помочь «визуализировать структуры сустава гораздо лучше», а магнитно-резонансная томография (МРТ) «редко требуется при обследовании тугоподвижности локтевого сустава» [34]. Буквально в единичных работах зарубежных авторов (J.J. Mellema et al.), посвященных хирургическому лечению контрактуры локтевого сустава, нам удалось найти отдельные упоминания о возможном использовании современных методов трехмерных реконструкций на основе КТ-изображений для более полной оценки состояния различных суставных и околосуставных структур [25]. Объективных результатов оперативного лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава в связи с улучшением тактики обследования при использовании современных компьютерных технологий в доступной литературе найти не удалось. В русскоязычной литературе большинство работ по данной тематике носит теоретический и/или дискуссионный характер [47–50]. Отдельные работы о применении аддитивных технологий в травматологии и ортопедии в основном затрагивают аспекты, касающиеся эндопротезирования [51, 52] или реабилитации пациентов [53]. В то же время большинство литературных данных свидетельствует о том, что не существует универсальной хирургической техники лечения контрактур локтевого сустава, в том числе обусловленных оссификацией [37, 43, 46, 54–56]. Учитывая склонность данного сустава к гиперпродукции и гетеротопии костной ткани, большинство авторов сходится во мнении, что все оперативные вмешательства необходимо проводить с минимальной хирургической агрессией [13, 24, 34]. Совершенно очевидно, что обычное рентгенологическое исследование и даже МСКТ пораженного сустава, рекомендованные в качестве стандартов предоперационного обследования пациентов, не дают полной картины распространенности и выраженности оссификации и других патологических состояний [7, 8, 25, 26, 45]. В связи с этим хирург во время выполнения операции вынужден принимать большинство решений непосредственно в операционной. Это значительно увеличивает время вмешательства, а также много-

численные риски (в том числе и способствующие развитию рецидива контрактуры), и явно противоречит концепции минимальной хирургической агрессии вмешательства, декларированной во многих работах по лечению контрактур локтевого сустава [7, 8, 20, 28, 34, 44, 45, 57, 58].

Анализ данных литературы, посвященной хирургическому лечению пациентов с контрактурами локтевого сустава, свидетельствует, что различные виды оссификаций, являющихся следствием заболеваний и травм, а также хирургических вмешательств, могут приводить к значительному нарушению функции локтевого сустава — контрактуре. В настоящее время хирургическое лечение пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией, до некоторой степени напоминает порочный круг. Сами по себе оперативные вмешательства (а, особенно, повторные) по удалению оссификатов (артроскопия, моделирующая резекция костных структур, иссечение очагов НО) являются в то же время одним из факторов, провоцирующих развитие оссификации. Высокая склонность локтевого сустава к развитию тугоподвижности обусловлена особенностями его анатомического строения. Наличие трех отдельных суставов в пределах одной капсулы, большое количество околосуставных нервных стволов, обилие уязвимых мягких тканей, необходимых для обеспечения стабильности сустава, и близость плечевой мышцы к передней капсуле предрасполагает сустав к развитию контрактуры даже при незначительном уровне альтерации.

Среди арсенала методов лечения контрактур локтевого сустава далеко не все могут быть использованы у пациентов с различными видами оссификаций. В то же время, по мнению ряда исследователей, в настоящий момент не имеется достаточного количества клинических данных, чтобы можно было рекомендовать какой-либо универсальный способ лечения контрактур, обусловленных оссификацией, даже из относительно небольшого арсенала хирургических методов. При выполнении оперативного вмешательства в относительно поздние сроки (более 3 мес. после развития контрактуры) даже интраоперационно не удастся добиться достаточного объема движений (около 4 %), а у части пациентов (около 30 %) объем движений в локтевом суставе после оперативного вмешательства даже снижается. У пациентов с контрактурами, обусловленными оссификацией, после выполнения оперативного лечения, примерно в 17 % случаев отмечается рецидив заболевания. Большинство работ акцентирует внимание на факте отсутствия единого протокола хирургического или комбинированного лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, в связи с чем, сопоставление результатов отдельных исследований является трудновыполнимой задачей. В работах, посвященных данной тематике, авторы не уделяют должного внимания проблеме предоперационного планирования и обследования пациентов с использованием новых методов визуализации. Рекомендации по данному вопросу обычно ограничиваются выполнением рентгенограмм (в стандартных проекциях) или МСКТ-исследований. Единичные работы содержат упоминания о возможности использования трехмерных реконструкций на основе КТ-изображений для более детальной оценки состояния различных суставных и околосуставных структур.

Аналитический обзор данных литературы по проблеме хирургического лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава позволяет сделать наиболее общие выводы о том, что:

- основным методом лечения контрактур локтевого сустава, обусловленных, в том числе, и оссификацией, является оперативное вмешательство, которое может быть выполнено с использованием артроскопической техники или открытого доступа;
- каждая из хирургических методик имеет свои преимущества и недостатки, поэтому в каждом конкретном случае вопрос о выборе тактики лечения должен решаться индивидуально;
- среднесрочные и отдаленные результаты свидетельствуют, что около половины пациентов отмечают значительное уменьшение диапазона движений в оперированном суставе ниже приемлемых значений;
- в силу особенностей анатомии и физиологии локтевого сустава значительное количество пациентов, оперированных по поводу контрактур, обусловленных оссификацией, могут нуждаться в повторных хирургических вмешательствах, однако ранние повторные и, особенно, отсроченные (позднее 3 мес.) оперативные вмешательства сами по себе рассматривают в качестве факторов риска развития рецидивов контрактуры локтевого сустава;
- оперативные вмешательства по поводу контрактуры локтевого сустава (особенно при наличии оссификации) должны быть выполнены с минимальной хирургической агрессией, так как само оперативное вмешательство в этом случае является фактором риска рецидивирования заболевания, так же как и увеличение времени иммобилизации (после травмы или операции);
- большинство авторов уделяет мало внимания проблеме предоперационного обследования пациентов, но, по данным ряда работ, применение аддитивных технологий в процессе обследования пациентов с контрактурами локтевого сустава, в том числе обусловленными оссификацией, способны

дать наиболее полную информацию о состоянии костных и других суставных и параартикулярных структур, на основе которой можно провести более детальное предоперационное планирование и выполнить оперативное вмешательство с минимальной хирургической агрессией и наибольшей эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Критический анализ литературы позволяет отметить, что авторы не уделяют должного внимания проблеме предоперационного инструментального обследования пациентов с использованием новых методов визуализации (3D-моделирования). По нашему мнению, вопросы предоперационного обследования и планирования на основании использования аддитивных технологий в оперативном лечении пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией, должны играть более значимую роль, чем та, которая была выявлена на основании анализа данных литературы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Капанджи А.И. *Физиология суставов*. 6-е изд. М.: Эксмо; 2009:368.
- An K, Zobitz ME, Morrey BF. Biomechanics of the elbow. In: Morrey BF, Sanchez-Sotelo J. (eds.) *The elbow and its disorders*. Philadelphia, PA: WB Saunders Publ.; 1993:39-66.
- Ратьев А.П., Скороглядов А.В., Коробушкин Г.В. и др. Отдаленные результаты лечения пациентов с переломо-вывихами костей предплечья. *Вестник РГМУ*. 2013;(3):26-30.
- Горшунев Д.Е., Королёв С.В. *Способ профилактики осложнений после операций на локтевом суставе*. Патент РФ на изобретение № 2288664. 10.12.2006. Бюлл. № 34. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. Ссылка активна на 16.01.2024.
- Jupiter JB. The management of nonunion and malunion of the distal humerus – a 30-year experience. *J Orthop Trauma*. 2008;22(10):742-750. doi: 10.1097/BOT.0b013e318188d634
- Солдатов Ю.П., Макушин В.Д., Чепелева М.В. Профилактика послеоперационной оссификации тканей локтевого сустава. *Гений ортопедии*. 2005;(3):11-14.
- Каралин А.Н., Овечкин Л.А., Лаврентьев А.В. и др. Посттравматические гетеротипические оссификации локтевого сустава. *Казанский медицинский журнал*. 2017;98(3):348-354. doi: 10.17750/KMJ2017-348
- Амбросенков А.В. *Артропластика локтевого сустава (резекционная и эндопротезирование различными конструкциями) при его повреждениях и заболеваниях: дис. ... канд. мед. наук*. СПб.; 2008:173. Доступно по: <https://medical-diss.com/docreader/246275/d#?page=1>. Ссылка активна на 16.01.2024.
- Жабин Г.И., Амбросенков А.В. *Гетеротипические оссификации локтевого сустава*. СПб.; 2012.
- Figgie HE 3rd, Inglis AE, Mow C. A critical analysis of alignment factors affecting functional outcome in total elbow arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1986;1(3):169-173. doi: 10.1016/s0883-5403(86)80027-4
- Lindenhovius AL, Doornberg JN, Brouwer KM, et al. A prospective randomized controlled trial of dynamic versus static progressive elbow splinting for posttraumatic elbow stiffness. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(8):694-700. doi: 10.2106/JBJS.J.01761
- Krishnan SG, Harkins DC, Pennington SD, et al. Arthroscopic ulnohumeral arthroplasty for degenerative arthritis of the elbow in patients under fifty years of age. *J Shoulder Elbow Surg*. 2007;16(4):443-448. doi: 10.1016/j.jse.2006.09.001
- Kodde IF, van Rijn J, van den Bekerom MP, Eygendaal D. Surgical treatment of post-traumatic elbow stiffness: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2013;22(4):574-580. doi: 10.1016/j.jse.2012.11.010
- Collinge CA, Hymes R, Archdeacon M, et al. Unstable Proximal Femur Fractures Treated With Proximal Femoral Locking Plates: A Retrospective, Multicenter Study of 111 Cases. *J Orthop Trauma*. 2016;30(9):489-495. doi: 10.1097/BOT.0000000000000602
- Роскидайло А.А. *Функциональный статус и качество жизни больных ревматоидным артритом после хирургического лечения локтевого сустава: автореф. дис. ... канд. мед. наук*. М.; 2013:28. Доступно по: <https://www.disscat.com/content/funksionalnyi-status-i-kachestvo-zhizni-bolnykh-revmatoidnym-artritom-posle-khirurgicheskog/read>. Ссылка активна на 16.01.2024.
- Салихов М.Р., Кузнецов И.А., Шулепов Д.А. и др. Перспективы артроскопической хирургии при лечении заболеваний локтевого сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2016;(4):66-73.
- Ring D, Adey L, Zurakowski D, Jupiter JB. Elbow capsulectomy for posttraumatic elbow stiffness. *J Hand Surg Am*. 2006;31(8):1264-1271. doi: 10.1016/j.jhsa.2006.06.009
- Larson AN, Morrey BF. Interposition arthroplasty with an Achilles tendon allograft as a salvage procedure for the elbow. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(12):2714-2723. doi: 10.2106/JBJS.G.00768
- Калантырская В.А., Ключевский В.В., Перова В.А., Пискун М.С. Предупреждение контрактур при лечении повреждений локтевого сустава. *Клинические аспекты травматологии и ортопедии*. 2015;(2):44-58.
- Богданов А.В. Особенности рентгенодиагностики и классификации повреждений головки мыщелка плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2006;2(40):46-48.
- Saati AZ, McKee MD. Fracture-dislocation of the elbow: diagnosis, treatment, and prognosis. *Hand Clin*. 2004;20(4):405-414. doi: 10.1016/j.hcl.2004.06.005
- Baldwin K, Hosalkar HS, Donegan DJ, et al. Surgical resection of heterotopic bone about the elbow: an institutional experience with traumatic and neurologic etiologies. *J Hand Surg Am*. 2011;36(5):798-803. doi: 10.1016/j.jhsa.2011.01.015
- Cohen MS. Heterotopic Ossification of the Elbow. In: Jupiter JB. (ed.) *The Stiff Elbow*. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2006:31-40.
- Haglin JM, Kugelman DN, Christiano A, et al. Open surgical elbow contracture release after trauma: results and recommendations. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018;27(3):418-426. doi: 10.1016/j.jse.2017.10.023

25. Mellema JJ, Lindenhovius AL, Jupiter JB. The posttraumatic stiff elbow: an update. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2016;9(2):190-198. doi: 10.1007/s12178-016-9336-9
26. Qian Y, Yu S, Shi Y, et al. Risk Factors for the Occurrence and Progression of Posttraumatic Elbow Stiffness: A Case-Control Study of 688 Cases. *Front Med (Lausanne).* 2020;7:604056. doi: 10.3389/fmed.2020.604056
27. Spitler CA, Doty DH, Johnson MD, et al. Manipulation Under Anesthesia as a Treatment of Posttraumatic Elbow Stiffness. *J Orthop Trauma.* 2018;32(8):e304-e308. doi: 10.1097/BOT.0000000000001222
28. Araghi A, Celli A, Adams R, Morrey B. The outcome of examination (manipulation) under anesthesia on the stiff elbow after surgical contracture release. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(2):202-208. doi: 10.1016/j.jse.2009.07.060
29. King GJ, Faber KJ. Posttraumatic elbow stiffness. *Orthop Clin North Am.* 2000;31(1):129-43. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70133-4
30. Charalambous CP, Morrey BF. Posttraumatic elbow stiffness. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(15):1428-1437. doi: 10.2106/JBJS.K.00711
31. Lindenhovius AL, Jupiter JB. The posttraumatic stiff elbow: a review of the literature. *J Hand Surg Am.* 2007;32(10):1605-1623. doi: 10.1016/j.jhsa.2007.09.015
32. Issa K, Banerjee S, Kester MA, et al. The effect of timing of manipulation under anesthesia to improve range of motion and functional outcomes following total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(16):1349-1357. doi: 10.2106/JBJS.M.00899
33. Cheung EV, Sarkissian EJ. Complications of Elbow Trauma. *Hand Clin.* 2015;31(4):683-691. doi: 10.1016/j.hcl.2015.06.012
34. Mittal R. Posttraumatic stiff elbow. *Indian J Orthop.* 2017;51(1):4-13. doi: 10.4103/0019-5413.197514
35. Evans PJ, Nandi S, Maschke S, et al. Prevention and treatment of elbow stiffness. *J Hand Surg Am.* 2009;34(4):769-778. doi: 10.1016/j.jhsa.2009.02.020
36. Bauer AS, Lawson BK, Bliss RL, Dyer GS. Risk factors for posttraumatic heterotopic ossification of the elbow: case-control study. *J Hand Surg Am.* 2012;37(7):1422-1429.e1-6. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.03.013
37. Lindenhovius AL, Linzel DS, Doornberg JN, et al. Comparison of elbow contracture release in elbows with and without heterotopic ossification restricting motion. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007;16(5):621-625. doi: 10.1016/j.jse.2007.01.005
38. Everding NG, Maschke SD, Hoyer HA, Evans PJ. Prevention and treatment of elbow stiffness: a 5-year update. *J Hand Surg Am.* 2013;38(12):2496-2507; quiz 2507. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.06.007
39. Müller AM, Sadoghi P, Lucas R, et al. Effectiveness of bracing in the treatment of nonosseous restriction of elbow mobility: a systematic review and meta-analysis of 13 studies. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(8):1146-1152. doi: 10.1016/j.jse.2013.04.003
40. Hildebrand KA. Posttraumatic elbow joint contractures: defining pathologic capsular mechanisms and potential future treatment paradigms. *J Hand Surg Am.* 2013;38(11):2227-2233. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.07.031
41. Mattyasovszky SG, Hofmann A, Brochhausen C, et al. The effect of the pro-inflammatory cytokine tumor necrosis factor- α on human joint capsule myofibroblasts. *Arthritis Res Ther.* 2010;12(1):R4. doi: 10.1186/ar2902
42. Hausman MR, Lang P. Examination of the elbow: current concepts. *J Hand Surg Am.* 2014;39(12):2534-2541. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.04.028
43. O'Driscoll SW. Clinical assessment and open and arthroscopic surgical treatment of the stiff elbow. In Jupiter JB. (ed.) *The Stiff Elbow.* Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2006:9-19.
44. Gelinas JJ, Faber KJ, Patterson SD, King GJ. The effectiveness of turnbuckle splinting for elbow contractures. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(1):74-8. doi: 10.1302/0301-620x.82b1.9792
45. Слободской А.Б., Прохоренко В.М., Бадак И.С. и др. Ближайшие и среднесрочные результаты артропластики суставов верхней конечности. *Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и здоровье.* 2012;(3-4):67-74.
46. Lindenhovius AL, Doornberg JN, Ring D, Jupiter JB. Health status after open elbow contracture release. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(12):2187-2195. doi: 10.2106/JBJS.H.01594
47. Алехнович А.В., Фокин Ю.Н., Есипов А.А. Состояние и перспективы развития аддитивных технологий в военных лечебно-профилактических учреждениях. *Госпитальная медицина: наука и практика.* 2019;1(2):62-64.
48. Внук В.В., Ипполитов Е.В., Новиков М.М., Чербыло С.А. Применение систем автоматизированного проектирования и аддитивных технологий в восстановительной хирургии. *Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению «ГрафиКон».* 2019;(29):176-180. Доступно по: <https://www.graphicon.ru/conference/2019/proceedings>. Ссылка активна на 16.01.2024.
49. Малаев И.А., Пивовар М.Л. Аддитивные технологии: применение в медицине и фармации. *Вестник фармации.* 2019;(2):98-107.
50. Приходько А.А., Виноградов К.А., Вахрушев С.Г. Меры по развитию медицинских аддитивных технологий в Российской Федерации. *Медицинские технологии. Оценка и выбор.* 2019;(2):10-15. doi: 10.31556/2219-0678.2019.36.2.010-015
51. Нестеренко Т.С. Полимеры и 3D-печать в ортопедии. *Интеллектуальный и научный потенциал XXI века. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 22 мая 2017, Волгоград.* (Ч. 4). Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС; 2017:111-116. Доступно по: <https://os-russia.com/SBORNIKI/KON-168-4.pdf>. Ссылка активна на 16.01.2024.
52. Ширшин А.В., Кушнарев С.В., Макаров Д.А. Опыт применения аддитивных технологий в военно-медицинской академии имени С.М. Кирова. *Состояние и перспективы развития современной науки по направлению. Сборник статей II Всероссийской научно-технической конференции.* Анапа; 2020:66-71. Доступно по: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43862301_98225381.pdf. Ссылка активна на 16.01.2024.
53. Ханов А.М., Кобитянский А.Е., Белокрылов Н.М. и др. Синтез и проектирование устройства для реабилитации локтевого сустава. *Вестник ПНИПУ.* 2013;(2):98-104.
54. Charalambous CP, Morrey BF. Posttraumatic elbow stiffness. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(15):1428-1437. doi: 10.2106/JBJS.K.00711
55. Morrey BF, An K. Functional evaluation of the elbow. In: Morrey BF, Sanchez-Sotelo J. (eds.) *The elbow and its disorders.* Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier Publ.; 2009:80-91.

56. Duke JB, Tessler RH, Dell PC. Manipulation of the stiff elbow with patient under anesthesia. *J Hand Surg Am.* 1991;16(1):19-24. doi: 10.1016/s0363-5023(10)80005-x
57. Sun C, Zhou X, Yao C, et al. The timing of open surgical release of post-traumatic elbow stiffness: A systematic review. *Medicine* (Baltimore). 2017;96(49):e9121. doi: 10.1097/MD.00000000000009121
58. Morrey BF. The posttraumatic stiff elbow. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;(431):26-35.

Статья поступила 04.09.2023; одобрена после рецензирования 19.12.2023; принята к публикации 21.02.2024.

The article was submitted 04.09.2023; approved after reviewing 19.12.2023; accepted for publication 21.02.2024.

Информация об авторах:

Ирина Сергеевна Петленко — аспирант, врач травматолог-ортопед, Petlenko1995@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3600-3583>;

Игорь Иванович Шубняков — доктор медицинских наук, врач травматолог-ортопед, заместитель директора, профессор кафедры, shubnyakov@mail.ru;

Светлана Юрьевна Федюнина — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, fedyuninasyu@yandex.ru;

Алимурад Газиевич Алиев — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, alievag@yandex.ru;

Станислав Сергеевич Билык — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, bss0413@gmail.com;

Михаил Владимирович Рябинин — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, заведующий отделением, ryabininmv@mail.ru.

Information about the authors:

Irina S. Petlenko — postgraduate student, traumatologist-orthopedist, Petlenko1995@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3600-3583>;

Igor I. Shubnyakov — Doctor of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist, Deputy Director, Professor of the Department, shubnyakov@mail.ru;

Svetlana Yu. Fedyunina — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist, fedyuninasyu@yandex.ru;

Alimurad G. Aliyev — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist, alievag@yandex.ru;

Stanislav S. Bilyk — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist, bss0413@gmail.com;

Mikhail V. Ryabinin — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist, Head of Department, ryabininmv@mail.ru.

Обзорная статья

УДК 616.711.6/.7-009.7-053.2(048.8)

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-282-291>



Переходные пояснично-крестцовые позвонки у детей и подростков (обзор литературы, иллюстрированный собственными клиническими наблюдениями)

Е.Г. Скрыбин^{1✉}, А.Ю. Кривцов², О.А. Кичерова¹, И.Н. Клоков², П.Б. Зотов¹, М.А. Аксельров^{1,2}

¹ Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

² Областная клиническая больница № 2, Тюмень, Россия

Автор, ответственный за переписку: Евгений Геннадьевич Скрыбин, skryabineg@mail.ru

Аннотация

Актуальность. Анализ медицинской литературы, посвящённой различным аспектам переходных пояснично-крестцовых позвонков, показывает крайне ограниченное количество публикаций, освещающих течение этого заболевания в детской и подростковой популяции.

Цель работы — на основании анализа современной медицинской литературы рассмотреть вопросы эпидемиологии, диагностики, лечения и профилактики переходных пояснично-крестцовых позвонков у пациентов детского и подросткового возраста, проиллюстрировав материал собственными клиническими наблюдениями.

Материалы и методы. Поиск научных источников осуществлен в поисковой системе PubMed и электронной библиотеке КиберЛенинка. Для анализа отобрано 75 публикаций, вышедших в свет в период с 1984 по 2023 год, отечественных литературных источников — 7 (9,3 %), иностранных — 68 (90,7 %).

Результаты и обсуждение. Частота общепопуляционной встречаемости переходных позвонков у детей и подростков, по данным литературных источников, составляет 16,8 %. В структуре переходных позвонков у детей преобладает II тип заболевания по классификации АЕ. Castellvi — 43,2 % случаев. Основным клиническим симптомом патологии является боль пояснично-крестцовой локализации, интенсивность которой по визуальной аналоговой шкале у детей соответствует в среднем 3,0 баллам. У взрослых пациентов с аналогичной патологией средняя интенсивность боли по той же самой шкале составляет 7,5 балла. Наиболее информативным методом диагностики заболевания является компьютерная томография, позволяющая получить как изображения в 3D-формате, так и срезы на уровне псевдоартроза между увеличенным в размерах поперечным отростком (или отростками) надкрестцового позвонка и крылом крестца. С целью купирования боли у детей с переходными позвонками используют как консервативные, так и оперативные методы. Наиболее часто применяемой операцией является псевдоартрэктомия. Изучение отдаленных результатов через год после проведенного вмешательства позволяет у всех оперированных детей зарегистрировать отсутствие боли. Меры профилактики переходных пояснично-крестцовых позвонков не разработаны.

Заключение. Анализ опубликованных литературных источников свидетельствует о том, что переходные позвонки являются часто диагностируемой патологией у детей и подростков. Современные методы лучевой визуализации позволяют точно устанавливать не только наличие заболевания, но и дифференцировать его тип. Основным клиническим симптомом переходных позвонков является боль пояснично-крестцовой локализации, трудно купирующаяся консервативными методами терапии. Из оперативных методов лечения у детей и подростков чаще других применяется псевдоартрэктомия, позволяющая достичь стойкого купирования вертеброгенного болевого синдрома. Меры специфической профилактики заболевания не разработаны.

Ключевые слова: дети и подростки, переходные пояснично-крестцовые позвонки, псевдоартроз, поясничная боль, диагностика, лечение, псевдоартрэктомия, купирование боли, отдаленный результат лечения, обзор литературы

Для цитирования: Скрыбин Е.Г., Кривцов А.Ю., Кичерова О.А., Клоков И.Н., Зотов П.Б., Аксельров М.А. Переходные пояснично-крестцовые позвонки у детей и подростков (обзор литературы, иллюстрированный собственными клиническими наблюдениями). *Гений ортопедии*. 2024;30(2):282-291. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-282-291. EDN: ZXIXOK.

© Скрыбин Е.Г., Кривцов А.Ю., Кичерова О.А., Клоков И.Н., Зотов П.Б., Аксельров М.А., 2024



Lumbosacral transitional vertebrae in children and adolescents (literature review, illustrated with clinical observations)

E.G. Skryabin¹✉, A.Yu. Krivtsov², O.A. Kicherova¹, I.N. Klovov², P.B. Zotov¹, M.A. Akselrov^{1,2}

¹ Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

² Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russian Federation

Corresponding author: Evgeniy G. Skryabin, skryabineg@mail.ru

Abstract

Introduction An analysis of the medical literature devoted to various aspects of transitional lumbosacral vertebrae shows that there are very few publications covering the course of this disease in the pediatric and adolescent population.

Aim To study the issues of epidemiology, diagnosis, treatment and prevention of transitional lumbosacral vertebrae in paediatric and adolescent patients based on the analysis of current medical literature and illustrate the material with our own clinical observations.

Material and methods To analyze the literature on the topic, 75 papers published between 1984 and 2023 were selected. Among them, there were 7 (9.3 %) domestic literary sources, 68 (90.7 %) were foreign. In the process of searching for scientific articles, the resources of the electronic databases of current medical information PubMed and CyberLeninka were used.

Results and discussion The incidence of transitional vertebrae in children and adolescents is 16.8 % of clinical observations, as reported. In the structure of the transitional vertebrae in children, type II of the disease predominates according to the classification Castellvi et al (1984), 43.2 % of cases. The main clinical symptom of the pathology is pain of lumbosacral location, the intensity of which on the visual analog scale in children corresponds to an average of 3.0 points. In adult patients with similar pathology, the average pain intensity measured with the same scale is 7.5 points. The most informative method for diagnosing the disease is computed tomography, which allows obtaining both 3D images and sections at the level of pseudarthrosis between the enlarged transverse process (or processes) of the suprasacral vertebra and the wing of the sacrum. To relieve pain in children with transitional vertebrae, both conservative and surgical methods are used. The most commonly used procedure is pseudarthrectomy. The study of long-term results one year after the intervention allowed us to record the absence of pain in children who underwent surgery. Prevention measures for transitional lumbosacral vertebrae have not been developed.

Conclusion The analysis of the published literature shows that transitional vertebrae are a frequently diagnosed pathology in children and adolescents. Current methods of imaging are able to accurately detect not only the presence of the disease, but also to differentiate its type. The main clinical symptom of transitional vertebrae is pain in the lumbosacral spine which is difficult to relieve with conservative therapy. Pseudarthrectomy is the most frequent surgical method of treatment in children and adolescents that provides stable relief of vertebrogenic pain syndrome. Measures for specific prevention of the disease have not been developed.

Keywords: children, adolescents, lumbosacral transitional vertebrae, pseudoarthrosis, lumbar pain, diagnosis, treatment, pseudoarthrectomy, pain relief, long-term result, literature review

For citation: Skryabin EG, Krivtsov AYu, Kicherova OA, Klovov IN, Zotov PB, Akselrov MA. Lumbosacral transitional vertebrae in children and adolescents (literature review, illustrated with clinical observations). *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):282-291. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-282-291

ВВЕДЕНИЕ

Переходные пояснично-крестцовые позвонки в форме сакрализации LV и люмбализации SI относят к врождённой патологии, обусловленной мутацией гена Нох на 4-ой неделе внутриутробного развития плода [1]. Частота диагностики патологии может достигать 46 % клинических наблюдений [2] и зависит от того, какие категории пациентов подвергаются обследованию, какие методы лучевой визуализации при этом применяются и как интерпретируются полученные результаты [3, 4].

Анализ современной научной литературы, посвящённой различным аспектам переходных пояснично-крестцовых позвонков, показывает крайне малое количество публикаций, освещающих течение сакрализации и люмбализации в детской и подростковой популяции [5]. Этот факт является трудно объяснимым, учитывая врождённый характер заболевания, а значит, высокую вероятность манифестации клинических и лучевых симптомов патологии у растущих пациентов [6].

Цель работы — на основании анализа современной медицинской литературы рассмотреть вопросы эпидемиологии, диагностики, лечения и профилактики переходных пояснично-крестцовых позвонков у пациентов детского и подросткового возраста, проиллюстрировав материал собственными клиническими наблюдениями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск научных источников осуществлен в поисковой системе PubMed и электронной библиотеке КиберЛенинка за период с 1984 по 2023 гг. В ходе исследования использованы следующие поисковые слова на русском и английском языках: переходные пояснично-крестцовые позвонки (lumbosacral transitional vertebra), детский и подростковый возраст (childhood and adolescence), частота встречаемости патологии (incidence of pathology), интенсивность вертеброгенного болевого синдрома (intensity of vertebrogenic pain syndrome), компьютерная томография (computed tomography), консервативная терапия (conservative therapy), оперативные методы лечения (operative methods of treatment), отдалённые результаты лечения (long-term treatment results), профилактика (prevention).

Критерии включения научных публикаций в исследование:

- полнотекстовые научные статьи, в которых представлены основополагающие сведения о переходных пояснично-крестцовых позвонках (этиология, классификация);
- полнотекстовые научные публикации, в которых приводится современная информация о течении переходных позвонков (клиническая симптоматика, вопросы лучевой диагностики, консервативных и оперативных методов лечения, отделённые результаты проводимой терапии) у пациентов детского и подросткового возраста;
- полнотекстовые научные работы, в которых изложены результаты моноцентровых когортных наблюдений и исследований «случай-контроль», иллюстрирующих конкретные клинические наблюдения детей и подростков, испытывающих болевой синдром, обусловленный переходными пояснично-крестцовыми позвонками.

Критерии не включения: тезисы научно-практических конференций, а также научные статьи, в которых отсутствует информация о том, что клиническим материалом для проведения исследования явились дети и подростки с переходными позвонками пояснично-крестцовой локализации.

В общей сложности для написания обзора литературы было отобрано 75 публикаций, из них отечественных источников — 7 (9,3 %), иностранных — 68 (90,7 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ представленных сведений показывает, что минимальная частота изучаемой патологии составляет 6,1 % клинических наблюдений [7], максимальная — 30,0 % случаев [8], составив, в среднем, 16,8 % (табл. 1).

Общепопуляционная частота диагностики переходных позвонков, установленная на основании методов клинического обследования и лучевой визуализации пациентов всех возрастов, находится в широком диапазоне — от 4 до 30 % [9], составив, в среднем, всё те же самые 16 % случаев [10].

Основным клиническим симптомом заболевания являются боли пояснично-крестцовой локализации [11]. Дебют боли, как правило, приходится на возраст старше 30 лет [12]. Причиной боли чаще всего служат дегенеративные процессы в межпозвонковых дисках и дугоотростчатых суставах, расположенных выше относительно аномального позвоночно-двигательного сегмента [13–15]. У детей и подростков, в силу анатомо-физиологических особенностей позвоночника, дегенерация дисков и суставов выражена минимально, либо отсутствует вовсе, именно поэтому, даже имея лучевые симптомы пере-

ходных позвонков, они не жалуются на боль [7], либо болевой синдром у них выражен незначительно и редко превышает 3 балла по визуальной аналоговой шкале [16]. В то же самое время у взрослых пациентов интенсивность поясничной боли по аналогичной шкале составляет, в среднем, 7,5 балла [17].

Важной клинической характеристикой боли у подростков с переходными пояснично-крестцовыми позвонками является её точечная локализация в проекции псевдоартроза или конкреценции между увеличенным в размерах поперечным отростком позвонка L_4 и крылом крестца с одной или с обеих сторон, в зависимости от типа патологии [7]. Пациент, по просьбе врача, проводящего клиническую диагностику, может установить один из своих пальцев в указанную точку (на 1 см ниже и медиальнее задней верхней подвздошной ости), локализуя боль и, если это произойдет, то данный факт необходимо расценивать как положительный «пальцевой тест Fortin'a» [18], присущий переходным позвонкам [19].

У подростков боль из пояснично-крестцового отдела позвоночника может иррадиировать в ягодицу и дистальнее по нижней конечности, достигая уровня стопы [20]. Причиной такой боли является дегенеративное поражение межпозвонкового диска, вплоть до стадии секвестрации, обычно расположенного тотчас выше относительно аномального [21]. Частота диагностики переходных позвонков у пациентов детского возраста с грыжами межпозвонковых дисков может достигать 30 % случаев [8].

Ряд авторов описывает случаи, когда боль у пациентов локализуется не в зоне псевдоартроза, а в проекции межпозвонкового сустава с контралатеральной стороны, тотчас выше аномального позвоночно-двигательного сегмента [22]. Подобную клиническую ситуацию представляют в своей статье J.S. Brault et al., демонстрируя возможность локализации боли с противоположной стороны у 17-летней спортсменки [23].

Из всех заболеваний позвоночника детского возраста наиболее детально изучена многоплоскостная сколиотическая деформация (рис. 1), протекающая и нередко прогрессирующая на фоне переходных позвонков [24, 25].

Частота коморбидности этих двух нозологических форм вертеброгенной патологии составляет от 6,3 [26] до 25,1 % [27] клинических наблюдений. Пол и возраст пациентов, а также тип имеющихся у них деформаций, как правило, не коррелирует с известными подтипами переходных позвонков [28, 29]. Вместе с тем, опубликованы и противоположные мнения. Так, T.S. Can et al. приводят данные о том, что среди 125 детей с сакрализацией позвонка L_5 66 (52,8 %) человек имели сколиотическую деформацию позвоночника, при этом случаи односторонней сакрализации, в отличие от двухсторонней, у девочек подросткового возраста чаще сопровождались искривлением позвоночника [30]. У детей с генетическим синдромом Williams — Beuren, одним из проявлений которого является сколиоз, частота диагностики переходных позвонков составляет 57 % клинических наблюдений [31], что в несколько раз превышает известную общепопуляционную коморбидность [27, 32].

Особенностям лечебной тактики у детей со сколиозом, протекающим на фоне переходных позвонков, в медицинской литературе посвящено лишь несколько публикаций. Так, Z. Hu et al. в своей статье предостерегают коллег от выполнения операций не на том уровне. Связанно это с неверной нумерацией позвонков, что часто встречается в клинической практике [33]. C.S. Lee et al. рекомендуют протяжённость зоны спондилодеза в дистальных отделах у пациентов со сколиозом и переходными позвонками ограничивать позвонком L_{III} [28]. I. Yamauchi et al., проанализировавшие 5-летние результаты оперативной коррекции сколиоза 5 типа по классификации Lenke у 15 детей, имевших пояснично-крестцовые позвонки, установили, что на всех этапах изучения отдалённых результатов (через 2 недели, через 2 года и через 5 лет после операции) угол наклона позвонка LIV кпереди превышал в среднем на 3° показатели пациентов контрольной группы, не имевших аномалий [34].

Не менее тяжёлой формой вертеброгенной патологии у пациентов детского возраста является спондилолиз межсуставной части дуг и спондилолизный спондилолистез нижних поясничных позвонков [35]. Переходные пояснично-крестцовые позвонки у детей и подростков с этими тяжёлыми заболеваниями диагностируют в 14,7 % случаев (рис. 2).



Рис. 1. Компьютерная томограмма поясничного отдела позвоночника и крестца пациентки Ш., 15 лет. Компенсаторная левосторонняя поясничная дуга искривления. Переходный (люмбализированный) пояснично-крестцовый позвонок, тип II, подтип «b» (собственное клиническое наблюдение)

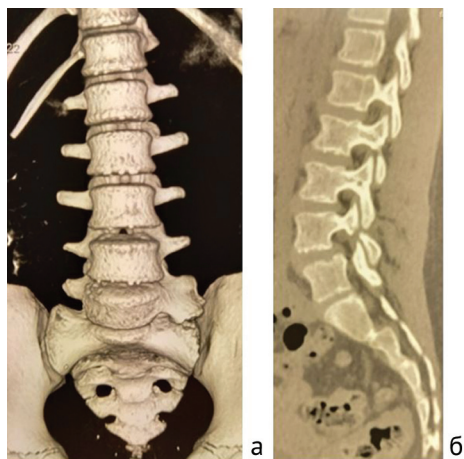


Рис. 2. Компьютерные томограммы поясничного отдела позвоночника и крестца пациентки Д., 11 лет. Переходный (сакрализированный) пояснично-крестцовый позвонок, тип II, подтип «а». Аплазия левого поперечного отростка позвонка Th_{xii}, XII ребра слева (а). Спондилолиз межсуставной части дуги позвонка L_{iv}. Спондилолистез позвонка L_{iv} I степени тяжести (б), собственное клиническое наблюдение

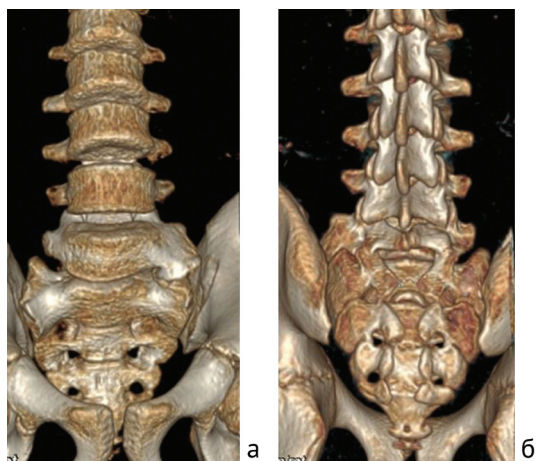


Рис. 3. Компьютерные томограммы поясничного отдела позвоночника и крестца пациента М., 13 лет. Переходный (люмбализированный) пояснично-крестцовый позвонок, тип II, подтип «а», вид спереди (а). Незаращение задней части дуги переходного позвонка, незаращение крестцового канала (б), собственное клиническое наблюдение

диагностики авторы применили магнитно-резонансную томографию [16]. С целью купирования боли в поясничном отделе и нижней конечности М. Kundi et al. использовали препарат «габаптен» в дозировке 100 мг трижды в сутки. Результатом консервативной терапии явилось купирование боли у пациентов с исходных 8 до итоговых 4 баллов по визуальной аналоговой шкале [42].

Известно, что в структуре переходных пояснично-крестцовых позвонков выделяют четыре типа, при этом первых три имеют подтипы «а» и «б» [44]. В детской и подростковой популяции преобладает II тип, при этом подтипы «а» и «б» встречаются практически с одинаковой частотой и характеризуются наличием зоны псевдоартроза между увеличенным в размерах поперечным отростком надкрестцового позвонка и крылом крестца с одной (при подтипе «а») или с обеих (при подтипе «б») сторон (рис. 4).

В современных медицинских публикациях частота диагностики переходных пояснично-крестцовых позвонков у пациентов детского и подросткового возраста изложена в 10 научных статьях на основании 3663 наблюдений (табл. 1).

Такой показатель частоты встречаемости сакрализации и люмбализации был установлен в ходе комплексной лучевой диагностики у 109 детей в возрасте 3–17 лет со спондилолизным спондилолистезом L_{iv} и L_v позвонков I–IV степени тяжести и спондилоптозом [36].

Х. Yao et al. уверены в том, что повышенная стабильность (в статье авторов использован термин «increased stability») между сакрализированным позвонком L_v и крестцом приводит к чрезмерной подвижности на уровне позвоночно-двигательного сегмента L_{iv}–L_v, что предполагает избыточную нагрузку на межсуставную часть дуги позвонка L_{iv}, а значит является фактором высокой степени риска развития спондилолиза позвонка. Эти авторы диагностировали лучевые симптомы переходных позвонков в группе из 102 пациентов различного возраста со спондилолизом позвонка L_{iv} в 36 % клинических наблюдений [37].

Незаращение задней части дуг позвонков (spina bifida posterior) является одной из наиболее часто диагностируемых аномалий развития пояснично-крестцовой локализации [38]. У детей и подростков с переходными пояснично-крестцовыми позвонками посредством лучевой визуализации незаращение дуг выявляют с частотой от 22,7 (при люмбализации) до 27,3 % (при сакрализации) случаев [39] (рис. 3).

Основным клиническим симптомом коморбидного течения этих аномалий у детей является болевой синдром [40, 41], выраженность которого по визуальной аналоговой шкале обычно соответствует 3 баллам [16], но в редких случаях может достигать и 8-балльного значения [42]. Взаимоотягивающее влияние переходных позвонков и spina bifida posterior является фактором высокой степени риска формирования дегенерации межпозвонковых дисков, вплоть до стадии их секвестрации [43]. Так, G. Milicic et al. в группе из 65 детей, имевших переходные позвонки и незаращение задней части дуг позвонков, в 56 (86,1 %) клинических наблюдениях установили наличие патологии дисков и расценили их как причину поясничной боли. В процессе

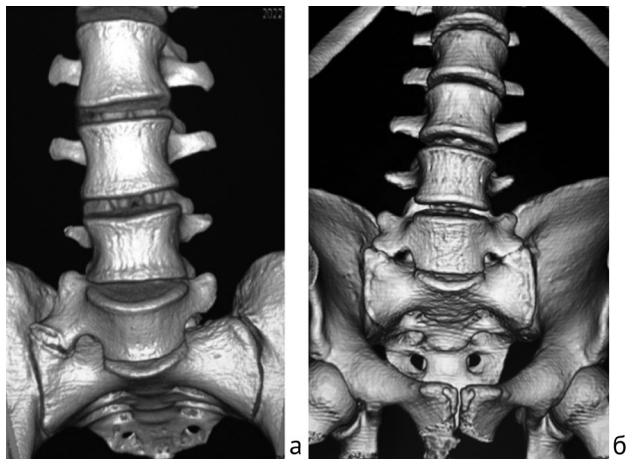


Рис. 4. Компьютерные томограммы поясничного отдела позвоночника и крестца 17-летних пациентов. Переходные (сакрализованные) пояснично-крестцовые позвонки, тип II, подтип «а» (а) и тип II, подтип «б» (б), собственное клиническое наблюдение

Таблица 1

Литературные сведения о частоте диагностики переходных пояснично-крестцовых позвонков у детей и подростков

Авторы, страна, год, источник	Тип исследования	Количество обследованных пациентов	Характер патологии	Частота диагностики патологии, %
Е.Г. Скрябин с соавт., Россия, 2023 [7]	моноцентровое когортное	312	травма поясничного отдела позвоночника	6,1
B. Zhang et al., Китай, 2017 [8]	случай-контроль	80	грыжа межпозвонковых дисков	30,0
		92	без жалоб	7,0
D.A. Ibrahim et al., США, 2013 [26]	моноцентровое когортное	364	идиопатический сколиоз	10,4
C.K. Chiu et al., Малайзия, 2023 [27]	моноцентровое когортное	998	идиопатический сколиоз	25,1
C.S. Lee et al., Южная Корея, 2017 [28]	моноцентровое когортное	385	идиопатический сколиоз	12,2
B. Garg et al., Индия, 2021 [29]	моноцентровое когортное	198	идиопатический сколиоз	18,2
Z. Hu et al., Китай, 2016 [33]	моноцентровое когортное	657	идиопатический сколиоз	10,6
I. Yamauchi et al., Япония, 2023 [34]	моноцентровое когортное	61	идиопатический сколиоз	24,5
O.G. Illeez et al., Турция, 2022 [43]	моноцентровое когортное	400	боль в нижней части спины	16,8
J.M. Gennari et al., Франция, 2015 [45]	случай-контроль	116	боль в нижней части спины	6,9
Итого		3663		16,78

Мы проанализировали научные статьи 17 авторских коллективов, в которых представлены сведения о частоте диагностики известных типов переходных позвонков у пациентов различного возраста [4, 10, 37, 43, 46–58]. Оказалось, что суммарно в их структуре на долю II типа патологии приходится 43,2 % клинических наблюдений, в то время как I, III и IV типы заболевания встречаются с частотой 32,2, 18,0 и 6,6 % случаев. Детализация патологии по подтипам заболевания показала преобладание форм, относящихся к разновидности IIa с частотой 26,9 %, к разновидности IIb — с частотой 25,9 % клинических наблюдений [43, 50, 55].

Наиболее информативным методом лучевой визуализации переходных позвонков в детской популяции является компьютерная томография, позволяющая получить изображения как в 3D-формате, так и срезы на уровне псевдоартроза между увеличенным в размерах поперечным отростком (или отростками) надкрестцового позвонка и крылом крестца [59]. Представленные выше наши собственные клинические наблюдения (рис. 1–4) в полной мере иллюстрируют сказанное.

С целью купирования боли у пациентов с переходными позвонками, в том числе и детского возраста, используют как консервативные (медикаментозные средства, физиотерапевтические процедуры), так и оперативные (псевдоартрэктомия, радиочастотная абляция, малоинвазивные вмешательства, межтеловой спондилодез) методы [6, 60–66].

Нередко положительный кратковременный эффект от консервативной терапии, особенно в случае применения медикаментозных лечебных блокад, рассматривают как показание для оперативного вмешательства [67]. Среди оперативных методик у пациентов детского возраста наиболее широко применяют метод псевдоартрэктомии [68]. Суть метода состоит в рассечении основания поперечного отростка переходного позвонка высокоскоростной дрелью, что приводит к снижению механического напряжения в зоне псевдоартроза [69].

Изучая научные статьи, посвящённые применению псевдоартрэктомии в клинической практике, мы обнаружили четыре публикации, в которых приведены примеры использования этого метода лечения у пациентов детского и подросткового возраста (табл. 2). Во всех четырех публикациях показателями эффективности проведённой псевдоартрэктомии являлось купирование боли, проводимой консервативной терапией — кратковременный лечебный эффект.

Таблица 2

Научные публикации, в которых представлены сведения о применении метода псевдоартрэктомии в лечении боли, обусловленной переходными пояснично-крестцовыми позвонками у детей и подростков

Авторы, страна, год, источник	Вид исследования	Характеристика пациентов			Длительность болевого синдрома до операции	Длительность наблюдения
		кол-во	пол	возраст, лет		
G. Sumarriva et al., США, 2022 [62]	многоцентровое когортное	1	м	17	2 года	4 года
H. Babu et al., США, 2017 [70]	моноцентровое когортное	1	ж	17	4 года	1 год
C. Cuenca et al., 2019, Франция [71]	моноцентровое когортное	1	м	13	4 года	1 год
C.E. Louie et al., Германия – США, 2019 [72]	моноцентровое когортное	2	ж	15	9 мес.	1 год
					2 года 3 мес.	

Представленные в таблице 2 сведения указывают на то, что во всех случаях авторам удалось добиться положительного эффекта на продолжительный период времени. По данным A.L. Mikula et al., сравнивших результаты применения методик псевдоартрэктомии и заднего спондилодеза в группе пациентов с поясничной болью, вызванной переходными позвонками, эффективность спондилодеза в достижении положительного результата превышает эффективность резекции при долгосрочном, более 1 года, наблюдении — 78 и 28 % клинических наблюдений соответственно [73]. Применительно к пациентам детского возраста, страдающим поясничной болью, вызванной переходными позвонками, методика транспедикулярного спондилодеза применена у одного больного с положительным лечебным эффектом [61].

Актуальной проблемой современной педиатрии является профилактика боли, ассоциированной с врождёнными заболеваниями позвоночника [74]. В полной мере сказанное относится к такой патологии у детей, как переходные позвонки [75]. Учитывая тот факт, что заболевание носит врождённый характер, а значит, сформировано внутриутробно, с профилактической целью воздействовать на процесс онтогенеза не представляется возможным [76]. Предложения некоторых авторов проводить превентивное рентгенологическое исследование позвоночника у детей для выявления аномалий его развития [12] не является профилактической мерой, а направлено на диагностику предполагаемой патологии и с различных позиций, в том числе деонтологических и противорадиационных, не целесообразно [36].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различным аспектам переходных пояснично-крестцовых позвонков у пациентов детского возраста посвящено малое количество научных статей. При этом анализ опубликованных литературных источников свидетельствует о том, что переходные позвонки являются часто диагностируемой патологией у детей и подростков. Современные методы лучевой визуализации позволяют точно устанавливать не только наличие заболевания, но и дифференцировать его тип. Основным клиническим симптомом переходных позвонков является боль пояснично-крестцовой локализации, трудно купируемая консервативными методами терапии. Из оперативных методов лечения у детей и подростков чаще других применяют псевдоартрэктомию, позволяющую достичь стойкого купирования вертеброгенного болевого синдрома. Учитывая тот факт, что заболевание формируется внутриутробно и манифестирует клиническими проявлениями в разные возрастные периоды, меры его специфической профилактики не разработаны.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кабак С.Л., Заточная В.В., Жижко-Михасевич Н.О. Врожденные аномалии пояснично-крестцового отдела позвоночника. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук. 2020;17(4):401-408. doi: 10.29235/1814-6023-2020-17-4-401-408
2. Ashour A, Hassan A, Aly M. et al. Prevalence of Bertolotti's Syndrome in Lumbosacral Surgery Procedures. *Cureus*. 2022;14(6):26341. doi: 10.7759/cureus.26341
3. Krenn VA, Fornai C, Webb NM, Woodert MA, Prosch H, Haeusler M. The morphological consequences of segmentation anomalies in the human sacrum. *Am J Biol Anthropol*. 2022;177(4):690-707. doi: 10.1002/ajpa.24466
4. Vaidya R, Bhatia M. Lumbosacral Transitional Vertebra in Military Aviation Candidates: A Cross-Section Study. *Indian J Aerosp Med*. 2021;65(1):29-32. doi: 10.25259/IJASM_50_2020
5. Passias PG, Poorman GW, Jalai CM, et al. Incidence of Congenital Spinal Abnormalities Among Pediatric Patients and Their Association With Scoliosis and Systemic Anomalies. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(8):e608-e613. doi: 10.1097/BPO.0000000000001066
6. Скрыбин Е.Г. Локальная инъекционная терапия боли у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками. *Российский журнал боли*. 2023;21(2):66-71. doi: 10.17116/pain20232102166
7. Скрыбин Е.Г., Назарова А.С., Зотов П.Б. и др. Переходные пояснично-крестцовые позвонки у детей и подростков с травмой люмбалного отдела позвоночника: частота диагностики и особенности клинической симптоматики. *Гений ортопедии*. 2023;29(1):43-48. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-1-43-48. EDN: MYVTUY.
8. Zhang B, Wang L, Wang H, et al. Lumbosacral Transitional Vertebra: Possible Role in the Pathogenesis of Adolescent Lumbar Disc Herniation. *World Neurosurg*. 2017;107:983-989. doi: 10.1016/j.wneu.2017.07.095
9. Sugiura K, Morimoto M, Higashino K. et al. Transitional vertebrae and numerical variants of the spine: prevalence and relationship to low back pain or degenerative spondylolisthesis. *Bone Joint J*. 2021;103-B(7):1301-1308. doi: 10.1302/0301-620X.103B7.BJJ-2020-1760.R1
10. Hanhivaara J, Määtä JH, Karppinen J, et al. The Association of Lumbosacral Transitional Vertebrae with Low Back Pain and Lumbar Degenerative Findings in MRI: A Large Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022;47(2):153-162. doi: 10.1097/BRS.0000000000004244
11. Desai A, McGrath K, Rao EM, et al. Examining degenerative disease adjacent to lumbosacral transitional vertebrae: a retrospective cohort study. *J Neurosurg Spine*. 2023;1-8. doi: 10.3171/2023.2.SPINE221071
12. Юлин В.С., Шпагин М.В., Колесников М.В. Синдром Бертолотти. *Трудный пациент*. 2020;18(3):13-16. doi: 10.24411/2074-1995-2020-10012
13. Bhagchandani C, Murugan C, Jakkepally S, et al. A Whole Spine MRI Based Study of the Prevalence, Associated Disc Degeneration and Anatomical Correlations of Lumbosacral Transitional Vertebra. *Global Spine J*. 2023;21925682231161559. doi: 10.1177/21925682231161559
14. Murgai RR, Ponrartana S, Andras LM, et al. Symptomatic Unilateral Lumbosacral Transitional Vertebrae: Clinical and Imaging Assessment. *Spine Res*. 2021;7(7):25. doi: 10.36648/2471-8173.21.7.25
15. Kaniewska M, Kuhn D, Deininger-Czermak E, et al. 3D zero-echo time and 3D T1-weighted gradient-echo MRI sequences as an alternative to CT for the evaluation of the lumbar facet joints and lumbosacral transitional vertebrae. *Acta Radiol*. 2023;64(6):2137-2144. doi: 10.1177/02841851231165487
16. Milčić G, Krolo I, Anticević D, et al. Causal connection of non-specific low back pain and disc degeneration in children with transitional vertebra and/or Spina bifida occulta: role of magnetic resonance-prospective study. *Coll Antropol*. 2012;36(2):627-633.
17. Park MK, Son SK, Park WW, et al. Unilateral Biportal Endoscopy for Decompression of Extraforaminal Stenosis at the Lumbosacral Junction: Surgical Techniques and Clinical Outcomes. *Neurospine*. 2021;18(4):871-879. doi: 10.14245/ns.2142146.073
18. Fortin JD, Falco FJ. The Fortin finger test: an indicator of sacroiliac pain. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 1997;26(7):477-480.
19. Achta AF, Hamdaoui O, Banao M. et al. Imaging of Bertolotti Syndrome. *EAS J Radiol Imaging Technol*. 2022;4(6):139-142. doi: 10.36349/easjrit.2022.v04i06.005
20. Farheen B, Mahavi C, Kumar MP. Prevalence of lumbosacral transitional vertebra in patients presenting with low backache and its association with degenerative spine changes on MRI: a study in rural tertiary care hospital of South India. *Indian J Applied Research*. 2023;13(3):57-60. doi: 10.36106/ijar/9002382
21. Becker L, Adl Amini D, Ziegeler K, et al. Approach-related anatomical differences in patients with lumbo-sacral transitional vertebrae undergoing lumbar fusion surgery at level L4/5. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(4):1753-1759. doi: 10.1007/s00402-021-04303-2
22. Sencan S, Azizov S, Celenlioglu AE, et al. Effect of sacralization on the success of lumbar transforaminal epidural steroid injection treatment: prospective clinical trial. *Skeletal Radiol*. 2023;52(10):1949-1957. doi: 10.1007/s00256-022-04089-3
23. Brault JS, Smith J, Currier BL. Partial lumbosacral transitional vertebra resection for contralateral facetogenic pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(2):226-9. doi: 10.1097/00007632-200101150-00020
24. Chu ECP, Huang KHK, Shum JSF. Lumbosacral transitional vertebra as a potential contributing factor to scoliosis: a report of two cases. *Asia-Pac Chiropr J*. 2020;1:007. doi: 10.46323/2021007
25. Ali E, Hossain F, Kakuli SA. et al. Interpretation and Therapeutic Intervention of Lumbosacral Transitional Vertebra (LSTV). *Biomed J Sci & Tech Res*. 2023;47(5):39982-39987. doi: 10.26717/BJSTR.2023.47.007569
26. Ibrahim DA, Myung KS, Skaggs DL. Ten percent of patients with adolescent idiopathic scoliosis have variations in the number of thoracic or lumbar vertebrae. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(9):828-33. doi: 10.2106/JBJS.L.00461
27. Chiu CK, Chin TF, Chung WH, et al. Variations in the Number of Vertebrae, Prevalence of Lumbosacral Transitional Vertebra and Prevalence of Cervical Rib among Surgical Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis: An Analysis of 998 Radiographs. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2023. doi: 10.1097/BRS.0000000000004711
28. Lee CS, Ha JK, Kim DG, et al. The clinical importance of lumbosacral transitional vertebra in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(17):E964-E970. doi: 10.1097/BRS.0000000000000945
29. Garg B, Mehta N, Goyal A, et al. Variations in the Number of Thoracic and Lumbar Vertebrae in Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Retrospective, Observational Study. *Int J Spine Surg*. 2021;15(2):359-367. doi: 10.14444/8047
30. Can TS. Evaluation of scoliosis in patients with lumbosacral transitional vertebra. *J Surg Med*. 2020;4(6):486-490. doi: 10.28982/josam.735849

31. Schmitz A, Reutershahn E, Seiffert P, Das M. First description of frequent occurrence of supernumerary lumbar ribs and transitional vertebrae in children with Williams-Beuren syndrome. *Pediatr Radiol.* 2023;53(2):244-248. doi: 10.1007/s00247-022-05493-6
32. Андронников Е.А., Михалкина Н.Г., Алексеева Т.В., Горулина Н.В. Об особенностях оперативного лечения пациентов с сопутствующей патологией при сколиотической болезни. *Клиническая медицина.* 2020;98(11-12):781-787. doi: 10.30629/0023-2149-2020-98-11-12-781-787
33. Hu Z, Zhang Z, Zhao Z, et al. A neglected point in surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: Variations in the number of vertebrae. *Medicine* (Baltimore). 2016;95(34):e4682. doi: 10.1097/MD.00000000000004682
34. Yamauchi I, Nakashima H, Machino M, et al. Relationship between lumbosacral transitional vertebra and postoperative outcomes of patients with Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis: a minimum 5-year follow-up study. *Eur Spine J.* 2023;32(6):2221-2227. doi: 10.1007/s00586-023-07752-y
35. Суюндуков А.Р., Николаев Н.С., Кузьмина В.А. с соавт. Малоинвазивная реконструкция дуги позвонка при лечении спондилолистеза у детей и подростков. *Современные технологии в медицине.* 2021;13(5):62-69. doi: 10.17691/stm2021.13.5.08
36. Скрыбин Е.Г., Яковлев Е.О., Галеева О.В. Лучевая характеристика дисплазий и аномалий развития пояснично-крестцовой локализации у детей со спондилолистезом нижних поясничных позвонков. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2021;11(4):75-83. doi: 10.21569/2222-7415-2021-11-4-75-83
37. Yao X, Ding R, Liu J, et al. Association between lumbar sacralization and increased degree of vertebral slippage and disc degeneration in patients with L4 spondylolysis. *J Neurosurg Spine.* 2019;1-5. doi: 10.3171/2018.11.SPINE18900
38. Худякова Н.В., Пчелин И.Ю., Шишкин А.Н. и др. Урологическая патология у пациентов со Spina bifida: обзор литературы. *Juvenis scientia.* 2022;8(5):5-15. doi: 10.32415/jscientia_2022_8_5_5-15
39. Yonguc G, Sayhan S, Cirpan S, et al. Posterior Wall Defect of Sacrum: An Anatomical Study of Sacral Spina Bifida. *Turk Neurosurg.* 2021;31(3):339-347. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.29180-20.3
40. Paraskevas G, Tzika M, Kitsoulis P. Lumbosacral transitional vertebra associated with sacral spina bifida occulta: a case report. *Acta Medica* (Hradec Kralove). 2013;56(3):126-129. doi: 10.14712/18059694.2014.21
41. Sharma A, Kumar A, Kapila A. Co-existence of spina bifida occulta and lumbosacral transitional vertebra in patients presenting with lower back pain. *Reumatologia.* 2022;60(1):70-75. doi: 10.5114/reum.2022.114171
42. Kundi M, Habib M, Babar S, et al. Transitional Vertebra and Spina Bifida Occulta Related with Chronic Low Back Pain in a Young Patient. *Cureus.* 2016;8(10):e837. doi: 10.7759/cureus.837
43. Illeez OG, Ulger FEB, Aktas I. The effect of transitional vertebrae and spina bifida occulta on disc herniation, disc degeneration, and end-plate changes in pediatric patients with low back pain. *Acta Orthop Belg.* 2022;88(2):275-283. doi: 10.52628/88.2.8528
44. Castellvi AE, Goldstein LA, Chan DP. Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar extradural defects. *Spine* (Phila Pa 1976). 1984;9(5):493-5. doi: 10.1097/00007632-198407000-00014
45. Gennari JM, Themar-Noel C, Panuel M, et al. Adolescent spinal pain: the pediatric orthopedist's point of view. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101(6):247-250. doi: 10.1016/j.otsr.2015.06.012
46. Nardo L, Alizai H, Virayavanich W, et al. Lumbosacral transitional vertebrae: association with low back pain. *Radiology.* 2012;265(2):497-503. doi: 10.1148/radiol.12112747
47. Tang M, Yang XF, Yang SW, et al. Lumbosacral transitional vertebra in a population-based study of 5860 individuals: prevalence and relationship to low back pain. *Eur J Radiol.* 2014;83(9):1679-82. doi: 10.1016/j.ejrad.2014.05.036
48. Kanematsu R, Hanakita J, Takahashi T, et al. Extraforaminal entrapment of the fifth lumbar spinal nerve by nearthrosis in patients with lumbosacral transitional vertebrae. *Eur Spine J.* 2020;29(9):2215-2221. doi: 10.1007/s00586-020-06460-1
49. Aamir S, Imtiaz H, Rehman Z, et al. Lumbosacral Transitional Vertebrae In Patients Visiting Tertiary Care Hospital Of Khyber Pakhtukhwa: A Radiological Study. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2020;32(2):234-237.
50. Luo R, Barsoum D, Ashraf H, et al. Prevalence of Lumbosacral Transitional Vertebrae in Patients with Symptomatic Femoroacetabular Impingement Requiring Hip Arthroscopy. *Arthroscopy.* 2021;37(1):149-155. doi: 10.1016/j.arthro.2020.08.034
51. Sivakumar V, Poonam C, Ethiraj D. et al. Lumbosacral Transitional Vertebra - Prevalence of Different Types in South Indian Population with Low Backache. *JKIMSU.* 2021;10(2):76-84.
52. Kappor K, Shukla A. Lumbosacral Transitional Vertebra: Prevalence and Association with Low Backache. *Med Res Chronicles.* 2022;9(1):38-44. doi: 10.26838/MEDRECH.2022.9.1.578
53. Daniel P, Joel JJ, Rana PK. Lumbosacral Transitional Vertebrae in Patients with Low Back Pain: Radiological Classification and Morphometric Analysis. *J Anat Soc India.* 2019;68:123-128. doi: 10.4103/JASI.JASI_61_19
54. Apaydin M, Uluc ME, Sezgin G. Lumbosacral transitional vertebra in the young men population with low back pain: anatomical considerations and degenerations (transitional vertebra types in the young men population with low back pain). *Radiol Med.* 2019;124(5):375-381. doi: 10.1007/s11547-018-0974-4
55. Vinha A, Bártoło J, Lemos C, et al. Lumbosacral transitional vertebrae: prevalence in a southern European population and its association with low back pain. *Eur Spine J.* 2022;31(12):3647-3653. doi: 10.1007/s00586-022-07415-4
56. Landauer F, Trieb K. Diagnostic Limitations and Aspects of the Lumbosacral Transitional Vertebrae (LSTV). *Appl Sci.* 2022;12(21):10830. doi: 10.3390/app122110830
57. Ahmadinejad N, Ghanaati H, Firouznia K. et al. Pathological Findings of Spinal MRI in Patients with Lumbosacral Transitional Vertebra. *Res J Biol Sci.* 2009;4(2):166-170.
58. Haffer H, Becker L, Putzier M, et al. Changes of Fixed Anatomical Spinopelvic Parameter in Patients with Lumbosacral Transitional Vertebrae: A Matched Pair Analysis. *Diagnostics* (Basel). 2021;11(1):59. doi: 10.3390/diagnostics11010059
59. Bhenderu LSS, Lyon KA, Richardson WT, et al. Treatment of unilateral L5-S1 locked facet in a pediatric patient. *Surg Neurol Int.* 2023;14:133. doi: 10.25259/SNI_234_2023
60. Tay M, Sian SCSH, Eow CZ, et al. Ultrasound-Guided Lumbar Spine Injection for Axial and Radicular Pain: A Single Institution Early Experience. *Asian Spine J.* 2021;15(2):216-223. doi: 10.31616/asj.2019.0399
61. Dhanjani S, Altaieb M, Margalit A, et al. Pediatric Back Pain Associated with Bertolotti Syndrome: A Report of 3 Cases with Varying Treatment Strategies. *JBJS Case Connect.* 2021;11(4). doi: 10.2106/JBJS.CC.21.00068
62. Sumarriva G, Cook B, Celestre P. Surgical Resection of Bertolotti Syndrome. *Ochsner J.* 2022;22(1):76-79. doi: 10.31486/toj.21.0012
63. Wu PH, Sebastian M, Kim HS, Heng GTY. How I do it? Uniportal full endoscopic pseudoarthrosis release of left L5/S1 Bertolotti's syndrome under intraoperative computer tomographic guidance in an ambulatory setting. *Acta Neurochir* (Wien). 2021;163(10):2789-2795. doi: 10.1007/s00701-021-04975-0

64. Mao G, Lubelski D, Zakaria HM, Theodore N. Image-Guided Minimally Invasive Surgery for Treatment of the Bertolotti Syndrome-A Case Study: 2-Dimensional Operative Video. *Oper Neurosurg* (Hagerstown). 2022;22(5):e222-e223. doi: 10.1227/ons.0000000000000132
65. Ткаченко В.Д., Портнягин И.В., Горячева К.В. Эффективность и продолжительность действия радиочастотной денервации фасеточных суставов при боли в нижней части спины. *Российский журнал боли*. 2021;19(2):27-32. doi: 10.17116/pain20211902127
66. Belabbes S, Doumbeneny MJ, Chavhot C, Nguema BE. Bertolotti's Syndrome: An Underdiagnosed Cause for Lower Back Pain in Young Adults. *SAS J Med*. 2022;8(4): 332-337. doi: 10.36347/sasjm.2022.v08i04.022
67. McGrath KA, Thompson NR, Fisher E, et al. Quality-of-life and postoperative satisfaction following pseudoarthrectomy in patients with Bertolotti syndrome. *Spine J*. 2022;22(8):1292-1300. doi: 10.1016/j.spinee.2022.02.010
68. Chang CJ, Chiu YP, Ji HR, et al. Surgical interventions for Bertolotti's syndrome: case report and review of unsatisfactory cases in the literature. *BMC Surg*. 2022;22(1):36. doi: 10.1186/s12893-022-01498-y
69. Ju CI, Kim SW, Kim JG, et al. Decompressive L5 Transverse Processotomy for Bertolotti's Syndrome: A Preliminary Study. *Pain Physician*. 2017;20(6):E923-E932.
70. Babu H, Lagman C, Kim TT, et al. Intraoperative navigation-guided resection of anomalous transverse processes in patients with Bertolotti's syndrome. *Surg Neurol Int*. 2017;8:236. doi: 10.4103/sni.sni_173_17
71. Cuenca C, Bataille J, Ghouilem M, et al. Bertolotti's syndrome in children: From low-back pain to surgery. A case report. *Neurochirurgie*. 2019;65(6):421-424. doi: 10.1016/j.neuchi.2019.06.004
72. Louie CE, Hong J, Bauer DF. Surgical management of Bertolotti's syndrome in two adolescents and literature review. *Surg Neurol Int*. 2019;10:135. doi: 10.25259/SNI-305-2019
73. Mikula AL, Lakomkin N, Ransom RC, et al. Operative Treatment of Bertolotti Syndrome: Resection Versus Fusion. *World Neurosurg*. 2022;165:e311-e316. doi: 10.1016/j.wneu.2022.06.042
74. Gupta A, Badin D, Leland CR, et al. Updating the Evidence: Systematic Literature Review of Risk Factors and Strategies for Prevention, Diagnosis, and Treatment of Surgical Site Infection After Pediatric Scoliosis Surgery. *J Pediatr Orthop*. 2023;43(8):e657-e668. doi: 10.1097/BPO.0000000000002464
75. Hanaoka S, Nakano Y, Nemoto M, et al. Automatic detection of vertebral number abnormalities in body CT images. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2017;12(5):719-732. doi: 10.1007/s11548-016-1516-y
76. Rojas CV, Olivares JI, Tutor PM, et al. Ontogeny of morphological variations in the vertebral column: Prevalence and bony variability in young Spanish children. *Ann Anat*. 2022;240:151888. doi: 10.1016/j.aanat.2022.151888

Статья поступила 03.10.2023; одобрена после рецензирования 17.10.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 03.10.2023; approved after reviewing 17.10.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Евгений Геннадьевич Скрыбин — доктор медицинских наук, профессор кафедры, skryabineg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4128-6127>;

Алексей Юрьевич Кривцов — врач рентгенолог, krivtsov444@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-2343-4791>;

Оксана Альбертовна Кичерова — доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой, pan1912@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7598-7757>, SPIN-код: 3262-0770, Scopus Author ID: 56806916100;

Илья Николаевич Клоков — врач рентгенолог, klokovin1990@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1888-3270>;

Павел Борисович Зотов — доктор медицинских наук, профессор, директор института клинической медицины, note72@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1826-486X>;

Михаил Александрович Аксельров — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой, akselrov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6814-8894>.

Information about the authors:

Evgeniy G. Skryabin — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department, skryabineg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4128-6127>;

Alexey Yu. Krivtsov — radiologist, krivtsov444@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-2343-4791>;

Oksana A. Kicherova — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of Department, pan1912@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7598-7757>, SPIN code: 3262-0770, Scopus Author ID: 56806916100;

Ilya N. Klokov — radiologist, klokovin1990@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1888-3270>;

Pavel B. Zotov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Institute of Clinical Medicine, note72@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1826-486X>;

Mikhail A. Akselrov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department, akselrov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6814-8894>.

Вклад авторов:

Скрыбин Е.Г. — разработка концепции и дизайна исследования, набор материала, написание основного текста статьи.

Кривцов А.Ю. — набор материала, редактирование.

Кичерова О.А. — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

Клоков И.Н. — набор материала, правка текста статьи.

Зотов П.Б. — разработка дизайна исследования, набор материала, редактирование.

Аксельров М.А. — разработка дизайна исследования, набор материала, редактирование.

Обзорная статья

УДК 616.831-009.11-06:616.718-007.74

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-292-300>



Ортопедические осложнения гемипаретических форм церебрального паралича: проблемы нижних конечностей (обзор литературы)

У.Ф. Мамедов[✉], А.В. Попков, О.И. Гатамов, Г.М. Чибиров, Д.А. Попков

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

Автор, ответственный за переписку: Улви Фаиг оглы Мамедов, ulvi.mamedof@gmail.com

Аннотация

Введение. Спастическая гемиплегия (одностороннее неврологическое поражение) встречается чаще у доношенных детей, когда в большинстве случаев причиной страдания является внутриутробный или перинатальный инсульт. Как правило, дети с гемипаретическими формами поражения имеют достаточно сохраненные когнитивные и функциональные возможности в сочетании со способностью к самостоятельному передвижению. Среди прочих форм ДЦП гемипаретические спастические формы составляют от 10,4 до 15,3 %. При этом преобладают формы с нетяжелыми двигательными нарушениями по классификации Gross Motor Function Classification System: 87,8 % — уровень I GMFCS, 7,1 % — уровень II GMFCS.

Цель работы — обобщение информации о применении метода ортопедических вмешательств при гемипаретических формах церебрального паралича как с точки зрения их планирования и полноты коррекции анатомических нарушений, включая неравенство длины нижних конечностей, так и оценки функциональных результатов на основе анализа движений.

Материалы и методы. Поиск публикаций проведен в научных электронных платформах PubMed, eLIBRARY, Scopus, Elsevier, Springer, Research Gate с глубиной поиска 20 лет (с 2002 по 2022 г.). Использованы следующие критерии включения: систематические обзоры, обзорные статьи, когортные исследования по теме многоуровневых вмешательств при гемипаретических формах ДЦП.

Результаты и обсуждение. Неравенство длины нижних конечностей 1 см и более негативно влияет на кинематику пораженной и интактной контралатеральной конечности. Для непораженной конечности характерна компенсаторная сгибательная установка в тазобедренном и коленном суставах и избыточная тыльная флексия в опорную фазу. На пораженной стороне особенно важен вклад укорочения в развитие патологической кинематики таза и позвоночника. Велика вероятность эквинусной контрактуры после хирургической коррекции на фоне неустраненного неравенства длины нижних конечностей. Методами коррекции неравенства длины являются: консервативный (компенсация обувью), удлинение голени, эпифизеодез контралатеральной конечности, укорачивание контралатеральной конечности. В литературе нет мнения о предпочтительности того или иного метода, о необходимой степени коррекции неравенства длины.

Заключение. Оценка неравенства длины и вклад этого ортопедического компонента в системные нарушения движений при спастических гемипарезах происходит на основе компьютерной томографии или магнитно-резонансной томографии, а также компьютерного анализа походки. В литературе вопрос коррекции неравенства длины рассматривается отдельно от комплекса других ортопедических вмешательств, при этом не определены особенности коррекции этого симптома в зависимости от потенциала спонтанного роста или после его завершения. Преимущество уравнивания длины конечностей у детей за счет временного эпифизеодеза (над дистракционным остеогенезом) лишь предполагается. Недостаточно данных о влиянии степени уравнивания длины конечностей у пациентов со спастическими гемиплегиями на параметры компьютерного анализа походки.

Ключевые слова: спастическая гемиплегия, ортопедические вмешательства, неравенство длины конечностей

Для цитирования: Мамедов У.Ф., Попков А.В., Гатамов О.И., Чибиров Г.М., Попков Д.А. Ортопедические осложнения гемипаретических форм церебрального паралича: проблемы нижних конечностей (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2024;30(2):292-300. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-292-300. EDN: OKBAPU.



Orthopaedic complications of hemiparetic forms of cerebral palsy: problems of the lower extremities (literature review)

U.F. Mamedov✉, A.V. Popkov, O.I. Gatamov, G.M. Chibirov, D.A. Popkov

Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Corresponding author: Ulvi F Mamedov, ulvi.mamedov@gmail.com

Abstract

Introduction Spastic hemiplegia (a unilateral neurological disorder) is encountered more often in full-term infants. In most cases, the cause of the condition is intrauterine or perinatal stroke. Children with hemiparetic forms maintain cognitive and functional capabilities in combination with the ability to move independently. Among other forms of cerebral palsy, hemiparetic spastic forms range from 10.4 to 15.3 %. Types with mild motor impairments predominate according to the Gross Motor Function Classification System: 87.8 % are level I GMFCS, 7.1 % are level II GMFCS.

The purpose of the work was to summarize information on the use of orthopaedic interventions for hemiparetic forms of cerebral palsy, both from the point of view of their planning and completeness of correction of anatomical disorders including lower limb length discrepancy, and assessment of functional results based on gait analysis.

Materials and methods The search for publications was carried out in open electronic sources of medical literature PubMed, eLIBRARY, Scopus, Elsevier, Springer, Research Gate with a search depth of 20 years (2002–2022). The following inclusion criteria were used: systematic reviews of the literature, review articles, cohort studies on the topic of multilevel interventions for hemiparetic types of cerebral palsy.

Results and discussion Lower limb length discrepancy of 1 cm or more affects the kinematics of the affected and intact contralateral limb. The unaffected limb is characterized by a compensatory flexion in the hip and knee joints and excessive dorsal flexion in the stance phase. On the affected side, the contribution of shortening to the development of pathological kinematics of the pelvis and spine is especially important. There is a high probability of equinus contracture after surgical correction due to unresolved discrepancy in the length of the lower extremities. Methods for correcting length discrepancy are conservative (compensation with shoes), and surgical lengthening of the lower leg, epiphyseodesis of the contralateral limb, shortening of the contralateral limb. There is no opinion in the literature about the preference of this or that method, and on the necessary magnitude of limb length correction.

Conclusion The assessment of limb length discrepancy and contribution of this orthopaedic component to systemic movement disorders in spastic hemiparesis is based on computed tomography or magnetic resonance imaging, as well as on computer gait analysis. In the literature, the issue of limb length correction is considered separately from the complex of other orthopaedic interventions, while the features of correction with regard to spontaneous growth potential or after growth completion have not been defined. The advantage of equalizing the limb length in children with temporary epiphyseodesis over distraction osteogenesis is only supposed. There is not enough data on the effect of the limb length correction magnitude in patients with spastic hemiplegia on the parameters of computer gait analysis.

Keywords: unilateral cerebral palsy, orthopedic surgery, lower limb length discrepancy

For citation: Mamedov UF, Popkov AV, Gatamov OI, Chibirov GM, Popkov DA. Orthopaedic complications of hemiparetic forms of cerebral palsy: problems of the lower extremities (literature review). *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):292-300. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-292-300

ВВЕДЕНИЕ

Церебральный паралич (детский церебральный паралич, ДЦП) — первичное нейродвигательное расстройство центральной нервной системы, возникающее в пренатальном или перинатальном периодах и вызывающее нарушение мышечного тонуса, движений и позы [1, 2]. И хотя неврологическое расстройство не носит прогрессирующего характера, возникающие вторичные осложнения, преимущественно ортопедические, ведут к серьезной потере функциональных возможностей [3–5]. Встречаемость ДЦП варьирует от 1,5 до 4,2 на 1000 новорожденных в зависимости от географического региона и материального состояния населения [6, 7].

Спастическая гемиплегия (одностороннее неврологическое поражение), ортопедические осложнения которой являются объектом данного обзора, встречается чаще у доношенных детей, когда в большинстве случаев причиной страдания является внутриутробный или перинатальный инсульт [8]. Как правило, дети с гемипаретическими формами поражения имеют достаточно сохраненные когнитивные и функциональные возможности в сочетании со способностью к самостоятельному передвижению [9, 10]. Среди прочих форм ДЦП гемипаретические спастические формы составляют от 10,4 до 15,3 % [7, 11]. При этом преобладают формы с нетяжелыми двигательными нарушениями по классификации Gross Motor Function Classification System [12]: 87,8 % — уровень I GMFCS, 7,1 % — уровень II GMFCS [11].

Гемипаретические формы ДЦП редко сопровождаются значимыми интеллектуальными расстройствами, однако возникающие ортопедические нарушения серьезно влияют на двигательные возможности и качество жизни детей и взрослых [13–18]. Основными ортопедическими вторичными нарушениями при спастических гемиплегиях являются контрактуры голеностопного, коленного и тазобедренного суставов, эквино-варусные или эквино-вальгусные деформации стоп, торсионные деформации бедра, неравенство длины конечностей [13, 15, 19–21].

Современная концепция оперативного лечения ортопедических осложнений у детей с ДЦП — это проведение многоуровневых хирургических вмешательств на всех компонентах биомеханической цепи конечностей, включая и случаи гемипаретических форм ДЦП [15, 22–25].

При анализе планирования лечения и оценке результатов вмешательств исследователи обращают свое внимание на проблему неравенства длины конечностей у пациентов со спастическим гемипарезами [26], на анатомические и функциональные изменения контралатеральной, неврологически интактной, конечности [19, 27–29], а также на детальный компьютерный анализ особенностей походки этих пациентов [20, 30–33].

Цель работы — обобщение информации о применении метода ортопедических вмешательств при гемипаретических формах церебрального паралича как с точки зрения их планирования и полноты коррекции анатомических нарушений, включая неравенство длины нижних конечностей, так и оценки функциональных результатов на основе анализа движений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск публикаций проведен на научных электронных платформах PubMed, eLIBRARY, Scopus, Elsevier, Springer, Research Gate с глубиной поиска 20 лет (с 2002 по 2022 г.). Отбор осуществлен с использованием ключевых словосочетаний на русском и английском языках: одномоментная многоуровневая операция, несоответствие длины нижней конечности, остановка роста, управляемый рост, эпифизиодез, удлинение костей, анализ походки, односторонний церебральный паралич (single-event multilevel surgery, lower limb length discrepancy, growth arrest, guided growth, epiphysiodesis, bone lengthening, gait analysis, unilateral cerebral palsy).

Использованы следующие критерии включения: систематические обзоры, обзорные статьи, когортные исследования по теме многоуровневых вмешательств при гемипаретических формах ДЦП. Критерии невключения: описания клинических случаев или серии случаев, рефераты, повторные публикации.

По запросу всего обнаружена 1261 статья по направлению гемипареза (unilateral cerebral palsy), 173 статьи о многоуровневых вмешательствах (single-event multilevel surgery). Из них отобрано и проанализировано 16 публикаций о многоуровневых ортопедических вмешательствах при гемипаретических формах ДЦП, 5 статей, касающихся коррекции неравенства длины конечностей при данной проблеме, 9 статей по исследованию функциональных результатов многоуровневых операций при гемипаретических формах с применением анализа походки и 4 статьи о влиянии ортопедической патологии на здоровую конечность при спастических гемипарезах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Элементы ортопедической патологии, использование анализа походки при диагностике и планировании операции

В таблице 1 представлены ортопедические проблемы нижних конечностей у пациентов с ДЦП, которые стали причиной обращения за медицинской помощью, объектом диагностических исследований, а также особенности анализа движений.

Очевидно, что первостепенным объектом внимания являются торсионные деформации бедра, контрактуры голеностопного сустава и деформации стопы. На упоминание и, тем более, на коррекцию неравенства длины ног в рамках многоуровневых вмешательств указывает меньшая часть публикаций. В части из них речь идет лишь о методах инструментальной диагностики неравенства длины [14, 26] или об исследовании количественного влияния укорочения на параметры походки и контралатеральную конечность [19, 35, 36].

Таблица 1

Описанные ортопедические осложнения ДЦП, особенности применения анализа движений у пациентов с гемипаретическими формами

Публикация	Контрактура тазобедренного и коленного суставов	Контрактура голеностопного сустава	Торсионная деформация бедра и/или голени	Плоско-вальгусная деформация стопы	Варусно-супинированная (приведенная) деформация стопы	Неравенство длины конечностей	Анализ походки
J.J. Krzak et al., 2015 [21]	+	+	–	–	+	–	Компьютерный 3D-анализ
N. Sclavos et al., 2023 [50]	+	+	–	+	–	–	Компьютерный 3D-анализ
T.F. Winters et al., 1987 [37]	+	+	–	–	–	–	Обсервационный анализ
S.A. Rethlefsen et al., 2006 [17]	+	+	+	–	+	–	–
H.S. Kim et al., 2022 [4]	–	+	–	–	–	+	–
M. Corradin et al., 2018 [27]	–	+	–	–	–	+	Обсервационный анализ (Эдинбургская шкала)
H.J. Lee et al., 2013 [15]	+	–	+	–	–	–	–
M. Mork et al., 2001 [14]	+	+	+	+	+	+	–
J. McCahill et al., 2022 [20]	–	–	+	+	–	–	Компьютерный 3D-анализ
C. Schranz et al., 2017 [31]	+	+	+	+	+	–	Компьютерный 3D-анализ
V. Saraph et al., 2006 [45]	–	+	+	–	–	+	–
S. Schmid et al., 2016 [48]	+	+	–	–	–	+	Компьютерный 3D-анализ
J. Rodda et al., 2001 [38]	+	+	+	+	+	–	Компьютерный 3D-анализ
R. O'Sullivan et al., 2013 [40]	+	+	+	–	+	–	Компьютерный 3D-анализ
T.A. Wren et al., 2005 [58]	+	+	+	+	+	–	Компьютерный 3D-анализ
R.K. Elnaggar et al., 2020 [34]	+	+	+	+	–	–	Компьютерный 3D-анализ

Классификация нарушений походки при гемипаретических формах ДЦП

Первой предложенной классификацией нарушений походки при односторонних спастических поражениях является классификация T.F. Winters et al. [37], которая выделяет 4 группы на основе патологии движений конечности пораженной стороны в сагиттальной плоскости. Классификация отражает прогрессирование нарушений от дистального уровня к проксимальному (от нарушений движений в голеностопном суставе к тазобедренному) по мере увеличения тяжести заболевания. Группа I характеризуется эквинусной позицией стопы в неопорную фазу цикла шага, отсутствием первого пере-

ката стопы в начале опорной фазы шага. Нарушения обусловлены слабостью или гипоактивностью передней большеберцовой мышцы в сравнении с икроножной и камбаловидной мышцами. В группе II нарушений стопа находится в эквинусной позиции в неопорную фазу цикла шага и в постоянном положении подошвенной флексии в опорную фазу. Нарушения группы II обусловлены контрактурой трицепса голени. В группе III к вышеперечисленным нарушениям групп I и II добавляется ограничение сгибания ноги в коленном суставе в неопорную фазу цикла шага, избыточное сгибание в тазобедренном суставе и поясничный гиперлордоз. В группе нарушений IV помимо предыдущих нарушений отмечается значительно редуцированная амплитуда движений в тазобедренном и коленном суставах на протяжении цикла шага.

Классификация Winter уточнена J. Rodda, H.K. Graham в 2001 [38], которые добавили группу (тип) IIb (эквинусная контрактура в сочетании с гиперэкстензией или рекурвацией в коленном суставе), а в группе IV добавлены торсионные деформации (патологические ротационные установки бедра). Классификация J. Rodda [38] предлагает и принципы консервативного и оперативного ортопедического лечения для коррекции девиации походки. Две данные классификации являются общепризнанными и используются в определении двигательного статуса пациента и планировании многоуровневых вмешательств [39]. Однако отметим, что эти классификации не учитывают неравенства длины нижних конечностей в оценке тяжести ортопедических и моторных нарушений.

Проблема неравенства длины нижних конечностей

Ряд исследований указывает на важность влияния разноразмерности нижних конечностей на формирование ортопедической патологии и на нарушения походки [40], помимо других факторов, демонстрируя значимую корреляцию между неравенством длины и нарушенными параметрами.

M.B. Zonta et al. [41] обнаружили корреляцию между величиной укорочения конечности и степенью зависимости пациента со спастической гемиплегией от посторонней помощи. В том же исследовании показана связь между степенью укорочения и продолжительностью начальной фазы двойной опоры для пораженной конечности. Исследователи объясняют такие изменения уменьшением биомеханического рычага в сочетании с мышечной слабостью и нарушенным селективным контролем мышечного сокращения.

При выполнении теста ходьбы по неровной поверхности пациенты с неравенством длины нижних конечностей при гемиплегии показывают большую ширину шага и более медиальное расположение центра масс в одноопорную фазу шага в сравнении со здоровыми сверстниками [42, 43].

M.N. Eek et al. при величине укорочения 1 и более см при ходьбе босиком обнаружили снижение скорости ходьбы и длины шага у детей со спастической гемиплегией [44].

Контралатеральная непораженная конечность также находится в неблагоприятных условиях, что потенциально ведет к ортопедической патологии [27]. В опорную фазу цикла шага на непораженной стороне отмечено избыточное сгибание в коленном и тазобедренном суставах, а также чрезмерная тыльная флексия стопы [44, 45].

J.A. Yoon et al. обнаружили у 40 пациентов (52 %) со спастической гемиплегией (в выборке 76 пациентов) вальгусную деформацию стопы контралатеральной непораженной конечности. Авторы указывают на 1 см разницы в длине ног как на значимый предел для развития патологии здоровой конечности [46].

Патологический передний наклон таза и величина его несимметричных разворотов при спастической диплегии зависят от величины укорочения конечности, что обнаружено у детей (выборка 91 пациент, средний возраст 10,8 года) и не учитывается в вышеупомянутых классификациях [47]. Отличия более 1SD от группы здоровых сверстников обнаружены в 61,5 % случаев для патологического разворота таза и в 60,4 % случаев для его патологического наклона.

S. Schmid et al. указывают на зависимость кинематических нарушений позвоночника от неравенства длины ног в сочетании с контрактурами тазобедренного сустава на пораженной стороне [48]. При этом компенсации укорочения ортезными изделиями оказывается недостаточно, и предполагается необходимость комплексного вмешательства и последующей физической терапии.

Разница в длине 1 см и более предрасполагает к рецидиву эквинусной контрактуры (деформации) после первичного удлинения трицепса (апоневротомия по Strayer и другим методикам), на что указывают D.A. Sala et al. [49]. В другой работе N. Sclavos et al. [50] приведена среднестатистическая вероятность подошвенной флексии стопы в неопорную фазу цикла шага после операций по устранению эквинусной контрактуры (25 %), однако этот риск значительно выше для пациентов со спастической гемиплегией (42 %). В качестве причины авторы указывают сочетание неравенства длины со сниженной силой тыльных флексоров и низким селективным контролем этих мышц.

С точки зрения диагностики проблем при спастической гемиплегии, включая неравенство длины конечностей, M. Mork et al. отмечают сложности полноценного выявления всех патологических компонентов специалистами общей сети, предлагая ведущую роль нейрорепедиатру [14].

В отношении ортопедических проблем помимо компьютерного анализа походки [39] значимую роль в выявлении структурных нарушений играют компьютерная и магнитно-резонансная томография (МРТ) [51]. Так, укорочение нижней конечности при гемиплегии практически полностью определяет сегмент дистальнее коленного сустава: преимущественно большеберцовая кость, но свой вклад вносит и укорочение таранной кости и пяточной кости, что выявлено по данным МРТ [26].

Коррекция неравенства длины конечностей в рамках многоуровневых вмешательств в литературе не представлена. Многоуровневые ортопедические вмешательства при спастической гемиплегии направлены на устранение торсионных деформаций с целью восстановления величины биомеханических рычагов, коррекции контрактур суставов и деформаций стоп [52, 53].

В качестве коррекции неравенства длины нижних конечностей отметим несколько различных стратегических подходов (табл. 2). Исходя из этих данных, временный эпифизеодез выглядит предпочтительнее. Показана возможность его применения в сочетании с другими элементами операции по поводу сгибательной установки голени у детей с ДЦП [53]. При планировании эпифизеодезов классически ориентируются на костный возраст, однако методология его интерпретации у детей с односторонними формами спастического паралича противоречива: T. Erickson et al. не находят влияния стороны гемипареза на интерпретацию костного возраста по рентгенограммам кисти [54], а J.S. Lee et al. указывают на отставание значений костного возраста на стороне гемипареза в сравнении с интактной рукой [55]. Именно в такой ситуации методика временного эпифизеодеза является предпочтительной, так как носит обратимый характер [56, 57], и риски раннего применения с гиперкоррекцией отсутствуют [58]. Отметим, что для детей с ДЦП используемым материалом эпифизеодеза должен быть сплав титана, так как сохраняется возможность проведения МРТ [59].

Таблица 2

Стратегия коррекции неравенства длины при спастических гемипарезах, влияние на параметры походки

Публикация	Количество и средний возраст пациентов	Способ коррекции	Влияние на параметры походки	Примечания
M. Corradin et al., 2018 [27]	10 пациентов, 12,7 года	Эпифизеодез. Исходная средняя разница в длине 3,4 см, финальная разница 1,2 см (средний период наблюдения после операции 6,7 года)	Улучшение кинематики здоровой (исчезновение компенсаторных чрезмерных сгибательных установок в коленном и тазобедренном суставах и избыточной тыльной флексии стопы) и оперированной конечности	Эдинбургская визуальная шкала — наблюдательный анализ походки
M.N. Eek et al., 2017 [44]	10 детей, укорочение более 1 см	Компенсация обувью	Увеличение длины шага и скорости ходьбы, симметричность длительности опорной фазы цикла шага	Сравнение с 10 здоровыми сверстниками. Компьютерный 3D-анализ походки
S. Schmid et al., 2016 [48]	10 подростков, укорочение более 1 см	Компенсация ортезными изделиями	Компенсация укорочения консервативными методами не привела к улучшению кинематики таза и позвоночника ввиду присутствия контрактур тазобедренного сустава	Сравнение с 10 здоровыми сверстниками. Компьютерный 3D-анализ походки
V. Saraph et al., 2006 [45]	11 детей, 11,7 года, укорочение более 2,5 см	Удлинение голени аппаратом внешней фиксации	Улучшение кинематики здоровой (исчезновение компенсаторных чрезмерных сгибательных установок в коленном и тазобедренном суставах и избыточной тыльной флексии стопы)	Компьютерный 3D-анализ походки, период исследования — 3 года после удлинения
R. Jahmani et al., 2020 [60]	1 пациент с гемипарезом среди 6, укорочение в среднем в группе, 4,2 см	Одномоментное укорачивание на интрамедуллярном стержне	Констатирован лишь достигнутый анатомический результат	Рентгенотелеметрия только, нет анализа движений

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время исследователи обращают свое внимание на проблему неравенства длины конечностей у пациентов со спастическим гемипарезами, на анатомические и функциональные изменения контралатеральной, неврологически интактной конечности.

В литературе вопрос коррекции неравенства длины рассматривают отдельно от комплекса других ортопедических вмешательств, при этом не определены особенности коррекции этого симптома в зависимости от потенциала спонтанного роста или после его завершения. Преимущество уравнивания длины конечностей у детей за счет временного эпифизеодеза (над дистракционным остеогенезом) лишь предполагается. Недостаточно данных о влиянии степени уравнивания длины конечностей у пациентов со спастическими гемиплегиями на параметры компьютерного анализа походки.

В отношении величины коррекции в литературе также нет устоявшегося мнения. Учитывая низкий селективный контроль и слабость тыльных флексоров стопы, M. Corradin et al. [27] рекомендуют оставшееся неравенство 0,5–1,5 см. С другой стороны, неравенство длины 1 см и более негативно влияет на кинематику таза и позвоночника при ходьбе [47, 48] и по-прежнему имеет показания к компенсации [44, 48].

Такая широкая неопределенность в вопросе коррекции ортопедических компонентов гемипаретических форм ДЦП обосновывает проведение комплексного исследования, позволяющего сопоставить результаты с известными публикациями.

Оценка неравенства длины и вклад этого ортопедического компонента в системные нарушения движений при спастических гемипарезах происходит на основе компьютерной или магнитно-резонансной томографии, а также компьютерного анализа походки. Эти же методы необходимы и для оценки отдаленных результатов лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В литературе можно найти достаточно широкий спектр методов коррекции неравенства длины — консервативных и оперативных. Но общее количество статей крайне ограничено, а выборки пациентов малы. Несмотря на консенсус о необходимости коррекции укорочения как важного компонента нарушения кинематики, устойчивого мнения о методе выбора не существует. Кроме того, в представленных работах хирургическую коррекцию неравенства длины выполняют отдельным этапом, а не в рамках многоуровневых вмешательств.

Конфликт интересов: отсутствует.

Источник финансирования: дополнительные источники финансирования не привлекались.

Этическая экспертиза: не требуется.

Информированное согласие: не требуется.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl.* 2007;109:8-14. Erratum in: *Dev Med Child Neurol.* 2007;49(6):480.
2. Colver A, Fairhurst C, Pharoah PO. Cerebral palsy. *Lancet.* 2014;383(9924):1240-1249. doi: 10.1016/S0140-6736(13)61835-8
3. Ando N, Ueda S. Functional deterioration in adults with cerebral palsy. *Clin Rehabil.* 2000;14(3):300-306. doi: 10.1191/026921500672826716
4. Kim HS, Son SM. Limb length discrepancy and corticospinal tract disruption in hemiplegic cerebral palsy. *Children (Basel).* 2022;9(8):1198. doi: 10.3390/children9081198
5. Hurley DS, Sukal-Moulton T, Msall ME, et al. The cerebral palsy research registry: development and progress toward national collaboration in the United States. *J Child Neurol.* 2011;26(12):1534-1541. doi: 10.1177/0883073811408903
6. Stavsky M, Mor O, Mastrolia SA, et al. Cerebral palsy-trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention. *Front Pediatr.* 2017;5:21. doi: 10.3389/fped.2017.00021
7. Mushta SM, King C, Goldsmith S, et al. Epidemiology of cerebral palsy among children and adolescents in arabic-speaking countries: a systematic review and meta-analysis. *Brain Sci.* 2022;12(7):859. doi: 10.3390/brainsci12070859
8. Korzeniewski SJ, Slaughter J, Lenski M, et al. The complex aetiology of cerebral palsy. *Nat Rev Neurol.* 2018;14(9):528-543. doi: 10.1038/s41582-018-0043-6
9. Liptak GS, Murphy NA; Council on Children With Disabilities. Providing a primary care medical home for children and youth with cerebral palsy. *Pediatrics.* 2011;128(5):e1321-1329. doi: 10.1542/peds.2011-1468
10. Patel DR, Neelakantan M, Pandher K, Merrick J. Cerebral palsy in children: a clinical overview. *Transl Pediatr.* 2020;9(Suppl 1):S125-S135. doi: 10.21037/tp.2020.01.01
11. Gorter JW, Rosenbaum PL, Hanna SE, et al, Galuppi BE, Wood E. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2004;46(7):461-467. doi: 10.1017/s0012162204000763
12. Palisano RJ, Hanna SE, Rosenbaum PL, et al. Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther.* 2000;80(10):974-85.

13. Rutz E, McCarthy J, Shore BJ, et al. Indications for gastrocnemius lengthening in ambulatory children with cerebral palsy: a Delphi consensus study. *J Child Orthop*. 2020;14(5):405-414. doi: 10.1302/1863-2548.14.200145
14. Mork M. Medical problems and needs of follow-up in a group of children with mild cerebral palsy. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2001;121(13):1566-1569. (In Norwegian)
15. Lee HJ, Oh CW, Song KS, et al. Rotational osteotomy with submuscular plating in skeletally immature patients with cerebral palsy. *J Orthop Sci*. 2013;18(4):557-562. doi: 10.1007/s00776-013-0384-3
16. Gaillard F, Cretual A, Cordillet S, et al. Kinematic motion abnormalities and bimanual performance in children with unilateral cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2018;60(8):839-845. doi: 10.1111/dmcn.13774
17. Rethlefsen SA, Healy BS, Wren TA, et al. Causes of intoeing gait in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(10):2175-2180. doi: 10.2106/JBJS.E.01280
18. Grunt S. Looking beyond motor function-adaptive behaviour in children with unilateral spastic cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol*. 2022;36:A1. doi: 10.1016/j.ejpn.2021.12.016
19. Joo S, Miller F. Abnormalities in the uninvolved foot in children with spastic hemiplegia. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(6):605-608. doi: 10.1097/BPO.0b013e318263a245
20. McCahill J, Stebbins J, Prescott RJ, et al. Responsiveness of the foot profile score in children with hemiplegia. *Gait Posture*. 2022;95:160-163. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.04.012
21. Krzak JJ, Corcos DM, Damiano DL, et al. Kinematic foot types in youth with equinovarus secondary to hemiplegia. *Gait Posture*. 2015;41(2):402-408. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.10.027
22. Gannotti ME, Gorton GE 3rd, Nahorniak MT, Masso PD. Walking abilities of young adults with cerebral palsy: changes after multilevel surgery and adolescence. *Gait Posture*. 2010;32(1):46-52. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.03.002
23. Lehtonen K, Mäenpää H, Piirainen A. Does single-event multilevel surgery enhance physical functioning in the real-life environment in children and adolescents with cerebral palsy (CP)? patient perceptions five years after surgery. *Gait Posture*. 2015;41(2):448-453. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.11.005
24. McGinley JL, Dobson F, Ganeshalingam R, et al. Single-event multilevel surgery for children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*. 2012;54(2):117-128. doi: 10.1111/j.1469-8749.2011.04143.x
25. Sadeghi E, Jamebozorgi AA, Qoreishy M, et al. Comparison of quality of life following single - event multilevel surgery (SEMLS) using bandaging and casting immobilization methods in cerebral palsy Children. *Iran J Child Neurol*. 2021;15(3):55-64. doi: 10.22037/ijcn.v15i2.17361
26. Riad J, Finnbogason T, Broström E. Leg length discrepancy in spastic hemiplegic cerebral palsy: a magnetic resonance imaging study. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):846-850. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181fc35dd
27. Corradin M, Schiavon R, Borgo A, et al. The effects of uninvolved side epiphysiodesis for limb length equalization in children with unilateral cerebral palsy: clinical evaluation with the Edinburgh visual gait score. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018;28(5):977-984. doi: 10.1007/s00590-017-2097-3
28. Senst S. Unilateral spastic cerebral palsy (hemiparesis). *Orthopade*. 2014 Jul;43(7):649-655. (In German) doi: 10.1007/s00132-013-2219-5
29. Theis N. Lower limb muscle growth in unilateral and bilateral cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2016;58(11):1102-1103. doi: 10.1111/dmcn.13149
30. Carty CP, Walsh HP, Gillett JG, et al. The effect of femoral derotation osteotomy on transverse plane hip and pelvic kinematics in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. 2014;40(3):333-340. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.05.066
31. Schranz C, Kruse A, Kraus T, et al. Does unilateral single-event multilevel surgery improve gait in children with spastic hemiplegia? A retrospective analysis of a long-term follow-up. *Gait Posture*. 2017;52:135-139. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.11.018
32. Lamberts RP, Burger M, du Toit J, Langerak NG. A systematic review of the effects of single-event multilevel surgery on gait parameters in children with spastic cerebral palsy. *PLoS One*. 2016;11(10):e0164686. doi: 10.1371/journal.pone.0164686
33. Mackey AH, Walt SE, Lobb GA, Stott NS. Reliability of upper and lower limb three-dimensional kinematics in children with hemiplegia. *Gait Posture*. 2005;22(1):1-9. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.06.002
34. Elnaggar RK. 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
35. Allen PE, Jenkinson A, Stephens MM, O'Brien T. Abnormalities in the uninvolved lower limb in children with spastic hemiplegia: the effect of actual and functional leg-length discrepancy. *J Pediatr Orthop*. 2000;20(1):88-92.
36. Cimolin V, Galli M, Tenore N, et al. Gait strategy of uninvolved limb in children with spastic hemiplegia. *Eura Medicophys*. 2007;43(3):303-310.
37. Winters TF Jr, Gage JR, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(3):437-441.
38. Rodda J, Graham HK. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *Eur J Neurol*. 2001;8 Suppl 5:98-108. doi: 10.1046/j.1468-1331.2001.00042.x
39. Armand S, Decoulon G, Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT Open Rev*. 2016;1(12):448-460. doi: 10.1302/2058-5241.1.000052
40. O'Sullivan R, Kiernan D, Walsh M, Brien TO. The difficulty identifying intoeing gait in cerebral palsy. *Ir Med J*. 2013;106(5):144-145.
41. Zonta MB, Ramalho-Júnior A, Puppi M, et al. Side-to-side growth discrepancies in children with hemiplegic cerebral palsy: association with function, activity and social participation. *Arq Neuropsiquiatr*. 2014;72(5):360-367. doi: 10.1590/0004-282x20140020
42. Romkes J, Freslier M, Rutz E, Bracht-Schweizer K. Walking on uneven ground: How do patients with unilateral cerebral palsy adapt? *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2020;74:8-13. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2020.02.001
43. Dobson F, Morris ME, Baker R, Graham HK. Unilateral cerebral palsy: a population-based study of gait and motor function. *Dev Med Child Neurol*. 2011;53(5):429-435. doi: 10.1111/j.1469-8749.2010.03878.x

44. Eek MN, Zügner R, Stefansdottir I, Tranberg R. Kinematic gait pattern in children with cerebral palsy and leg length discrepancy: Effects of an extra sole. *Gait Posture*. 2017;55:150-156. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.022
45. Saraph V, Zwick EB, Steinwender G, et al. Leg lengthening as part of gait improvement surgery in cerebral palsy: an evaluation using gait analysis. *Gait Posture*. 2006;23(1):83-90. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.12.00
46. Yoon JA, Jung DH, Lee JS, et al. Factors associated with unaffected foot deformity in unilateral cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B*. 2020;29(1):29-34. doi: 10.1097/BPB.0000000000000665
47. Salazar-Torres JJ, McDowell BC, Kerr C, Cosgrove AP. Pelvic kinematics and their relationship to gait type in hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2011;33(4):620-624. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.02.004
48. Schmid S, Romkes J, Taylor WR, et al. Orthotic correction of lower limb function during gait does not immediately influence spinal kinematics in spastic hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2016;49:457-462. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.08.013
49. Sala DA, Grant AD, Kummer FJ. Equinus deformity in cerebral palsy: recurrence after tendo Achillis lengthening. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(1):45-48. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb08203.x
50. Sclavos N, Thomason P, Passmore E, et al. Foot drop after gastrocnemius lengthening for equinus deformity in children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2023;100:254-260. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.01.007
51. Schroeder KM, Heydemann JA, Beauvais DH. Musculoskeletal imaging in cerebral palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2020;31(1):39-56. doi: 10.1016/j.pmr.2019.09.001
52. Гатамов О.И., Чибиров Г.М., Борзунов Д.Ю. и др. Коррекция торсионных деформаций у подростков и взрослых с ДЦП, влияние на параметры походки. *Гений ортопедии*. 2019;25(4):510-516. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-510-516
53. Klatt J, Stevens PM. Guided growth for fixed knee flexion deformity. *J Pediatr Orthop*. 2008;28(6):626-631. doi: 10.1097/BPO.0b013e318183d573
54. Erickson T, Loder RT. Bone age in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2003;23(5):669-671. doi: 10.1097/00004694-200309000-00019
55. Lee JS, Choi IJ, Shin MJ, et al. Bone age in unilateral spastic cerebral palsy: is there a correlation with hand function and limb length? *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2017;30(3):337-341. doi: 10.1515/jpem-2016-0349
56. Journeau P. Update on guided growth concepts around the knee in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106(1S):S171-S180. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.025
57. Tsitlakidis S, Horsch A, Schaefer F, et al. Gait classification in unilateral cerebral palsy. *J Clin Med*. 2019;8(10):1652. doi: 10.3390/jcm8101652
58. Wren TA, Rethlefsen S, Kay RM. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy: influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery. *J Pediatr Orthop*. 2005;25(1):79-83. doi: 10.1097/00004694-200501000-00018
59. Thompson RM, Fowler E, Culo B, Shellock FG. MRI safety and imaging artifacts evaluated for a cannulated screw used for guided growth surgery. *Magn Reson Imaging*. 2020;66:219-225. doi: 10.1016/j.mri.2019.11.005
60. Jahmani R, Lovisetti G, Alorjani M, Bashaireh K. Percutaneous femoral shortening over a nail using on-site smashing osteotomy technique. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020;30(2):351-358. doi: 10.1007/s00590-019-02556-7

Статья поступила 27.02.2023; одобрена после рецензирования 11.04.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 27.02.2023; approved after reviewing 11.04.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Улви Фаиг оглы Мамедов — аспирант, врач травматолог-ортопед, ulvi.mamedof@gmail.com;

Арнольд Васильевич Попков — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, apopkov.46@mail.ru;

Орхан Ильхам оглы Гатамов — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед;

Георгий Мерабович Чибиров — кандидат медицинских наук, заведующий отделением, georgii_chibirov@mail.ru;

Дмитрий Арнольдович Попков — доктор медицинских наук, профессор РАН, руководитель клиники, член-корр. Французской Академии медицинских наук, dpopkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>.

Information about the authors:

Ulvi F. Mammadov — PhD student, ulvi.mamedof@gmail.com;

Arnold V. Popkov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher, apopkov.46@mail.ru;

Orkhan I. Gatamov — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist;

Georgii M. Chibirov — Candidate of Medical Sciences, Head of Department, georgii_chibirov@mail.ru;

Dmitry A. Popkov — Doctor of Medical Sciences, Professor of RAS, correspondent member French Academy of Medical Sciences, dpopkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>.

Вклад авторов:

Мамедов У.Ф. — подготовка и написание первоначального проекта (черновика) работы.

Попков А.В. — редактирование, подготовка работы к публикации.

Гатамов О.И. — подготовка, представление работы к публикации.

Чибиров Г.М. — подготовка, представление работы к публикации.

Попков Д.А. — идеи; формулировка всеобъемлющих целей и задач исследования; контроль и руководство планированием и выполнением исследовательской работы, включая наставничество.

Обзорная статья

УДК 617.58-007.1-001.5-089.227.84

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-301-308>

Эволюция тактических подходов в устранении неравенства длины нижних конечностей

К.И. Новиков^{1,2✉}, Э.С. Комарова³, С.В. Колесников¹, О.В. Климов¹, К.С. Сергеев²

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

² Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

³ Главное бюро медико-социальной экспертизы по Курганской области, Курган, Россия

Автор, ответственный за переписку: Константин Игоревич Новиков, kinovikov@mail.ru

Аннотация

Введение. Проблема устранения неравенства длины нижних конечностей (*англ.* Limb Length Discrepancy — LLD) актуальна и имеет высокую медицинскую и социальную значимость. LLD является серьезным физическим недостатком, который причиняет страдания больному, изменяет его походку, формирует патологические приспособительные механизмы, а у детей самым отрицательным образом влияет на формирование опорно-двигательной системы.

Цель работы — проанализировать эволюцию тактических подходов к реабилитации пациентов с неравенством длины нижних конечностей.

Материалы и методы. Выполнен поиск релевантных научных публикаций на русском и английском языках на электронных платформах PubMed и eLibrary по запросам: lower limbs, length inequality, methods and means of length correction, osteosynthesis, неравенство длины нижних конечностей, подходы и средства коррекция длины конечностей, остеосинтез. Для анализа отобраны клинические руководства, клинические рекомендации, систематические обзоры, рандомизированные контролируемые исследования, мультицентровые когортные исследования.

Результаты и обсуждение. У практически здоровых людей часто встречается разница в длине нижних от нескольких мм до 1,5 см, что никак не отражается на походке и состоянии смежных суставов и суставов противоположной конечности. Некоторые авторы считают, что неравенство всего в 5 мм может привести к ортопедической патологии. Для выравнивания длины конечностей ортопеды предлагают различные консервативные и оперативные методики. Устранение LLD — это распространенная и до конца нерешенная медицинская проблема. Консервативное лечение LLD может рассматриваться как один из этапов реабилитации, так как, несмотря на разработанные средства консервативного лечения LLD, их применение не приводит к должному результату, и приоритетом в решении этой проблемы является оперативное лечение.

Заключение. Предложенные ранее методики оперативного лечения LLD имели недостатки, которые в итоге свели к минимуму их использование, а от некоторых ортопеды отказались ввиду высокого риска развития тяжелых осложнений. Разработанный в 50-х годах прошлого века аппарат, а затем и методика доктора Илизарова явились эпохальным событием в устранении LLD и постоянно продолжают свое совершенствование.

Ключевые слова: нижние конечности, неравенство длины, методы и средства коррекция длины, остеосинтез

Для цитирования: Новиков К.И., Комарова Э.С., Колесников С.В., Климов О.В., Сергеев К.С. Эволюция тактических подходов в устранении неравенства длины нижних конечностей. *Гений ортопедии*. 2023;30(2):301-308. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-301-308. EDN: RPAGRV.



Evolution of tactical approaches to eliminating limb length discrepancy

K.I. Novikov^{1,2✉}, E.S. Komarova³, S.V. Kolesnikov¹, O.V. Klimov¹, K.S. Sergeev²

¹ Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

³ Main Bureau of Medico-Social Expertise in the Kurgan Region, Kurgan, Russian Federation

Corresponding author: Konstantin I. Novikov, kinovikov@mail.ru

Abstract

Introduction Limb length discrepancy (LLD) can be debilitating and may cause other medical and social problems. LLD is a serious physical condition and have a significant impact on the patient's quality of life changing the gait, forming pathological adaptive mechanisms and causing long-term musculoskeletal disturbances in children.

The objective was to analyze the evolution of tactical approaches to the rehabilitation of patients with lower limb length inequality.

Material and methods The original literature search was conducted on key resources including Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru) and the National Library of Medicine (www.pubmed.org). Literature searches included both Russian and English studies. The search strategy was comprised of keywords: lower limbs, limb length inequality, approaches and means of limb length correction, osteosynthesis. Clinical guidelines, clinical recommendations, systematic reviews, randomized controlled trials and multicenter cohort studies were selected for analysis.

Results and discussion Normal individuals can often experience a difference in the length of the lower limbs from several mm to 1.5 cm and have no effect on the gait, condition of adjacent joints and joints of the opposite limb. Some authors report inequality of 5 mm leading to orthopaedic pathology. A variety of conservative and surgical treatments are offered for limb length equalization. Elimination of LLD is a common and unresolved medical problem. Conservative treatment of LLD can be considered as one of the stages of rehabilitation. Some patients can benefit from conservative treatments. Alternatively, surgical equalization is a treatment option for patients with LLD.

Conclusion Surgical methods offered earlier to address LLD had disadvantages, which ultimately minimized their use, and orthopaedic surgeons abandoned some of them due to the high risk of severe complications. The device and the technique developed by Dr. Ilizarov in the 50s of the last century was an epoch-making event in the elimination of LLD and are constantly being improved.

Keywords: lower limbs, length inequality, methods and means of length correction, osteosynthesis

For citation: Novikov KI, Komarova ES, Kolesnikov SV, Klimov OV, Sergeev KS. Evolution of tactical approaches to eliminating limb length discrepancy. *Genij Ortopedii*. 2023;30(2):301-308. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-301-308

ВВЕДЕНИЕ

Проблема устранения неравенства длины нижних конечностей (*англ.* Limb Length Discrepancy — LLD) актуальна и имеет высокую медицинскую и социальную значимость. Разница в длине нижних конечностей является серьезным физическим недостатком, который причиняет страдания больному, изменяет его походку, формируя патологические приспособительные механизмы, а у детей самым отрицательным образом влияет на формирование опорно-двигательной системы. Часто данная патология носит прогрессирующий характер и становится причиной вторичных деформаций позвоночника, таза, смежных суставов и суставов противоположной конечности, что сопровождается нарушением биомеханических условий их функционирования и перегрузкой. Неравенство длины ног вызывает стойкие сколиотические деформации, пельвик- и люмбалгии, грыжи дисков, цервикалгии, хроническую усталость, дискомфорт, причиной которых является постоянная механическая перегрузка костно-мышечной системы в результате неоптимальной статики тела [1, 2]. LLD ухудшает качество жизни больных: ограничивает двигательную активность, снижает коммуникативные возможности, затрудняет учебный процесс, выбор профессии, часто становится проблемой для создания семьи [3]. Нередко у больных с последствиями травмы и гемигипертрофией прогрессирование LLD может приводить к инвалидизации [4–8]. Наличие ортопедического дефекта у многих больных с LLD (последствиями травмы и гемигипертрофией) ведет к отрицательной самооценке и является одним из факторов замкнутости личности. Это провоцирует развитие депрессивных расстройств, которые, прогрессируя во времени, усугубляют ортопедические проблемы появлением социальной дезадаптации и социофобии. Сочетание вышеназванных составляющих LLD приводит к выраженному регрессу уровня качества жизни больного и его ближайшего окружения. Кроме того, в последние годы наблюдается рост количества больных с LLD, нуждающихся в его устранении. Данное обстоятельство можно связать с улучшением ортопедической диагностики и возросшей доступностью высокоспециализированной медицинской помощи [9–21].

Цель работы — проанализировать эволюцию тактических подходов к реабилитации пациентов с неравенством длины нижних конечностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен поиск релевантных научных публикаций на русском и английском языках на электронных платформах PubMed и eLibrary по запросам: lower limbs, length inequality, methods and means of length correction, osteosynthesis, неравенство длины нижних конечностей, подходы и средства коррекция длины конечностей, остеосинтез. Для анализа отобраны клинические руководства, клинические рекомендации, систематические обзоры, рандомизированные контролируемые исследования, мультицентровые когортные исследования. Критерии невключения: экспериментальные и тематические статьи, наблюдения, доклады, клинические случаи, неконтролируемые когортные исследования. Рассмотрено 195 статей, отвечающих критериям включения, изучено и проанализировано 64 публикации, 9 из которых опубликованы в 2016–2021 гг., 15 статей — в период до 10 лет, 40 статей изданы более 10 лет назад, одна из них — около ста лет назад, которая и является отправной вехой данного исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Считается, что в условиях прямохождения наличие даже незначительной разницы в длине нижних конечностей приводит к развитию следующего процесса: на ногу, имеющую большую длину, приходится большая функциональная нагрузка, нога выполняет большую работу, получает больше питания за счет усиления кровотока и растет быстрее; на ногу, имеющую меньшую функциональную длину, соответственно, приходится меньшая нагрузка, нога выполняет меньшую работу, получает меньше питания вследствие менее интенсивного, чем на противоположной конечности, кровоснабжения и, как следствие, она растет медленнее; результатом этого процесса, протекающего в противоположных направлениях, является увеличение с возрастом относительной разницы в длине нижних конечностей [22].

Нужно отметить ещё одну ортопедическую особенность всей человеческой популяции, которая не требует применения каких-либо ортопедических изделий или оперативного лечения, и это состояние авторы относят к норме: у практически здоровых людей часто встречается разница в длине нижних конечностей от нескольких мм до 1,5 см, что никак не отражается на походке и состоянии смежных суставов и суставов противоположной конечности [2]. Важное наблюдение сделали W.A. Rush и H.A. Steiner, которые измерили длину нижних конечностей по рентгеновским снимкам у 1000 военнослужащих, демобилизованных из армии. Одинаковая длина ног была установлена лишь в 23 % случаев, у 77 % обследованных наблюдали асимметрию длины нижних конечностей [20]. Близкие данные приводят в своей работе М.А. Ковалева и соавт., которые отмечают, что разница длины ног наблюдается у 40–90 % населения [1]. При этом некоторые авторы указывают на то, что нарушения походки могут возникать уже при разнице в длине ног около 1,5 см. Однако большинство ортопедов согласны с мнением В.О. Маркса,

установившего, что нарушение походки возникает при разнице в длине ног более чем 2 см, а укорочение от 1 до 2 см не вызывает появления хромоты и компенсируется приспособительными механизмами [4, 23–34]. Компенсация укорочения ортопедической обувью не может считаться полноценной и не удовлетворяет больных. Нарушенная биомеханика конечности, зависимость пациента от протезных заводов, психофизический дискомфорт, связанный с ношением ортезов и ортопедической обуви, косметический дефект заставляют больных обращаться за хирургической помощью [35].

В настоящее время только 10 % населения имеют одинаковую длину нижних конечностей, а 90 % населения имеет расхождение в длине конечностей до 1,0 см. При этом у большего числа пациентов с расхождениями длины конечностей более 5 мм отмечают патологию крупных суставов нижних конечностей. Современные авторы солидарны с утверждением В.О. Маркса о том, что расхождения в длине ног более 2,0 см часто является проблемой, но существуют свидетельства того, что это неравенство всего в 5 мм может привести к ортопедической патологии [36]. К аналогичным выводам пришли S. Khamis и E. Carmeli [37]. Они провели исследование, посвященное клиническому значению LLD и обнаружили значительную связь между анатомическим LLD и нарушением походки. Полученные данные свидетельствовали о том, что отклонения в походке могут возникать уже при неравенстве длины более 1 см, причем эта выраженность коррелировала с увеличением неравенства длины ног.

Для устранения неравенства длины нижних конечностей ортопеды предлагали различные методики, использование которых зависело от общего уровня развития медицины и ортопедии в частности и, конечно, от собственных предпочтений врача. Например, в дохирургическую эпоху эскулапы пытались консервативно стимулировать рост конечности: производили регулярное «поколачивание» по пятке укороченной конечности. В начале прошлого столетия было предложено наложение жгута на уровне проксимального метафиза голени для создания венозного застоя, продолжительностью 30 мин., и после снятия жгута наступала активная гиперемия конечности, как считалось, это способствовало усилению функции зон роста. Процедуру необходимо было повторять ежедневно на протяжении долгого времени до окончания естественного роста больного. Другие исследователи с целью стимуляции роста укороченной голени, предлагали введение в полость коленного сустава аутокрови и предпринимали попытки стимуляции ростковых зон путем воздействия на них ультрафиолетовых и ультракоротких лучей. Описан метод йодной стимуляции роста укороченной нижней конечности, который заключался в нанесении на кожные покровы коленного сустава настойки йода, что должно было, по мнению авторов, обеспечивать усиленный приток крови в подлежащих тканях и, как следствие, повышение функции ростковых зон [23, 39].

Для компенсации неравенства длины нижних конечностей до сих пор используют консервативные средства (стельки, протез, ортез). Однако, по мнению ряда авторов, длительное и даже многолетнее их применение недостаточно для компенсации биомеханических нарушений [40]. Заслуживают внимания данные Т.М. Campbell et al., которые показали, что компенсация неравенства длины с помощью обувных подъемников у этой категории больных имела низкие результаты для уменьшения боли и улучшения локомоторной функции [41]. Более категоричны в своих выводах Iv. R.L. Cahanin et al., которые считают невозможным устранение LLD консервативными средствами, они также говорят и о сопутствующих постоянных материальных затратах и заключают, что консервативная коррекция может оказаться ненужной и потенциально негативной [42].

Наряду с консервативными методами были предприняты попытки оперативной стимуляции зон роста укороченного сегмента. Так, например, некоторые хирурги предлагали производить продольную остеотомию большеберцовой кости или выполнять перфорацию кортикального слоя вблизи эпифиза. В других случаях применяли так называемую «биогенную стимуляцию», которая заключалась во введении в дистальный метафиз бедра, проксимальный метафиз большеберцовой кости или большой вертел штифта из «бульонной» кости. Эти методы вызывали асептическое воспаление и способствовали увеличению локального кровообращения вблизи ростковой зоны и, следовательно, по мнению авторов, должны были усиливать ее функцию [39, 43, 44]. Все вышеупомянутые мероприятия не давали ожидаемого результата и могли быть использованы только у детей. Это обстоятельство заставило ортопедов искать более эффективные пути решения проблемы. Были предложены новые методы оперативной компенсации неравенства длины нижних конечностей, такие как одномоментное удлинение или укорочение кости (с последующей иммобилизацией конечности), компрессионно-дистракционный остеосинтез (внешний, комбинированный и внутренний остеосинтез) и операции на зонах роста (временный или постоянный эпифизиодез) [23, 25, 39, 43]. Достаточно длительное время ортопеды использовали укорачивающие остеотомии, а некоторые хирурги, хотя и значительно реже, применяют их до сих пор. Общепринятым считается, что максимальное одномоментное оперативное укорочение бедра может составлять 5–6 см, в то время как голени — не более 3 см. Этот вид остеотомии позволяет одномоментно устранить неравенство длины сегментов нижних конечностей, однако является достаточно травматичным в плане оперативной техники и дискуссионным в плане обоснования его

применения. Основным недостатком укорачивающих методик при устранении неравенства длины сегментов нижних конечностей авторы видят в том, что в большинстве случаев вынуждены оперировать здоровый сегмент, и в настоящее время этот вид оперативного вмешательства ортопеды используют крайне редко [6, 23, 45].

Впервые в ортопедической практике одномоментную удлиняющую остеотомию применил русский хирург А.С. Дмитриев в 1891 г. Он выполнил Z-образную удлиняющую остеотомию бедренной кости с последующей иммобилизацией. Однако этот метод не нашел широкого применения ввиду ограниченных возможностей величины удлинения [37, 38]. Согласно исследованиям L.C. Abbott и О.А. Малахова, в начале XX века многие ортопеды пытались выполнять операции по удлинению нижних конечностей [23, 43]. Так, в 1923 г. Bier опубликовал свои данные об опыте удлинения у семи больных. A Jones и Lovett в 1929 году производили удлинение бедер на величину от 6 до 10 см. Также отмечается, что в 1937 г. Н.А. Богораз впервые в России предпринял попытку оперативного увеличения роста. При этом авторы указывали на высокий уровень сложности течения лечебного процесса и значительное количество послеоперационных осложнений [23, 43]. Общепринятым считается мнение, что вид остеотомии влияет на остеорегенерацию, создавая различные условия для формирования костной мозоли. По мнению многих исследователей, косая или Z-образная остеотомия кости создают оптимальные условия для регенерации при условии, что длина остеотомии превышает предполагаемое удлинение на величину от 2 до 5 см. Для улучшения пространственной ориентации костных фрагментов, влияющей на прочность костной мозоли, ортопеды стали использовать сложные сечения кости (полигональные и фигурные), которые были не только трудновыполнимыми, но и высокотравматичными. Предложено более 40 различных способов остеотомии, включая ряд ступенчатых и «языкообразных», которые в большинстве своем применялись только авторами [4, 32, 39, 46]. Мы встретили противоречивые данные определяющего влияния остеотомий на формирование дистракционного регенерата. Исследователи обосновывают достоинства используемого ими вида остеотомии, исходя из личных предпочтений, сложившихся национальных традиций и ортопедических школ. N. Nahm, L.R. Boyce Nichols, описывая чрескожную остеотомию в детской ортопедии как низкоэнергетическую и сохраняющую кровоснабжение, рассматривают преимущества и показания для различных видов остеотомий, включая остеотомию с множеством отверстий, кортикотомию и остеотомию Gigli. При этом авторы считают, что некоторые виды остеотомий являются технически сложными и должны выполняться только опытными хирургами [47].

Отдельного внимания заслуживает тема величины одномоментного удлинения и её взаимосвязи с частотой осложнений. Так, G. Burnei et al. привели анализ своей 25-летней клинической работы, в котором величина удлинения сегмента нижней конечности варьировала от 3 до 17 см, самая большая величина удлинения одного сегмента составила 20 см за два этапа лечения, а наибольшее общее удлинение для всей нижней конечности составило 25 см. При этом авторы пришли к выводу, что при удлинении конечности до 5 см наступала быстрая консолидация дистракционного регенерата, а частота осложнений была минимальной. Удлинение более 5 см требовало хорошей психологической подготовки больного и тщательного врачебного контроля. Для удлинения более 10 см они рекомендовали выполнять двойную кортикотомию и использовать интрамедуллярную фиксацию с иммобилизацией соседних суставов. Авторы пришли к выводу, что хорошие результаты восстановления равенства длины конечностей можно получить с помощью внешнего фиксатора Илизарова, а временный эпифизиодез в возрасте 10–12 лет является наименее агрессивным и достаточно эффективным методом лечения. В заключение исследователи выразили мнение, что устранение неравенства длины нижних конечностей путем сегментарной резекции должно «устареть» [48].

Неудовлетворительные результаты одномоментной коррекции неравенства длины нижних конечностей заставили ортопедов искать более совершенные пути достижения результата, в основе которых лежит постепенное растягивающее воздействие на фрагменты остеотомированной кости. Наиболее ранние способы оперативного удлинения сводились к попыткам «растянуть» конечность за счет остеотомии кости и последующего скелетного вытяжения за ее дистальный фрагмент путем использования груза, доходящего у взрослых больных до 15–20 кг. Подобные операции также не получили широкого распространения в связи с их высокой травматичностью, нестабильным положением костных фрагментов и частыми осложнениями, что в большинстве случаев не позволяло достигать запланированного удлинения конечности. Немаловажным фактором этого способа удлинения была длительная гипомобильность больного: он долгое время был прикован к постели в вынужденном положении [5, 23, 39, 43, 44].

На смену скелетному вытяжению при удлинении сегментов нижних конечностей пришли дистракционные аппараты, количество которых в настоящее время перешагнуло далеко за 1000. Эти устройства условно можно разделить на семь типов: моно- и билатеральные аппараты, арочные (секторальные) и полуциркулярные, циркулярные и комбинированные (гибридные) аппараты, интрамедуллярные

дистракторы. Из множества предлагаемых аппаратов наиболее широкое распространение в мире получил аппарат наружной фиксации советского доктора Г.А. Илизарова, разработанный им в 50-х годах прошлого века. Одновременно Г.А. Илизаровым был разработан принципиально новый метод лечения ортопедотравматологических больных. Метод Илизарова основан на использовании природных физиологических факторов в тканях оперированной конечности, возникающих в ответ на направленно создаваемое дистракционное или компрессионное напряжение. А поддержание усилий в аппарате в течение необходимого времени обеспечивает возможность дозированной коррекции оперированного сегмента, включая восстановление длины и биомеханической оси [7, 38, 45, 49]. Кроме того, остеосинтез по Илизарову позволяет управлять процессом дистракции, дает возможность одновременного удлинения и коррекции многоплоскостных деформаций. Многие современные авторы утверждают, что метод Илизарова всесторонне решает проблемы, связанные с укорочением и деформациями нижних конечностей, несмотря на трудности его применения [20, 25, 26, 39, 45, 50–56]. Процесс удлинения методом Илизарова предусматривает соблюдение многих нюансов: обеспечение стабильной фиксации системы «сегмент–аппарат»; сохранение остеогенных тканей и условий кровоснабжения удлиняемого сегмента; соблюдение протокола удлинения; контроль коррекционных усилий и функциональной нагрузки оперированной конечности; поддержание гармоничного общесоматического баланса в системе «больной–аппарат» в течение всего срока остеосинтеза [4, 5, 25, 46, 57–61].

Проблема коррекции длины конечностей, по данным доступной литературы, имеет без малого вековую историю и претерпела множество эволюционных усовершенствований. Каждая из предложенных методик предполагала либо определенные модификации уже существующих подходов, либо использование новых методологических и технологических приемов и устройств, и обладала как определенными достоинствами, так и недостатками. Однако все предложенные в «доилизаровскую» эпоху технологии не обладали универсальностью, что предопределяло невозможность их широкого использования в клинической практике при решении конкретных клинических задач. Методология Илизарова, в основе которой лежат естественные биологические процессы и закономерности, позволяет создать оптимальные условия для регенерации тканей при удлинении, а конструктивные особенности и модификации аппарата обеспечивают сохранение стабильности на протяжении всего времени, необходимого для органотипической перестройки вновь образованных тканей. Таким образом, основываясь на анализе изученной литературы, можно с уверенностью сказать, что на сегодняшний день превалирующим мнением среди ортопедов мира является то, что из множества существующих подходов коррекции длины конечностей по-прежнему наиболее эффективным является метод чрескостного остеосинтеза по Илизарову.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эволюция удлинения конечностей имеет долгую историю исследований, «борьбы» методик, совершенствования и непрерывного обучения, а устранение LLD до сих пор остается одной из актуальнейших проблем ортопедии, особенно в случаях сочетания с коррекцией многоплоскостных деформаций. Консервативное лечение LLD может рассматриваться как один из этапов реабилитации, так как, несмотря на разработанные средства консервативного лечения LLD, их применение не приводит к должному результату, и приоритетом в решении этой проблемы является оперативное лечение. Разработанные в 50-х годах прошлого века аппарат и метод Илизарова явились эпохальным событием в устранении LLD и постоянно продолжают свое перманентное развитие и совершенствование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют о потенциальном отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без привлечения внешних источников финансирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалева М.А., Головкова Е.В., Яхонтов В.И. Лазерный хромофрез геля "Реликт-05" в лечении абсолютного укорочения костей нижних конечностей у детей и подростков. *XX Межрегиональная научно-практическая конференция реабилитологов Дальнего Востока "Развитие медицинской реабилитации на Дальнем Востоке", 04 апреля 2019 г.* Хабаровск; 2019:72–76.
2. Pawik Ł, Pawik M, Wrzosek Z, et al. Assessment of the quality of life in patients with varying degrees of equalization of lower limb length discrepancy treated with Ilizarov method. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):62. doi: 10.1186/s13018-021-02202-1
3. Chhina H, Klassen AF, Kopec JA, et al, Aggarwal A, Nunn T, Cooper AP. What matters to children with lower limb deformities: an international qualitative study guiding the development of a new patient-reported outcome measure. *J Patient Rep Outcomes.* 2021;5(1):30. doi: 10.1186/s41687-021-00299-w
4. *Врожденное укорочение нижних конечностей у детей.* Под ред. А.В. Попкова. Челябинск: 2011:510.
5. Каплунов О.А. Каплунов А.Г., Шевцов В.И. *Косметическая коррекция формы и длины ног.* М.: ГЕОТАР-Медиа, 2010:160.
6. Артемьев А.А., Архипов Д.М., Барановский Ю.Г. и др. *Эстетическая и реконструктивная хирургия нижних конечностей.* Под ред. А.А. Артемьева. М.: ГЕОТАР-Медиа; 2008:248.

7. Csernátóny Z, Kiss L, Manó S, et al. Multilevel callus distraction: a novel idea to shorten the lengthening time. *Med Hypotheses*. 2003;60(4):494-497. doi: 10.1016/s0306-9877(02)00432-2
8. Paley D., Herzenberg J.E. *Principles of Deformity Correction*. Berlin: Springer-Verlag, 2002:307-346.
9. Parmaksizoglu F, Koprulu AS, Unal MB, Cansu E. Early or delayed limb lengthening after acute shortening in the treatment of traumatic below-knee amputations and Gustilo and Anderson type IIIC open tibial fractures: The results of a case series. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(11):1563-1567. doi: 10.1302/0301-620X.92B11.23500
10. Perttunen JR, Anttila E, Södergård J, et al. Effect of intramedullary gradual elongation of the shorter limb on gait patterns. *Pediatr Int*. 2003;45(3):324-332. doi: 10.1046/j.1442-200x.2003.01712.x
11. Krieg AH, Lenze U, Speth BM, Hasler CC. Intramedullary leg lengthening with a motorized nail. *Acta Orthop*. 2011;82(3):344-350. doi: 10.3109/17453674.2011.584209
12. Bidwell JP, Bennet GC, Bell MJ, Witherow PJ. Leg lengthening for short stature in Turner's syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(8):1174-1176. doi: 10.1302/0301-620x.82b8.9688
13. Jasiewicz B, Kacki W, Konarski A, et al. Leg lengthening in patients with congenital fibular hemimelia. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2002;4(4):413-420.
14. Takata M, Watanabe K, Matsubara H, et al. Lengthening of the normal tibia in a patient with hemihypertrophy caused by Klippel-Trenaunay-Weber syndrome: a case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2011;19(3):359-363. doi: 10.1177/230949901101900320
15. Märtson A, Haviko T, Kirjanen K. Extensive limb lengthening in Ollier's disease: 25-year follow-up. *Medicina (Kaunas)*. 2005;41(10):861-866.
16. Jablonski M, Posturzyńska A, Gorzelak M, et al. Problem and tolerance of leg lengthening after total hip replacement. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*. 2008;73(6):351-354.
17. Schiedel F, Rödl R. Lower limb lengthening in patients with disproportionate short stature with achondroplasia: a systematic review of the last 20 years. *Disabil Rehabil*. 2012;34(12):982-987. doi: 10.3109/09638288.2011.631677
18. Sułko J, Radło W. Limb lengthening in children with osteogenesis imperfecta. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*. 2005;70(4):243-247. (in Polish)
19. Chen D, Chen J, Jiang Y, Liu F. Tibial lengthening over humeral and tibial intramedullary nails in patients with sequelae of poliomyelitis: a comparative study. *Int Orthop*. 2011;35(6):935-940. doi: 10.1007/s00264-010-1032-6
20. Watanabe K, Tsuchiya H, Sakurakichi K, et al. Treatment of lower limb deformities and limb-length discrepancies with the external fixator in Ollier's disease. *J Orthop Sci*. 2007;12(5):471-475. doi: 10.1007/s00776-007-1163-9
21. Wu CC, Chen WJ. Tibial lengthening: technique for speedy lengthening by external fixation and secondary internal fixation. *J Trauma*. 2003 Jun;54(6):1159-1165; discussion 1165. doi: 10.1097/01.TA.0000046254.92637.19
22. Проценко В.Н. Сколиоз, или одинаковая ли длина ног у современного человека? *Мануальная терапия*. 2012;(1):69-80.
23. Малахов О.А., Кожевников О.В. *Неравенство длины нижних конечностей у детей (клиническая картина, диагностика, лечение)*. М.: Медицина; 2008:365.
24. Маркс В.О. *Ортопедическая диагностика*. Минск, Наука и техника; 1978:511.
25. Соломин Л.Н. *Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова*. СПб.: МОПСР АВ; 2005:544.
26. Birch JG, Samchukov ML. Use of the Ilizarov method to correct lower limb deformities in children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004;12(3):144-54. doi: 10.5435/00124635-200405000-00002
27. Nakase T, Kitano M, Kawai H, et al. Distraction osteogenesis for correction of three-dimensional deformities with shortening of lower limbs by Taylor Spatial Frame. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009;129(9):1197-1201. doi: 10.1007/s00402-008-0702-y
28. Iobst C. Limb lengthening combined with deformity correction in children with the Taylor Spatial Frame. *J Pediatr Orthop B*. 2010;19(6):529-534. doi: 10.1097/BPB.0b013e32833dec43
29. Kenawey M, Krettek C, Liodakis E, et al. Leg lengthening using intramedullary skeletal kinetic distractor: results of 57 consecutive applications. *Injury*. 2011;42(2):150-5. doi: 10.1016/j.injury.2010.06.016
30. Lenze U, Hasler CC, Krieg AH. Intramedullary motorized nail for equalization of posttraumatic leg length discrepancies. *Unfallchirurg*. 2011 Jul;114(7):604-10. (In German) doi: 10.1007/s00113-010-1820-x
31. Schep NW, van Lieshout EM, Patka P, Vogels LM. Long-term functional and quality of life assessment following post-traumatic distraction osteogenesis of the lower limb. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2009;4(3):107-112. doi: 10.1007/s11751-009-0070-3
32. Hahn SB, Park HW, Park HJ, et al. Lower limb lengthening in turner dwarfism. *Yonsei Med J*. 2003;44(3):502-507. doi: 10.3349/ymj.2003.44.3.502
33. Niedzielski K, Synder M, Borowski A. Distraction epiphysiolysis in the treatment of uneven limb length. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2002;4(4):459-463.
34. Simpson AH, Shalaby H, Keenan G. Femoral lengthening with the Intramedullary Skeletal Kinetic Distractor. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(7):955-961. doi: 10.1302/0301-620X.91B7.21466
35. Колчев О.В., Борзунов Д.Ю. Устранение врожденного укорочения нижней конечности (историческая справка). *Гений ортопедии*. 2010;(1):140-146.
36. Gordon JE, Davis LE. Leg Length Discrepancy: The Natural History (And What Do We Really Know). *J Pediatr Orthop*. 2019;39(Issue 6, Supplement 1 Suppl 1):S10-S13. doi: 10.1097/BPO.0000000000001396
37. Khamis S, Carmeli E. Relationship and significance of gait deviations associated with limb length discrepancy: A systematic review. *Gait Posture*. 2017;57:115-123. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.05.028
38. Девятков А.А. *Чрескостный остеосинтез*. Кишинев: Штиинца; 1990:315.
39. Шевцов В.И., Попков А.В. *Оперативное удлинение нижних конечностей*. М.: Медицина; 1998:192.
40. Hasler CC, Krieg AH. Current concepts of leg lengthening. *J Child Orthop*. 2012;6(2):89-104. doi: 10.1007/s11832-012-0391-5
41. Campbell TM, Ghaedi BB, Tanjong Ghogomu E, Welch V. Shoe Lifts for Leg Length Discrepancy in Adults With Common Painful Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review of the Literature. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(5):981-993. e2. doi: 10.1016/j.apmr.2017.10.027

42. Cahanin Iv RL, Jefferson JR, Flynn TW, Goyeneche N. Pain and physical performance among recreational runners who receive a correction for an iliac crest height difference: a case series. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(5):794-803.
43. Abbott LC. The operative lengthening of the tibia and fibula. *J Bone Joint Surg Am.* 1927;9(1):128-152.
44. Sailhan F. Bone lengthening (distraction osteogenesis): a literature review. *Osteoporos Int.* 2011;22(6):2011-2015. doi: 10.1007/s00198-011-1613-2
45. Голяховский В., Френкель В. *Руководство по чрескостному остеосинтезу методом Илизарова*. Пер. с англ. М.: БИ-НОМ; 1999:272.
46. Ли А.Д., Баширов Р.С. *Руководство по чрескостному компрессионно-дистракционному остеосинтезу*. Томск, 2002:310.
47. Nahm N, Boyce Nichols LR. Percutaneous Osteotomies in Pediatric Deformity Correction. *Orthop Clin North Am.* 2020;51(3):345-360. doi: 10.1016/j.ocl.2020.03.001
48. Burnei G, Vlad C, Gavrilu S, et al. Upper and lower limb length equalization: diagnosis, limb lengthening and curtailment, epiphysiodesis. *Rom J Intern Med.* 2012;50(1):43-59.
49. Илизаров Г.А. *Способ сращения костей при переломах и аппарат для осуществления этого способа*. А.С. СССР № 98471. 17.08.1954. Бюл. № 6. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. Ссылка активна на 1.08.2023.
50. Javid M, Shahcheraghi GH, Nooraie H. Ilizarov lengthening in centralized fibula. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(2):160-162.
51. Kawoosa AA, Butt MF, Halwai MA. Deformity correction and massive lengthening on a centralized fibula with the Ilizarov technique. *Acta Orthop Belg.* 2008;74(5):704-708.
52. Catagni MA, Radwan M, Lovisetti L, et al. Limb lengthening and deformity correction by the Ilizarov technique in type III fibular hemimelia: an alternative to amputation. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(4):1175-1180. doi: 10.1007/s11999-010-1635-7
53. Oostenbroek HJ, Brand R, van Roermund PM. Growth rate after limb deformity correction by the Ilizarov method with or without knee joint distraction: lengthening in 30 children followed for at least 2 years. *Acta Orthop.* 2009;80(3):338-343. doi: 10.3109/17453670903025345
54. Rozbruch SR, Fragomen AT, Ilizarov S. Correction of tibial deformity with use of the Ilizarov-Taylor spatial frame. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88 Suppl 4:156-174. doi: 10.2106/JBJS.F.00745
55. Ariyawatkul T, Kaewpornawan K, Chotigavanichaya C, Eamsobhana P. The Results of Lengthening in Congenital Posteromedial Angulation of Tibia. *J Med Assoc Thai.* 2016;99(10):1137-1141.
56. Меркулов В.Н., Цыкунов М.Б., Дорохин А.И., Дуйсенов Н.Б. Лечение посттравматических деформаций и укорочения конечностей у детей и подростков. *Вестник РГМУ.* 2009;(5):25-28.
57. Илизаров Г.А., Девятков А.А. Оперативное удлинение голени. *Ортопедия, травматология и протезирование.* 1971;32(8):20-25.
58. Колчев О.В., Борзунов Д.Ю. Рост и развитие врожденно укороченной голени после удлинения по Г.А. Илизарову. *Гений ортопедии.* 2009;(4):34-38.
59. Попков А.В. Современные принципы лечения больных с укорочениями конечностей. *Гений ортопедии.* 1998;(4):97-101.
60. Смелышев Н.Н., Герасимов Д.В. *Руководство по чрескостному остеосинтезу*. Костанай: Костанайполиграфия; 2010:260.
61. Стецула В.И., Веклич В.В. *Основы управляемого чрескостного остеосинтеза*. М.: Медицина; 2003:224.

Статья поступила 15.05.2023; одобрена после рецензирования 19.07.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 15.05.2023; approved after reviewing 19.07.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Константин Игорьевич Новиков — доктор медицинских наук, профессор, врач травматолог-ортопед, ведущий научный сотрудник, kinovikov@mail.ru;

Элина Сергеевна Комарова — врач травматолог-ортопед, врач эксперт, руководитель филиала;

Сергей Владимирович Колесников — врач травматолог-ортопед;

Олег Владимирович Климов — доктор медицинских наук, врач травматолог-ортопед;

Константин Сергеевич Сергеев — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой.

Information about authors:

Konstantin I. Novikov — Doctor of Medical Sciences, Professor, traumatologist-orthopedist, leading researcher, kinovikov@mail.ru;

Elina S. Komarova — traumatologist-orthopedist, expert doctor, head of the branch;

Sergei V. Kolesnikov — traumatologist-orthopedist;

Oleg V. Klimov — Doctor of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist;

Konstantin S. Sergeev — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department.

Обзорная статья

УДК 616.727.8-002-77-089.843

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-309-319>

Эволюция эндопротезирования первого плюснефалангового сустава

Г.П. Котельников, А.Н. Николаенко, И.О. Гранкин, В.В. Иванов, П.Ю. Исайкин✉,
С.О. Дороганов, Д.О. Згирский

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Павел Юрьевич Исайкин, pavelisaykin@mail.ru

Аннотация

Введение. Среди заболеваний первого плюснефалангового сустава (1 ПФС), требующих оперативного лечения, выделяют остеоартроз (до 69 %), ревматоидный артрит (до 26 %), а также опухоли, опухолеподобные заболевания и гнойные артриты (до 5 %). Актуальность лечения артроза 1 ПФС определяется высокой заболеваемостью и функциональной значимостью этой анатомической структуры. Хирургия суставов на сегодняшний день сосредоточена на восстановительном эндопротезировании, при котором используют импланты, выдерживающие вес тела человека, восстанавливающие движения в суставе, поддерживающие функцию плюсне-сесамовидных суставов, а также сохраняющие длину плюсневой кости.

Цель работы — проанализировать данные зарубежной и отечественной литературы, посвященной эндопротезированию 1 ПФС, и кратко представить аналитические данные по результатам использования различных имплантов.

Материалы и методы. В данной статье представлены обобщенные сведения отечественных и зарубежных публикаций на тему эндопротезирования 1 ПФС. В информационных системах PubMed, eLIBRARY, MedLine, Scopus проводился анализ литературы с использованием следующей терминологии: «эндопротезирование первого плюснефалангового сустава», «оперативное лечение hallux rigidus», «остеоартроз первого плюснефалангового сустава», «results of endoprosthesis of the 1st metatarsophalangeal joint», «modernization of implants of the 1st metatarsophalangeal joint». Проанализированы материалы с 1968 по 2022 год включительно.

Результаты и обсуждение. Идеальный имплант должен восстанавливать движения, улучшать функцию, поддерживать суставную стабильность, распределять нагрузку на суставные поверхности и быть износостойким. На протяжении многих лет использовались различные материалы для достижения простоты и надежности конструкций. Эндопротезы совершенствовались и изменялись. Их стали подразделять на группы по материалу и конструкции, а также по признакам ограничения степеней свободы, состава трибологической пары, количества замещения суставных поверхностей.

Заключение. Импланты нового поколения имеют более прочную конструкцию, анатомичную форму и улучшенную остеоинтеграцию. Эти достижения обусловили повышение удовлетворенности пациентов и увеличение срока службы эндопротезов. Тем не менее, остается высокий процент осложнений после эндопротезирования 1 ПФС. Это свидетельствует о необходимости продолжения исследований и дальнейшей работы по усовершенствованию имплантов, чтобы сделать их более эффективными и удобными в использовании.

Ключевые слова: эндопротезирование первого плюснефалангового сустава, остеоартроз первого плюснефалангового сустава, эволюция эндопротезирования суставов стопы

Для цитирования: Котельников Г.П., Николаенко А.Н., Гранкин И.О., Иванов В.В., Исайкин П.Ю., Дороганов С.О., Згирский Д.О. Эволюция эндопротезирования первого плюснефалангового сустава. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):309-319. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-309-319. EDN: XAPJHT.



Evolution of the first metatarsophalangeal joint replacement

G.P. Kotelnikov, A.N. Nikolaenko, I.O. Grankin, V.V. Ivanov, P.Yu. Isaykin✉, S.O. Doroganov, D.O. Zgirsky

Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

Corresponding author: Pavel Yu. Isaykin, pavelisaykin@mail.ru

Abstract

Introduction The diseases of the first metatarsophalangeal (1 MTP) joint that require surgical treatment include osteoarthritis (69 %), rheumatoid arthritis (26 %), tumors, tumor-like diseases and purulent arthritis (5 %). The treatment of arthritic 1 MTP is aimed at reducing pain and improving function. Joint replacement implants are meant to support body weight, maintain the length of the first metatarsal, provide metatarsal-sesamoid joint functioning and restore joint motion.

The purpose of the work was to analyze data from foreign and domestic literature on endoprosthetics of the 1 MTP, and briefly present analytical data on the results of using various implants.

Material and methods The article presents the summary of the Russian and foreign publications on 1 MTP joint replacement. The original literature search was conducted on key resources including PubMed, eLIBRARY, MedLine, Scopus. The search strategy was comprised of keywords: "replacement of the first metatarsophalangeal joint", "surgical treatment of hallux rigidus", "osteoarthrosis of the first metatarsophalangeal joint", "results of endoprosthetics of the 1st metatarsophalangeal joint", "modernization of implants of the 1st metatarsophalangeal joint". Publications brought out between 1968 and 2022 inclusive were analyzed.

Results and discussion The ideal implant should restore functional range of motion, improve function, maintain joint stability, distribute the stress across joint surfaces being wear-resistant. Over the years, various materials have been used to provide simple and reliable designs. Implants have been improved and divided into groups based on material and design, limited degrees of freedom, tribological pair composition, and the amount of articular surface replacement.

Conclusion New generation implants have a more durable design, anatomical shape and improved osseointegration. The advances in joint replacement have resulted in greater patient satisfaction and increased service life. The complication rate for replacement of the 1 MTP joint remains high. This indicates the need for continued research and further work to improve implants to make them more effective and easier to use.

Keywords: endoprosthesis replacement of the first metatarsophalangeal joint, osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint, evolution of endoprosthesis replacement of the foot joints

For citation: Kotelnikov GP, Nikolaenko AN, Grankin IO, Ivanov VV, Isaykin PYu, Doroganov SO, Zgirsky DO. Evolution of the first metatarsophalangeal joint replacement. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):309-319. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-309-319

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных особенностей строения стопы является наличие продольного и поперечного сводов, которые обеспечивают равномерное распределение нагрузки между пяточным бугром и 5 плюсневыми костями, а также выполняют амортизирующую функцию во время ходьбы и бега. В среднем 50 % опорной нагрузки приходится на головку первой плюсневой кости, входящей в состав первого плюснефалангового сустава (1 ПФС). Также 1 ПФС имеет большое значение в биомеханике ходьбы человека, обеспечивая телу ускорение по горизонтали в фазе толчка [1, 2]. Даже незначительное повреждение данного сустава приводит к нарушению нормального функционирования стопы, ограничивая трудовую и бытовую деятельность человека.

Среди заболеваний 1 ПФС, требующих оперативного лечения, выделяют остеоартроз (до 69 %), ревматоидный артрит (до 26 %), а также опухоли, опухолеподобные заболевания и гнойные артриты (до 5 %). Актуальность лечения артроза 1 ПФС определяется высокой заболеваемостью населения болезнями этой анатомической структуры. Остеоартроз 1 ПФС (*hallux rigidus*) — это дегенеративно-дистрофическое заболевание, связанное с повреждением суставного хряща. Этиология данной патологии многогранна и связана с нарушениями сустава различными факторами: травматическими, биомеханическими, метаболическими, нервно-мышечными, послеоперационными и другими [3, 4]. Перед врачом стоит непростая задача выбора способа лечения в зависимости от степени артроза, возраста пациента, его ожиданий и уровня активности. Консервативное лечение может обеспечить удовлетворительные показатели у отдельных пациентов с 0-й и 1-й степенью артроза первого плюснефалангового сустава с низкими функциональными запросами. На средних стадиях артроза выполняются органосохраняющие операции, такие как изолированная хейлэктомия или остеотомии проксимальной фаланги и плюсневой кости. Для лечения тяжелых артрозов 3-й степени, при которых суставные поверхности полностью разрушены, применяют артродезирование, эндопротезирование и артропластику по Келлеру [5].

Несмотря на то, что артродез первого плюснефалангового сустава остается «золотым стандартом» лечения *hallux rigidus*, данный способ лечения не приводит к значительному улучшению функциональных результатов. В то же время, артродезирование не обходится без осложнений, таких как нессращение, искривление оси первого луча и разрушение металлофиксаторов [6, 7]. В хирургии суставов на сегодняшний день преобладает восстановительное эндопротезирование, при котором используют импланты, выдерживающие вес тела человека. Также современные эндопротезы обеспечивают восстановление движений в 1 ПФС и поддерживают функцию плюсне-сесамовидных суставов [8]. Показаниями для применения эндопротезирования 1 ПФС являются артрозы (идиопатический, посттравматический и дегенеративный), проведение ревизионных операций (по методам Brandes – Keller и Morbus Köhler), а также ревматоидный артрит.

В настоящий момент существует множество видов эндопротезов 1 ПФС, отличающихся по строению, материалам, трибологической паре трения. Несмотря на то, что каждый вид импланта прошел длительный путь эволюции в несколько десятков лет, эндопротезирование 1 ПФС приводит к противоречивым результатам и большому числу послеоперационных осложнений [9].

Цель работы — проанализировать зарубежные и отечественные научные публикации, посвященные эндопротезированию 1 ПФС, и кратко представить аналитические данные по результатам использования различных имплантов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной статье представлены обобщенные сведения отечественных и зарубежных публикаций на тему эндопротезирования 1 ПФС, описана эволюция развития и проектирования эндопротезов 1 ПФС, представлена классификация наиболее распространенных имплантов 1 ПФС. Отбор научных источников проведен в информационных системах PubMed, eLIBRARY, MedLine, Scopus с использованием следующих поисковых слов и словосочетаний: эндопротезирование первого плюснефалангового сустава, оперативное лечение *hallux rigidus*, остеоартроз первого плюснефалангового сустава, results of endoprosthetics of the 1st metatarsophalangeal joint, modernization of implants of the 1st metatarsophalangeal joint. В анализ включены материалы, опубликованные с 1968 по 2022 г. Кроме того, в данный обзор вошли сведения статей, посвященных функциональной анатомии и биомеханике 1 ПФС.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важную роль для успешного проведения эндопротезирования 1 ПФС и исключения интра- и послеоперационных осложнений играет знание анатомии и биомеханики этой структуры.

1 ПФС состоит из 4 костей и включает в себя головку первой плюсневой кости, основание проксимальной фаланги первого пальца, а также две эллипсоидные сесамовидные кости. По форме этот сустав относят к шаровидным. Он имеет 3 степени свободы: сгибание/разгибание, отведение/приведение, наружная/внутренняя ротация. На подошвенной поверхности головки первой плюсневой кости имеются две борозды, разделенные гребнем, образующие суставные фасетки для сесамовидных костей, включенные в толщу капсулы сустава, которая представляет собой площадку и образует сесамовидный гамак [10].

Капсула 1 ПФС проксимально крепится к нижней части головки первой плюсневой кости, а дистально — к основанию проксимальной фаланги первого пальца. По бокам капсула укреплена коллатеральными связками, которые придают суставу дополнительную стабильность. С медиальной стороны к связке сесамовидного гамака фиксируется сухожилие мышцы, приводящей большой палец стопы, и медиальная головка сухожилия короткого сгибателя первого пальца. К латеральной части капсулы прикрепляется сухожилие мышцы, отводящей первый палец, и латеральная головка сухожилия короткого сгибателя первого пальца. Сесамовидные кости участвуют в равномерном распределении нагрузки, защите плюсневой и фаланговой суставных поверхностей и служат опорой в фазе толчка. Также сесамовидный гамак входит в состав фиброзно-хрящевой подошвенной пластины и создает прочную связь между звеньями сустава. С тыльной стороны 1 ПФС укреплен сухожилием мышцы короткого разгибателя первого пальца, который прикрепляется к верхней части основной фаланги, и сухожилием длинного разгибателя первого пальца, фиксирующегося к дистальной фаланге. Оба сухожилия закреплены фиброзным капюшоном, который вплетается в капсулу и дополнительно укрепляет сустав [11, 12].

Около 40 % цикла шага нагрузка приходится на передний отдел стопы. При этом она постепенно перераспределяется с латерального отдела на медиальный, из чего можно сделать вывод, что 1 ПФС имеет важную функцию в биомеханике ходьбы. Амплитуда движений в 1 ПФС в норме достигает 45° подошвенного сгибания и 90° тыльного сгибания при пассивных движениях, а под нагрузкой — 44°. В результате оценки нагрузки, действующей на 1 ПФС во время ходьбы, измеренной во время конечной фазы опоры стопы, предложено среднее значение силы, действующей на сустав, равное $0,86 \times \text{масса тела}$. Для 70-килограммового человека это значение равняется 61 Н [13, 14].

Исследования последних лет доказали, что звенья анатомических структур в виде связок, мышц, костей и капсулы 1 ПФС являются единым целым, в котором патология любой составляющей приводит к каскаду биомеханических нарушений и необратимым последствиям [15].

Исторически первоначальной целью создания эндопротеза 1 ПФС была разработка конструкции такой же простой и надежной, как современные импланты коленного или тазобедренного суставов. Однако при проектировании возникали трудности со структурными и функциональными особенностями 1 ПФС. Основная классификация наиболее распространенных эндопротезов 1 ПФС представлена в таблице 1.

Таблица 1

Классификация наиболее распространенных эндопротезов 1 ПФС [18, 19]

I. Гемизендопротезы	
	Силиконовые эндопротезы Swanson, 1968 г.; эндопротезы дизайна Swanson с модификацией по Weil, 1977 г.
	Металлические эндопротезы Swanson, 1986 г.; Townley, 1986 г.; HemiCap первого поколения, производство Arthrosurface, 1998 г.; HemiCap второго поколения, производство Arthrosurface, 2012 г.
II. Тотальные эндопротезы	
Связанные	Двустольный шарнирный силиконовый эндопротез 1 ПФС, дизайн Swanson, 1974 г.
	Двустольный шарнирный силиконовый эндопротез 1 ПФС с полиэстеровыми рукавами и дополнительным шовным материалом дизайна Kampner, производства Sutter Biomedical, 1971 г.
	Двустольный шарнирный силиконовый эндопротез 1 ПФС, дизайн Лоуренс и дизайн LaPorta, производства Sutter Biomedical, 1982 г.
	Двустольный силиконовый эндопротез 1 ПФС с дакроновым покрытием дизайна Helal, 1977 г. Двустольный шарнирный силиконовый эндопротез 1 ПФС, дизайн Swanson с титановыми втулками, производство Wright Medical, 1985 г.
Несвязанные с парой трения металл-полимер	Тотальный эндопротез производства Richards Manufacturing с фаланговым компонентом из полиэтилена сверхвысокой молекулярной массы и плюсневый компонентом из нержавеющей стали, 1975 г.
	Тотальный эндопротез системы Total Toe System производства Biomet с плюсневый компонентом, изготовленным из титана, и фаланговым — из полиэтилена (Варшава, США), 1989 г.
	Тотальный эндопротез Bio action great toe implant производства Osteomed с плюсневый компонентом, изготовленным из кобальт-хрома, и фаланговым — из полипропилена (Техас, США), 1991 г.
Несвязанные с парой трения керамика-керамика	Эндопротез производства Moje Ceramic (Германия), 2004 г.
Несвязанные с парой трения металл-металл	Тотальный эндопротез системы Movement Great Toe System производства Integra (Нью-Джерси, США), 2019 г.
III. Интерпозиционные эндопротезы	
	Эндопротез дизайна Regno из нержавеющей стали, 1975 г.
	Эндрпротез дизайна Barouk из нержавеющей стали, 1987 г.
	Гидрогелевый эндопротез из поливинилового спирта производства CARTIVA (Джорджия, США), 2016 г.

На сегодняшний день эндопротезы 1 ПФС делятся на следующие категории:

- 1) по ограничению степеней свободы: связанные или несвязанные;
- 2) по трибологической паре: металл-металл, металл-полиэтилен, керамика-керамика, пироуглерод, силикон;
- 3) по количеству замещения суставных поверхностей: униполярные или биполярные [16].

Для выбора имплантата важно оценить степень разрушения суставных поверхностей головки плюсневой кости и основания проксимальной фаланги. В литературе нет точных рекомендаций для выбора того или иного имплантата, в большинстве случаев тактику определяет именно хирург, основываясь на собственном опыте, знакомстве с эндопротезом и оборудованием, используемым для операции [17].

Силиконовые эндопротезы

А.В. Swanson в 1968 г. впервые разработал два типа силиконовых полуинтерпозиционных имплантатов. Первым использовали эндопротез головки плюсневой кости, который впоследствии был заменен имплантом для основания проксимальной фаланги первого пальца стопы. Он представлял собой одностольную конструкцию с силиконовой головкой и ножкой, предназначенной для замены суставной поверхности основания проксимальной фаланги (рис. 1, а). А.В. Swanson полагал, что имплант, размещенный именно на этой стороне сустава, станет наиболее стабильным, поскольку он не будет подвергаться чрезмерной нагрузке. Эндопротез использовался по принципу артропластики Келлера и действовал как распорка в межсуставной щели; объем движений при этом увеличился незначительно [20, 21]. Н.В. Ris et al. в своих исследованиях сообщили о состоянии 53 пациентов через 48 месяцев после операции, у которых были установлены 68 силиконовых гемимплантатов конструкции Swanson. Физикальное обследование пациентов выявило уменьшение объема движений в 1 ПФС по сравнению с первоначальными показателями, зафиксированными у 62 % пациентов. Разрушение имплантата отмечено в 57 % случаев при рентгенологическом исследовании [22].

В 1971 г. S.L. Kampner разработал первый двустольный силиконовый имплант, который изготавливался из силикона и полиэфирного материала. Первая конструкция содержала рукава из полиэстера, прикрепленные к ножкам, а также шовный материал для фиксации к надкостнице и улучшения стабильности эндопротеза. Дизайн с полиэстеровыми рукавами был позже снят с производства в связи с развитием тугоподвижности сустава и повышением нагрузки на шарнирную часть [23, 24].

В 1974 г. А.В. Swanson представил двустольную конструкцию с двумя конусными ножками и гибким и-образным шарниром, который обеспечивал тыльное сгибание (рис. 1, б). Шарнир этого эндопротеза подвергался критике за то, что он не достигает физиологического объема движений. Изгиб ножек во фронтальной и боковой плоскостях отсутствовал. При установке оригинальной конструкции хирургу часто приходилось укорачивать ножку фалангового имплантата. Спустя год А.В. Swanson et al. представили силиконовый имплант с укороченными ножками [25].

В 1985 г. компания Wright Medical изготовила двустольный эндопротез дизайна Swanson с титановыми втулками. Эти втулки разработаны для защиты ножек эндопротеза в наиболее уязвимом месте между краем резецированной кости и шарниром имплантата. Втулки запрессовывались в костномозговые каналы перед установкой имплантата [26]. В 1991 г. J. Gerbert провел ретроспективный анализ результатов эндопротезирования пациентов имплантатами Swanson с титановыми втулками. Были исследованы 22 пациента за период 33 месяца, средний возраст составил 61 год. Анкетирование проводили по шкале PASCAM (Podiatric Audit in Surgery and Clinical Outcome Measure), в 72 % случаев получены удовлетворительные результаты. Угол тыльного сгибания 1 пальца составил в среднем 21° [27, 28].

В 1982 г. компания Sutter Biomedical представила несколько конструкций силиконовых шарнирных имплантатов 1 ПФС стопы дизайна LaPorta и дизайна Lawrence (рис. 1, в, г). Эти эндопротезы в настоящее время производит компания Futura Biomedical. Обе конструкции включают в себя прямоугольно-конические ножки. Проксимальная ножка немного крупнее и длиннее дистальной, наклонена на 15° в тыльную сторону. Эта особенность включена в конструкцию, чтобы обеспечить физиологическое наклонение первой плюсневой кости без дополнительного напряжения шарнирной части. Имплант LaPorta подразделяется на правые, левые и нейтральные варианты компонентов, которые отличаются друг от друга углом наклона ножек в горизонтальной плоскости. У нейтрального дизайна угол наклона ножек в горизонтальной плоскости равен 0°, у правого и левого варианта угол наклона равен 10°. Имплантат Lawrence имеет нейтральную форму. Шарнир обоих имплантатов имеет форму песочных часов, при этом сгибание происходит в центральной части соединения. Конструкция LaPorta симметрична от тыльной до подошвенной части и рассчитана на 60° тыльного сгибания. Обе стороны головок имеют плоскую поверхность для того, чтобы обеспечить полное прилегание к костным краям. Дизайн Lawrence отличается тем, что шарнирная часть основной фаланги удлинена тыльно и наклонена вниз. Его основным преимуществом является обеспечение 85° тыльного сгибания. Подошвенный угол

на фаланговой стороне шарнира позволяет уменьшить объем резекции основной фаланги и, таким образом, увеличивает стабильность сустава за счет сохранения места прикрепления ножек сухожилия сгибателя [29, 30, 31].

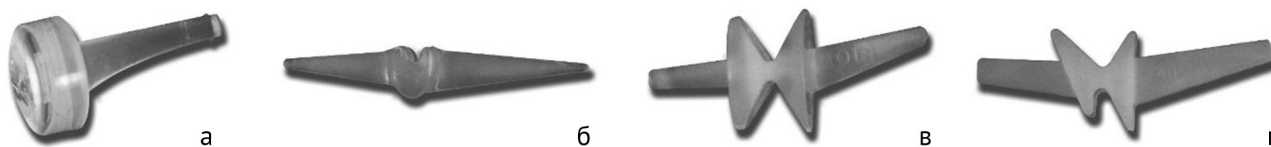


Рис. 1. Внешний вид силиконовых эндопротезов 1 ПФС: а — одноствольный эндопротез 1 ПФС, дизайн Swanson, 1965 г.; б — двуствольный шарнирный эндопротез 1 ПФС, дизайн Swanson, 1974 г.; в — двуствольный шарнирный эндопротез 1 ПФС дизайн LaPorta, производство Sutter Biomedical, 1982 г.; г — двуствольный шарнирный эндопротез 1 ПФС, дизайн Lawrence, производство Sutter Biomedical, 1982 г. [26]

Проведено несколько исследований для оценки эффективности гибких шарнирных имплантатов. В 1989 г. W. Granberry et al. провели ретроспективное исследование 90 пациентов после эндопротезирования силиконовыми гибкими шарнирными эндопротезами в течение трех лет. Большинство пациентов указало на удовлетворительные результаты в отношении интенсивности боли. W. Granberry обнаружил три основных недостатка в использовании гибких шарнирных имплантатов. При осмотре у 30 % пациентов тыльное сгибание в 1 ПФС достигало менее 15° (тыльное сгибание первого пальца стопы является ключевым компонентом биомеханики ходьбы человека). Вторым осложнением являлось появление поражений кожи. У 69 % пациентов отмечались болезненные кератозы по подошвенной поверхности стопы в проекции головки первой плюсневой кости в результате укорочения первого луча. Третьим осложнением, отмеченным W. Granberry et al., было образование остеофитов в области 1 ПФС или вокруг него. Рентгенологическое исследование выявило образование остеофитов вокруг имплантата у 53 % пациентов [32].

Металлические эндопротезы

Металлические гемиэндопротезы разработаны, в основном, с целью устранения избыточной резекции суставной поверхности и укорочения первого луча при установке силиконовых имплантов [33]. В 1986 г. A.B. Swanson разработал гемиимплант из титана, который применялся для замены суставной поверхности основной фаланги (рис. 2, а). В 1987 г. C.O. Townley модифицировал эндопротез и начал его производить из сплава кобальта и хрома (рис. 2, б). Он отличался тонким мечевидным стержнем, при установке которого не требовалось дополнительной обработки костномозгового канала. В том числе, этот имплант включал в себя тонкую головку, что позволяло ограничить резекцию проксимальной фаланги и сохранить прикрепленные мягкие ткани. Эндопротезы производит компания Wright Medical в пяти размерах (от 0 до 4). Фаланговые полуимпланты не в полной мере уменьшали болевой синдром и улучшали подвижность сустава, так как первоначально не выполняли обработку дегенеративно измененной головки первой плюсневой кости. Впоследствии процедура шлифовки головки первой плюсневой кости стала обязательной при имплантации эндопротезов данной модели [34].

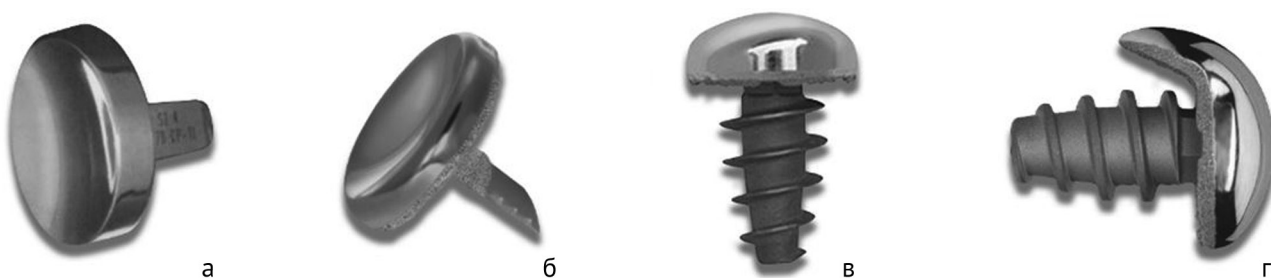


Рис. 2. Внешний вид металлических гемиэндопротезов 1 ПФС: а — гемиэндопротез 1 ПФС, дизайн Swanson, производство Wright Medical, Теннесси, США, 1986 г.; б — гемиэндопротез 1 ПФС, дизайн Townley, производство Wright Medical, Теннесси, США, 1986 г.; в — гемиэндопротез головки первой плюсневой кости HemiCap первого поколения, компания Arthrosurface, Массачусетс, США, 1998 г.; г — гемиэндопротез головки первой плюсневой кости HemiCap второго поколения, компания Arthrosurface, Массачусетс, США, 2012 г. [37]

K.F. Konkel et al. в 2009 г. провели ретроспективный анализ результатов лечения 33 пациентов с артрозом 1 ПФС, которым были установлены гемиэндопротезы. Средний период наблюдения составил 6 лет. У пациентов с ранними признаками артроза третьей степени был выявлен рецидив роста тыльного остеофита. По принятой в США шкале AOFAS (Шкала клинической оценки заболеваний стопы и голеностопного сустава Американской Ассоциации Ортопедов Стопы и Голеностопного Сустава) результаты лечения составили 67 баллов [18].

В 1998 г. также была разработана конструкция первого поколения для эндопротезирования головки плюсневой кости компанией Arthrosurface (Массачусетс, США) и названа HemiCap (рис. 2, в). Это двухкомпонентный имплант, суставная часть которого имела форму головки с кобальт-хромовой суставной поверхностью, а фиксирующий компонент представлял собой конический титановый винт для фиксации в плюсневой кости [35].

В 2012 г. компания Arthrosurface разработала имплантат второго поколения для головки первой плюсневой кости. Предыдущий имплантат HemiCap, используемый для гемиартропластики, был модернизирован и получил название HemiCap DF (Dorsal Flange) (рис. 2, г). В новой конструкции HemiCap DF используется тыльный козырек, предназначенный для улучшения тыльного сгибания первого пальца во время ходьбы. Тыльный козырек, который изгибается на поверхности головки первой плюсневой кости, также предотвращает частое послеоперационное осложнение — повторный рост остеофитов [36].

В 2021 г. P.H. Jørsboe et al. провели анализ 116 пациентов, которым ранее был установлен эндопротез HemiCap первого и второго поколения. Через 2 года, 4 года и 6 лет после операции приживаемость протеза составила 87 %, 83 % и 74 % соответственно. При среднем пятилетнем наблюдении у 47 пациентов тыльное сгибание — 45°. Функциональные результаты, оцененные по шкале AOFAS, были $77,2 \pm 2,8$ балла и по Визуальной Аналоговой Шкале (ВАШ) — $2,0 \pm 1,6$ балла [38].

Во времена роста популярности двухстержневых силиконовых имплантов также свершилась «революция» в создании двухкомпонентных несвязанных эндопротезов. Силиконовые эндопротезы выходили из строя, главным образом, вследствие чрезмерного износа и стесненной конструкции. С более глубоким пониманием биомеханических характеристик 1 ПФС возникла потребность в конструкции, которая учитывала бы весовые нагрузки, скольжение и разнонаправленную подвижность сустава. Поскольку 1 ПФС является шарнирным суставом, при сгибании проксимальной фаланги под углом более 30° его ось в горизонтальной плоскости смещается в тыльную сторону. Поскольку силиконовые имплантаты с двумя ножками не были адаптированы к нормальному физиологическому объему движений, аномальные нагрузки, приложенные к имплантату, в конечном итоге приводили к его разрушению [39]. В 1985 г. A.M. Zeichner попытался сконструировать шаровидный эндопротез из существующих в то время материалов, чтобы избежать эффекта поршневой кинематики, характерного для шарнирных имплантатов, и создать протез с переменной осью [40]. P.F. Merkle и T.P. Sculco в 1989 г. разработали имплант из титанового сплава и полиэтилена высокой плотности и использовали полиметилметакрилатный костный цемент для его фиксации. Их конструкция не включала интрамедуллярную ножку на плюсневом компоненте. Из-за высокой частоты расшатывания (54,5 %) два имплантата были удалены. Авторы пришли к выводу, что эндопротезирование 1 ПФС с цементной фиксацией не дало удовлетворительных результатов, и рекомендовали дальнейшие исследования для улучшения методов фиксации [41].

Лишь в 1989 г. R.D. Koenig разработал двухкомпонентную систему для замены 1 ПФС, аналогичную той, которая используется для замены коленного сустава. Компонент головки плюсневой кости имел интрамедуллярный стержень и был изготовлен из титанового сплава. Для сочленения с сесамовидными костями, несущими нагрузку, в его состав входила подошвенная поверхность, воспроизводящая мышелки головки плюсневой кости. Фаланговый компонент изготовлен из полиэтилена сверхвысокой молекулярной массы с интрамедуллярным стержнем, и оба компонента устанавливали методом press-fit [42]. В настоящее время аналогичную систему Total Toe System выпускает компания Biomet (США, г. Варшава). Для нее характерны полностью полиэтиленовые или титановые фаланговые компоненты. Для улучшения интеграции в костномозговой канал производят плазменное напыление обеих ножек (рис. 3, а) [43].

В 1991 г. R.D. Koenig наблюдал 18 пациентов спустя 18 мес. после оперативного лечения, исследовал рентгенограммы для измерения межплюсневой угла, угла отведения большого пальца, длины первой плюсневой кости и определения положения импланта. Только в 7 случаях получено правильное положение эндопротеза и полная остеоинтеграция. В 12 случаях достигнут полный объем движения в 1 ПФС, а в одном случае при выявлении металлоза потребовалась ревизия. Впоследствии R.D. Koenig и L.R. Horwitz в 1996 г. опубликовали исследования 61 пациента за 5-летний послеоперационный период. У 80,5 % пациентов получены отличные результаты, и в 10 % случаев отмечены разной степени неудовлетворительные исходы [44].

В 1991 г. компания Orthopedic Bio-systems разработала имплант системы Bioaction Great Toe System. Данный эндопротез имеет плюсневый компонент, изготовленный из кобальт-хрома, и фаланговый компонент, изготовленный из титана и полиэтиленовой вставки. В настоящее время эта конструкция производится компанией Osteomed. R.S. Pulavarti et al. сообщили о 77 % удовлетворенных пациентов, в то время как у 23 % были выявлены рентгенологические признаки расшатывания и проседания импланта [45].

В 2019 г. на рынке появилась система Movement Great Toe System, произведенная в США (Integra, Нью-Джерси), — новый тотальный имплант (рис. 3, б). Компоненты анатомической формы имеют кобальт-хромовую суставную поверхность. Для улучшения остеоинтеграции по задней поверхности эндопротеза

за произведено титановое плазменное напыление. Конструкция ножки данного импланта отличается от других моделей, представленных на рынке. Цилиндрическая ножка с четырьмя ребрами обеспечивает улучшенную фиксацию и антиротационную стабильность. Для предотвращения повторного образования остеофитов плюсневый компонент имеет тыльный козырек. Компонент проксимальной фаланги содержит отверстия для швов на подошвенной части имплантата, что позволяет повторно прикрепить сгибательный аппарат в случае его повреждения. Эндопротез впервые имплантирован в январе 2018 г., и выпускается в четырех размерах [46].

М.Д. Johnson в 2016 г. проанализировал 35 пациентов с артрозом 1-го ПФС спустя 2 года после эндопротезирования, проведенного с использованием системы Movement Great Toe System. Он выяснил, что 82 % пациентов были удовлетворены результатами по шкале PASCAM, а 62,9 % избавились от боли при ходьбе в обуви. Средний диапазон движений составил 57,6° при тыльном сгибании и 10,5° при подошвенном сгибании. Рентгенологических признаков расшатывания компонентов имплантата не было [47].

Керамические эндопротезы

В 1994 г. компания Moje Ceramic Implants (Petersperg, Германия) представила циркониевые керамические имплантаты для 1 ПФС. Плюсневый компонент имеет полусферическую форму, а фаланговый компонент — вогнутую. Их первоначальная конструкция включала два позиционирующих титановых винта для плюсневых и фаланговых компонентов, в то время как в современной конструкции используется метод press fit (рис. 3, в). Имплантат подвергают плазменному напылению с кристаллами апатита и фостерита для улучшения остеоинтеграции, он обладает очень хорошей биосовместимостью и превосходной устойчивостью к износу [48, 49].



Рис. 3. Внешний вид тотальных эндопротезов 1 ПФС: а — эндопротез системы Total Toe System, производство Biomet, Варшава, США, 1989 г.; б — эндопротез системы Movement Great Toe System, производство Integra, Нью-Джерси, США, 2019 г.; в — керамический эндопротез фирмы Moje Ceramic Implants, Петербург, Германия, 2004 г. [51]

В 2020 г. М.Т. Nagy et al. исследовали 30 пациентов после установки керамического тотального эндопротеза первого плюснефалангового сустава. Средний период наблюдения составил 81 ± 27 мес. после операции, средний диапазон пассивных движений сустава — 32° тыльного сгибания, средний балл по шкале AOFAS — 84 баллов. Довольны результатом 24 пациента (84 %). На последующих рентгенограммах выявлено изменение угла наклона эндопротеза, а также обнаружена миграция проксимального или дистального компонентов. В осложнения включен один случай раневой инфекции. Ревизия выполнена в 5 случаях (16 %) из-за расшатывания, миграции, подвывиха или разрушения ножки импланта. Приживаемость эндопротезов составила 92 % через 5 лет, 85 % — через 7 лет и 78 % — через 9 лет [50].

Гидрогелевые эндопротезы

Новый гидрогелевый имплант из поливинилового спирта (CARTIVA, Джорджия, США) получил одобрение Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов в июле 2016 г. (рис. 4) и был апробирован в Великобритании и Канаде. Оба исследования показали многообещающие результаты до выхода на рынок США. Имплант, изготовленный из гидрогеля поливинилового спирта, при установке действует как прокладка между первой плюсневой костью и основанием проксимальной фаланги. Поскольку поливиниловый спирт нетоксичен и не канцерогенен, его используют при производстве контактных линз и упаковочных материалов для пищевых продуктов. По своей способности сопротивляться нагрузкам он при давлении в 17 МПа имеет предельную прочность на растяжение, сравнимую с хрящом человека, а также аналогичное содержание воды [52, 53].



Рис. 4. Гидрогелевый эндопротез 1 ПФС из поливинилового спирта (CARTIVA, Джорджия, США, 2016 г.) [54]

В проспективном исследовании, выполненном в 2018 г., J. Baumhauer et al. сравнили синтетический гидрогелевый имплант с артродезом по безопасности и эффективности (артродез первого плюснефалангового сустава применяют для лечения тяжелых степеней артроза). По завершении 24-мес. исследования в обеих группах пациентов, перенесших как эндопротезирование гидрогелевым имплантом Cartiva, так и артродезирование, отмечено значительное снижение интенсивности боли по шкале ВАШ. Частота повторных операций в группе после эндопротезирования имплантом из синтетического хряща составила 11 %, что эквивалентно частоте повторных операций в группе артродеза первого плюснефалангового сустава (12 %). Имплант из гидрогеля сохранил функцию и тыльное сгибание (в среднем 29,7°). Рентгенологические сравнения не выявили расшатывания или разрушения имплантата, хотя у двух пациентов в проксимальной фаланге образовалась периостальная киста [55, 56].

W. Lee et al. в течение 26 мес. исследовали 90 пациентов, перенесших установку гидрогелевого имплантата. Средний балл по шкале ВАШ составлял 4,0, по шкале AOFAS — 64 балла. На послеоперационных обзорных рентгенограммах, проведенных через 4 нед. после операции, миграцию имплантата наблюдали в 60 % случаев, а при последующих осмотрах — в 90 %. Резорбция кости, развившаяся вокруг имплантата, выявлена при рентгенографии у 50 % пациентов [57, 58].

В целом, концепция гидрогелевых эндопротезов выглядит многообещающей. Для предотвращения миграции протезов этой разновидности, тем не менее, требуется провести значительную модернизацию их конструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование силиконовых эндопротезов обеспечило удовлетворительные функциональные результаты в 72 % случаев по шкале PASCAM. Наилучшего результата среди силиконовых имплантов достигло применение двустольного эндопротеза Swanson с титановыми втулками. Использование металлических гемизендопротезов в наилучшем варианте показало 74 % приживаемости имплантата и 77 баллов по шкале AOFAS при применении имплантата HemiCup DF. Результаты применения тотальных металлических эндопротезов показали 82 % удовлетворительных результатов по шкале PASCAM после установки эндопротеза системы Movement Great Toe System. После использования керамических тотальных имплантов фирмы Moje Ceramic пациенты были удовлетворены в 85 % случаев. Применение гидрогелевых эндопротезов показало до 50 % неудовлетворительных результатов. Эндопротезирование 1 ПФС претерпело значительные изменения за последние шесть десятилетий, а достижения в области технологий способствовали прогрессивным изменениям в материалах и хирургической технике. Импланты нового поколения имеют более прочную конструкцию, анатомичную форму, улучшенную остеоинтеграцию, их изготавливают из наиболее износостойких материалов. Эти достижения обеспечили повышение удовлетворенности пациентов и увеличение срока службы эндопротезов. Количество ревизионных операций после эндопротезирования 1 ПФС на сегодняшний день уменьшается и сопоставимо с числом повторных операций после артродезирования. Тем не менее, остается высокий процент осложнений после эндопротезирования 1 ПФС. Это свидетельствует о необходимости продолжения исследований и дальнейшей работы по усовершенствованию имплантов, чтобы сделать их более эффективными и удобными в использовании.

Конфликт интересов. Отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Работа включена в план исследовательской работы Самарского медицинского университета. Отсутствие внешнего финансирования при проведении исследования.

Этическая экспертиза не требуется.

Информированное согласие пациентов в случае данного исследования не применимо.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карданов А.А. Хирургическая коррекция деформация стопы. М.: Медпрактика-М; 2016:220.
2. Хирургия стопы и голеностопного сустава. Многосторонний подход. Под ред. Хайера К.Ф., Берлета Г.Ч., Филбина Т.М. и др.; науч. ред. пер. О. А. Каплунов. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022:528.
3. Márquez JA, Oliva XM. Hallux rigidus: aetiology, diagnosis, classification and treatment. *Rev esp cir ortop traumatol.* 2010;54(5):321-328. doi: 10.1016/S1988-8856(10)70254-6
4. Нурмухаметов М.Р. Принципы хирургического лечения больных с остеоартритом I плюснефалангового сустава. *Научно-практическая ревматология.* 2018;56(3):122-125. doi: 10.14412/1995-4484-2018-363-372
5. Hamid KS, Parekh SG. Clinical Presentation and Management of Hallux Rigidus. *Foot Ankle Clin.* 2015;20(3):391-9. doi: 10.1016/j.fcl.2015.04.002
6. Бобров Д.С., Слияков Л.Ю., Ченский А.Д. и др. Деформирующий остеоартроз первого плюснефалангового сустава, или ригидный I палец стопы: клиника, диагностика и лечение (аналитический обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2014;(3):4-12.
7. Brage ME, Ball ST. Surgical options for salvage of end-stage hallux rigidus. *Foot Ankle Clin.* 2002;7(1):49-73. doi: 10.1016/S1083-7515(01)00004-3
8. Turner WA, Merriman LM. *Clinical Skills in Treating the Foot.* 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone Publ.; 2005:496.

9. Sullivan MR. Hallux rigidus: MTP implant arthroplasty. *Foot Ankle Clin.* 2009;14(1):33-42. doi: 10.1016/j.fcl.2008.11.009
10. Joyce TJ. Implants for the first metatarsophalangeal joint and prospective considerations. *Expert Rev Med Devices.* 2005;2(4):453-464. doi: 10.1586/17434440.2.4.453
11. Stone OD, Ray R, Thomson CE, Gibson JN. Long-Term Follow-up of Arthrodesis vs Total Joint Arthroplasty for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2017;38(4):375-380. doi: 10.1177/1071100716682994
12. Linklater JM. Imaging of sports injuries in the foot. *AJR Am J Roentgenol.* 2012;199(3):500-508. doi: 10.2214/AJR.12.8547
13. Stokes IA, Hutton WC, Stott JR. Forces acting on the metatarsals during normal walking. *J Anat.* 1979;129(Pt 3):579-590.
14. Santos Silva M, Rodrigues-Pinto R, Barros LH, Sousa A, Muras J. Arthrodesis versus Arthroplasty of the First Metatarsophalangeal Joint in the Treatment of Hallux Rigidus - A Comparative Study of Appropriately Selected Patients. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 2020;55(1):40-47. doi: 10.1055/s-0039-1700815
15. Hallinan JTPD, Statum SM, Huang BK, et al. High-Resolution MRI of the First Metatarsophalangeal Joint: Gross Anatomy and Injury Characterization. *Radiographics.* 2020;40(4):1107-1124. doi: 10.1148/rq.2020190145
16. Vulcano E, Chang AL, Solomon D, Myerson M. Long-Term Follow-up of Capsular Interposition Arthroplasty for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1):1-5. doi: 10.1177/1071100717732124
17. Perler AD, Nwosu V, Christie D, Higgins K. End-stage osteoarthritis of the great toe/hallux rigidus: a review of the alternatives to arthrodesis: implant versus osteotomies and arthroplasty techniques. *Clin Podiatr Med Surg.* 2013;30(3):351-395. doi: 10.1016/j.cpm.2013.04.011
18. Konkel KF, Menger AG, Retzlaff SA. Results of metallic Hemi-Great Toe Implant for Grade III and early Grade IV hallux rigidus. *Foot Ankle Int.* 2009;30(7):653-660. doi: 10.3113/FAI.2009.0653
19. Dos Santos AL, Duarte FA, Seito CA, et al. Hallux Rigidus: prospective study of joint replacement with hemiarthroplasty. *Acta Ortop Bras.* 2013;21(2):71-75. doi: 10.1590/S1413-78522013000200001
20. Vanore J, O'Keefe R, Pisker I. Complications of silicone implants in foot surgery. *Clin Podiatry.* 1984;1(1):175-198.
21. Poutoglidou F, Drummond I, Ha J, et al. Thou Shalt Not Fuse: Implant Survival Outcomes And Complications Following Arthroplasty In Hallux Rigidus. *J Foot Ankle Surg (Asia-Pacific).* 2023;10(4):175-181. doi: 10.5005/jp-journals-10040-1316
22. Ris HB, Mettler M, Engeloch F. Langzeitergebnisse mit der Silastik-Endoprothese nach Swanson am Grosszehengrundgelenk. Diskrepanz zwischen Klinik und radiologischem Befund. *Zeitschr Orthop.* 1988;126:526-529. doi: 10.1055/s-2008-1044478
23. Kampner SL. Total joint replacement in bunion surgery. *Orthopedics.* 1978;1(4):275-84. doi: 10.3928/0147-7447-19780701-03
24. Kampner SL. Total joint prosthetic arthroplasty of the great toe--a 12-year experience. *Foot Ankle.* 1984;4(5):249-261. doi: 10.1177/107110078400400506
25. Swanson AB, Lumsden RM, Swanson GD. Silicone implant arthroplasty of the great toe. A review of single stem and flexible hinge implants. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;(142):30-43.
26. Hetherington VJ, Cwikla PS, Malone M. Review of First Metatarsophalangeal Joint Implants. In: Hetherington VJ. (eds.) *Textbook of Hallux Valgus and Forefoot Surgery.* 2000:347-358.
27. Gerbert J. *Textbook of Bunion Surgery.* 4th ed. London; Eurospan Publ.; 2012:388.
28. Clough TM, Ring J. Silastic first metatarsophalangeal joint arthroplasty for the treatment of end-stage hallux rigidus. *Bone Joint J.* 2020;102-B(2):220-226. doi: 10.1302/0301-620X.102B2.BJJ-2019-0518.R2
29. Jarvis BD, Moats DB, Burns A, Gerbert J. Lawrence design first metatarsophalangeal joint prosthesis. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1986;76(11):617-624. doi: 10.7547/87507315-76-11-617
30. Hetherington VJ, Cuesta AL. Implant arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint and alternatives. In Levy LA, Hetherington VJ (eds.) *Principles and Practice of Podiatric Medicine.* New York: Churchill Livingstone Publ.; 1990:1005.
31. Dobbs B. LaPorta great toe implant. Long-term study of its efficacy. Student Research Group. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1990;80(7):370-373. doi: 10.7547/87507315-80-7-370
32. Granberry W, Schafer KA, McCormick JJ, Marks RM. Forefoot Success. *Instr Course Lect.* 2021;70:587-610.
33. Joyce TJ. Implants for the first metatarsophalangeal joint and prospective considerations. *Expert Rev Med Devices.* 2005;2(4):453-464. doi: 10.1586/17434440.2.4.453
34. Brage ME, Ball ST. Surgical options for salvage of end-stage hallux rigidus. *Foot Ankle Clin.* 2002;7(1):49-73. doi: 10.1016/s1083-7515(01)00004-3
35. Hasselman CT, Shields N. Resurfacing of the First Metatarsal Head in the Treatment of Hallux Rigidus. *Tech Foot Ankle Surg.* 2008;7(1):31-40. doi: 10.1097/BTF.0b013e318165c356
36. Arthroscopic HemiCAP Resurfacing. In Wiesel SW. (ed.) *Operative Techniques in Orthopaedic Surgery.* 2nd ed. Philadelphia: LWW Publ.; 2015;4:135-146.
37. Butterworth ML, Ugrinich M. First Metatarsophalangeal Joint Implant Options. *Clin Podiatr Med Surg.* 2019;36(4):577-596. doi: 10.1016/j.cpm.2019.07.003
38. Jørsboe PH, Pedersen MS, Benyahia M, et al. Mid-Term Functionality and Survival of 116 HemiCAP® Implants for Hallux Rigidus. *J Foot Ankle Surg.* 2021;60(2):322-327. doi: 10.1053/j.jfas.2020.10.010
39. Park YH, Jung JH, Kang SH, et al. Implant Arthroplasty versus Arthrodesis for the Treatment of Advanced Hallux Rigidus: A Meta-analysis of Comparative Studies. *J Foot Ankle Surg.* 2019;58(1):137-143. doi: 10.1053/j.jfas.2018.08.045
40. Zeichner AM. Component first metatarsophalangeal joint replacement. A new approach. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1985;75(5):254-257. doi: 10.7547/87507315-75-5-254
41. Merkle PF, Sculco TP. Prosthetic replacement of the first metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle.* 1989;9(6):267-71. doi: 10.1177/107110078900900603
42. Boberg JS. Koenig total toe implant arthroplasty. In: Vickers NS, (ed.) *Reconstructive Surgery of the Foot and leg, Update 96.* Tucker, Ga: Podiatry Institute Publ.; 1996:136-138.
43. Koenig RD. Revision arthroplasty utilizing the Biomet Total Toe System for failed silicone elastomer implants. *J Foot Ankle Surg.* 1994;33(3):222-227.
44. Koenig RD, Horwitz LR. The Biomet Total Toe System utilizing the Koenig score: a five-year review. *J Foot Ankle Surg.* 1996;35(1):23-26. doi: 10.1016/s1067-2516(96)80008-1
45. Pulavarti RS, McVie JL, Tulloch CJ. First metatarsophalangeal joint replacement using the bio-action great toe implant: intermediate results. *Foot Ankle Int.* 2005;26(12):1033-1037. doi: 10.1177/107110070502601206
46. Barták V, Heřt J, Štědrý J, et al. Long-term results of total joint arthroplasty and phalangeal hemiarthroplasty of the first metatarsophalangeal joint using the ToFit Plus™ system. *Foot Ankle Surg.* 2022;28(1):56-61. doi: 10.1016/j.fas.2021.01.014

47. Johnson MD, Brage ME. Total Toe Replacement in the United States: What Is Known and What Is on the Horizon. *Foot Ankle Clin.* 2016;21(2):249-266. doi: 10.1016/j.fcl.2016.01.004
48. Arbuthnot JE, Cheung G, Balain B, et al. Replacement arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint using a ceramic-coated endoprosthesis for the treatment of hallux rigidus. *J Foot Ankle Surg.* 2008;47(6):500-504. doi: 10.1053/j.jfas.2008.08.007
49. Dawson-Bowling S, Adimonye A, Cohen A, et al. MOJE ceramic metatarsophalangeal arthroplasty: disappointing clinical results at two to eight years. *Foot Ankle Int.* 2012;33(7):560-564. doi: 10.3113/FAI.2012.0560
50. Nagy MT, Walker CR, Sirikonda SP. Second-Generation Ceramic First Metatarsophalangeal Joint Replacement for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2014;35(7):690-8. doi: 10.1177/1071100714536539
51. Johnson MD, Brage ME. Total Toe Replacement in the United States: What Is Known and What Is on the Horizon. *Foot Ankle Clin.* 2016;21(2):249-66. doi: 10.1016/j.fcl.2016.01.004
52. Richter M. Total joint replacement of the first metatarsophalangeal joint with Roto-Glide as alternative to arthrodesis. *Fuß Sprunggelenk.* 2019;17(1):42-50. doi: 10.1016/j.fuspru.2019.01.003
53. Daniels TR, Younger AS, Penner MJ, et al. Midterm Outcomes of Polyvinyl Alcohol Hydrogel Hemiarthroplasty of the First Metatarsophalangeal Joint in Advanced Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2017;38(3):243-247. doi: 10.1177/1071100716679979
54. Glazebrook M, Morash J, Alhadhoud M, Daniels TR. Preliminary Experience With Polyvinyl Alcohol Hydrogel Implant for Pathology of the Second Metatarsal Head. *Foot Ankle Int.* 2019;40(11):1304-1308. doi: 10.1177/1071100719866700
55. Baumhauer JF, Singh D, Glazebrook M, et al. Prospective, Randomized, Multi-centered Clinical Trial Assessing Safety and Efficacy of a Synthetic Cartilage Implant Versus First Metatarsophalangeal Arthrodesis in Advanced Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2016;37(5):457-469. doi: 10.1177/1071100716635560
56. Eble SK, Hansen OB, Chrea B, et al. Clinical Outcomes of the Polyvinyl Alcohol (PVA) Hydrogel Implant for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2020;41(9):1056-1064. doi: 10.1177/1071100720932526
57. Shimozone Y, Hurley ET, Kennedy JG. Early Failures of Polyvinyl Alcohol Hydrogel Implant for the Treatment of Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 2021;42(3):340-346. doi: 10.1177/1071100720962482
58. Lee W, Wang C, Prat D, et al. Patient Satisfaction Following Hallux Rigidus Treatment With a Synthetic Cartilage Implant. *Foot Ankle Spec.* 2023;16(6):527-536. doi: 10.1177/19386400211001993

Статья поступила 26.06.2023; одобрена после рецензирования 09.01.2024; принята к публикации 21.02.2024.

The article was submitted 26.06.2023; approved after reviewing 09.01.2024; accepted for publication 21.02.2024.

Сведения об авторах:

Геннадий Петрович Котельников — доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой, info@samsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>;

Андрей Николаевич Николаенко — доктор медицинских наук, доцент кафедры, nikolaenko.83@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3411-4172>;

Иван Олегович Гранкин — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры, grankindoc@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3742-8935>;

Виктор Вячеславович Иванов — кандидат медицинских наук, доцент кафедры, Viktor_travm@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2813-5826>;

Павел Юрьевич Исайкин — аспирант, pavelisaykin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0460-6638>;

Святослав Олегович Дороганов — аспирант, svdor95@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7169-5370>;

Денис Олегович Згирский — аспирант, zgi-denis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2650-5190>.

Information about authors:

Gennady P. Kotelnikov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department, info@samsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>;

Andrey N. Nikolaenko — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, nikolaenko.83@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3411-4172>;

Ivan O. Grankin — Candidate of Medical Sciences, assistant of the department, grankindoc@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3742-8935>;

Viktor V. Ivanov — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Viktor_travm@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2813-5826>;

Pavel Yu. Isaykin — graduate student, pavelisaykin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0460-6638>;

Svyatoslav O. Doroganov — graduate student, svdor95@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7169-5370>;

Denis O. Zgirsky — graduate student, zgi-denis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2650-5190>.

Вклад авторов:

Котельников Г.П. — концептуализация.

Николаенко А.Н. — контроль, управление проектом.

Гранкин И.О. — концептуализация, валидация.

Иванов В.В. — участие в оценке опыта зарубежных коллег и в сборе данных по теме статьи.

Исайкин П.Ю. — исследование, написание (первоначальный вариант, редактирование, визуализация).

Дороганов С.О. — визуализация, написание – редактирование.

Згирский Д.О. — консультирование на основании практического опыта использования некоторых видов эндопротезов, анализ литературных данных.

Главный редактор А.В. Бурцев

Компьютерная верстка М.А. Беляева

Перевод Т.А. Малкова, И.А. Саранских

Информационная поддержка сайта журнала О.Б. Борзунова, Е.А. Дворянцева

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
ПИ № ФС77-68207 от 30 декабря 2016 года

Территория распространения: Российская Федерация, зарубежные страны

Подписано в печать 16.04.2024. Дата выхода 27.04.2024

Формат 60 × 84 1/8. Усл. печ. л. 19

Тираж 75 экз. Заказ № 10317. Свободная цена

Адрес издателя, редакции журнала «Гений ортопедии»

640014, Россия, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6

<http://ilizarov-journal.com>

Отпечатано в Типографии «Эталон». 198097, г. Санкт-Петербург, ул. Трефолева, 2 литера БН, помещение 3-Н, офис 1