

СОВРЕМЕННЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ HALLUX RIGIDUS (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.А.Нурахметов², К.Б.Тажин¹, А.Н.Николаенко²

¹РГП на ПХВ «Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д.» Министерство здравоохранения Республики Казахстан, Казахстан, 010000, Астана, Казахстан

Телефон: +7(7172)640-960, E-mail: info@nscto.kz

²«Самарский государственный медицинский университет» Министерство Здравоохранения РФ Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 89, Телефон: +7 (846) 333-30-86, E-mail: info@samsmu.ru

Реферат

Актуальность. Hallux rigidus встречается примерно у 20-35% взрослого населения. Многообразие клинических и рентгенологических проявлений заболевания объясняет сложность создания универсальной классификации и выбора способа операции. Выбор конкретного оперативного вмешательства из всего разнообразия вариантов представляет собой трудную задачу, требующую учета различных клинических проявлений заболевания и ряда других индивидуальных факторов.

Цель: Обзор научной литературы и современных статей, затрагивающих проблему возникновения дисфункции первого плюснефалангового сустава, применяемого оперативного и консервативного лечения при данной патологии.

Материалы и методы. В представленном обзоре литературы проведён анализ зарубежных и отечественных научных публикаций, посвящённых вопросам лечения Hallux rigidus. В ряде случаев изложены собственные комментарии о выборе того или иного метода. Поиск научных статей за последние десять лет был выполнен в электронных базах данных GoogleScholar, PubMed, eLIBRARY, PubMedCentral по нижеуказанным ключевым словам.

Выводы: Выбор конкретной методики хирургического лечения hallux rigidus может представлять сложную задачу для хирурга ввиду многообразия клинических и рентгенологических проявлений заболевания. Важно помнить, что для принятия правильного решения, помимо клинических и рентгенологических проявлений артроза ПФС1, необходимо учитывать целый ряд факторов, определить которые можно только в процессе общения с пациентом. Консервативное лечение может купировать болевой синдром при Hallux Rigidus 0-1 степени. Однако, необходимы дополнительные исследования для определения оптимальных методов лечения и их эффективности. Также, имеющиеся хирургические

методы лечения Hallux Rigidus имеют свои особенности и достаточно недостатков. Для большей объективизации данных и выводов из представленной работы необходимы дальнейшие исследования, направленные, в том числе, на сравнение результатов использования различных техник.

Ключевые слова: Hallux rigidus, артродез первого плюснефалангового сустава, эндопротезирование первого плюснефалангового сустава, остеоартроз, остеотомия, артропластика.

CONTEMPORARY SURGICAL TREATMENT METHODS FOR HALLUX RIGIDUS (LITERATURE REVIEW)

A.A. Nurakhmetov², K.B. Tazhin¹, A.N. Nikolaenko²

¹*Republican State Enterprise on PHV "National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D.," Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan
(Nur-Sultan, Kazakhstan),*

Телефон: +7(7172)640-960, E-mail: info@nscto.kz

²*Samara State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Samara, Russia) Phone: +7 (846) 333-30-86, E-mail: info@samsmu.ru*

Abstract

Introduction. Hallux rigidus affects approximately 20-35% of the adult population. The variety of clinical and radiological manifestations of the disease explains the complexity of creating a universal classification and selecting the surgical approach. Choosing a specific surgical intervention from the wide range of options is a challenging task that requires consideration of various clinical manifestations of the disease and a number of other individual factors.

The purpose of this study was to conducting a review of Scientific Literature and Contemporary Articles Addressing the Issue of Dysfunction of the First Metatarsophalangeal Joint and the Application of Surgical and Conservative Treatments for this Pathology.

Materials and Methods. This literature review analyzes foreign and domestic scientific publications dedicated to the treatment of Hallux rigidus. In some cases, personal comments on the choice of a particular method are provided. A search for scientific articles over the past ten years was performed in the electronic databases GoogleScholar, PubMed, eLIBRARY, PubMedCentral by using keywords below.

Conclusions: The choice of a specific surgical treatment method for hallux rigidus can be a complex task for surgeons due to the variety of clinical and radiological manifestations of the disease. It is important to remember that, in addition to clinical and radiological manifestations of first metatarsophalangeal joint arthritis, a number of factors need to be considered, which can only be determined through communication with the patient. Conservative treatment may alleviate pain in Hallux Rigidus grades 0-1. However, further research is needed to determine the optimal treatment methods and their effectiveness. Additionally, existing surgical treatment methods for Hallux Rigidus have their own characteristics and significant drawbacks. Further research, including comparisons of the results of various techniques, is necessary for a more objective analysis of the data and conclusions presented in this study.

Keywords: Hallux rigidus, first metatarsophalangeal joint arthrodesis, first metatarsophalangeal joint endoprosthesis, osteoarthritis, osteotomy, arthroplasty.

ВВЕДЕНИЕ

Hallux rigidus — это заболевание, характеризующееся болью, которая усиливается при ходьбе, ограничением движения в суставе и особенно трудностями в тыльном сгибании.

В норме при динамической нагрузке (ходьба, бег) происходит "перекат" через стопу, при котором максимальное давление приходится последовательно с пятки на наружный край стопы и далее на головки I и V плюсневых костей. Дисфункция I ПФС (первый плюснефаланговый сустав) развивается у 35-40% людей, ведущих активный образ жизни и проявляется целым комплексом симптомов как: ограничение движения в суставе и невозможность пользоваться обычной обувью, что приводит к ограничению функции нижней конечности и в следствие чего снижается качество жизни пациентов [1,2,3].

Таким образом, особенности биомеханики стопы делают I ПФС наиболее значимым в ходьбе, а любая патология данного сустава проявляется нарушением функции стопы [4]. Это увеличивает инвалидность трудоспособного населения и создает сложности в выборе метода лечения [5].

Цель: Обзор научной литературы и современных статей, затрагивающих проблему возникновения дисфункции первого плюснефалангового сустава, применяемого оперативного и консервативного лечения при данной патологии.

Материалы и методы. В представленном обзоре литературы проведён анализ зарубежных и отечественных научных публикаций, посвящённых вопросам лечения Hallux rigidus. В ряде случаев изложены собственные комментарии о выборе того или иного метода.

Поиск научных статей за последние десять лет был выполнен в электронных базах данных GoogleScholar, PubMed, eLIBRARY, PubMedCentral по нижеуказанным ключевым словам.

РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ

По частоте встречаемости, среди всех деформаций I ПФС, артроз этого сустава занимает второе место после вальгусной деформации первого пальца стопы [6.7.8]. При этом двустороннее поражение в 80% случаев имеет наследственный характер [9]. Посттравматический остеоартроз возникает в более молодом возрасте, примерно на 10 лет раньше, чем первичный остеоартроз.

В Казахстане количество пациентов, страдающих заболеваниями голеностопного сустава и стопы, неуклонно растет несмотря на то, что артрозы I ПФС встречаются менее часто, чем других больших суставах. Согласно статистике ННЦТО имени академика Батпенова Н.Д. за период с 2017 по 2022 годы, 29,2% прооперированных пациентов с патологией суставов имели заболевания I ПФС. Из них 57,3% прошли операцию артродезирования, а 13,5% операцию артропластики по методу Шеде-Брандеса-ЦИТО.

ЭТИОЛОГИЯ

Согласно литературным данным в 1887 г. М. DaviesColley впервые описал состояние артроза I ПФС и резекцию основной фаланги, выполненную по поводу данной патологии [10], автор назвал патологию I ПФС- hallux flexus, отражавшее характерное для данной болезни положение большого пальца стопы. М. Mesa-Ramos и Р. Carpintero [11] приписывают первенство Nicoladini (1881), однако найти в доступной литературе указание на первоисточник нам не удалось. Наиболее же распространенное название – hallux rigidus – заболевание получило благодаря J.M. Cotteril в 1888 г. [12]. Предполагается множество этиологических факторов, включая чрезмерную длину первого луча, травму, аномально приподнятую первую плюсневую кость и положительный семейный анамнез. Однако большинство случаев, вероятно, являются идиопатическими. Механика походки часто менялась, поскольку во время цикла ходьбы 119% силы тела передается через I ПФС. Точная этиология остается предметом дискуссий, поскольку в литературе часто упоминаются травмы. В качестве ассоциативных факторов были определены Hallux valgus interphalangeus, женский пол, воспалительные и метаболические состояния. Клинические симптомы, физикальный осмотр и рентгенологические данные важны для оценки и классификации заболевания.

КЛАССИФИКАЦИЯ

Согласно классификации M.J. Coughlin и P.S. Shurnas выделяют пять стадии заболевания (от 0 до 4) и следующие характеристики: состояние суставной щели I ПФС, характер болевого синдрома и ограничение объема движения в суставе [13]. Нулевая стадия – нормальный размер

суставной щели, отсутствие боли и ограничений или незначительные ограничения объема движений в суставе.

Первая стадия характеризуется незначительным сужением суставной щели, периодически возникающими болевыми приступами и несущественным ограничением движений. При второй стадии в области I ПФС формируются остеофиты, наблюдается сужение суставной щели, возрастает ограничение движений в суставе, чаще возникает боль. Третья стадия - значительное сужение суставной щели, наличие крупных остеофитов, постоянного болевого синдрома (отсутствует при движениях в среднем диапазоне) и выраженного ограничения движений (суммарно $<20^\circ$). На четвертой стадии боль возникает при пассивных движениях в среднем диапазоне, клинико-рентгенологическая картина соответствует таковой на третьей стадии.

Бережной С.Ю. модифицировал и расширил вышеизложенную классификацию, подразделив третью стадию: 3а (боль в крайних положениях и/или от давления обуви; от умеренного до выраженного ограничения движений), 3б (боль при любых движениях) и 3в (боль от давления обуви или отсутствие боли из-за формирования анкилоза; выраженное ограничение движений). При четвертой стадии наблюдается практически полное отсутствие суставной щели, при этом движения в суставе качательные или полностью отсутствуют (фиброзный анкилоз).

Также используется рентгенологическая классификация Hattrup–Johnson, согласно которой hallux rigidus имеет три стадии. I стадия характеризуется незначительным или умеренным количеством остеофитов при нормальной ширине суставной щели. На II стадии, помимо умеренного количества остеофитов, наблюдаются сужение суставной щели и субхондральный склероз. На III стадии происходит формирование крупных остеофитов, суставная щель не прослеживается и могут обнаруживаться субхондральные кисты [14].

ФАКТОРЫ РИСКА

Этиология Hallux Rigidus еще не полностью изучена. Есть данные, свидетельствующие о возможной связи между травмой и односторонним развитием большого пальца стопы. [15]. Кофлин и Шурнас выделили связь Hallux Rigidus с вальгусной деформацией межфалангового сустава, при этом двустороннее поражение связано с семейным анамнезом и женским полом [16]. Также возможно развитие дегенеративных изменений в результате повторяющегося стресса, воспаления или метаболических состояний, таких как подагра, ревматоидный артрит и серонегативные артропатии [17,18]. Предполагается, что повреждение суставной поверхности I ПФС может произойти из-за рассекающего остеохондрита [18]. Факторы, такие как биомеханика и структура, например, длинная первая плюсневая кость, подъем плюсневой

кости и приведение плюсневой кости, также могут увеличивать риск развития Hallux Rigidus [18,19].

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ

У пациентов с ригидностью I ПФС наблюдаются изменения в походке, включая хромоту, вызванную болью в области внутренней стороны стопы, особенно при тыльном сгибании первого пальца. Так же, бессознательно стремятся уменьшить нагрузку на I ПФС. Кроме того, пациенты могут сообщать о затруднениях с определенными типами обуви из-за дорсальных остеофитов на головке первой плюсневой кости и проксимальной фаланге. Одновременно с этим пациенты могут испытывать онемение вдоль медиального края большого пальца стопы, так как остеофиты могут оказывать давление на дорсомедиальный кожный нерв [20].

На ранних стадиях заболевания наблюдается формирование остеофитов и дегенерация хряща, преимущественно в дорсальной области, что со временем прогрессирует и охватывает весь I ПФС. В результате этого пациенты испытывают боль в суставах и ограничение объема движений в сагиттальной плоскости. Эти факторы ведут к изменениям в механике походки и значительному снижению активности, влияя на общее качество жизни пациентов [17,21].

При осмотре пациента важно провести оценку стопы в положении сидя и стоя. При положении стоя представляется возможность оценки динамического выравнивания и функции большого пальца стопы. Положение сидя способствует расслаблению мягких тканей, что в свою очередь облегчает оценку объема движения I ПФС. Часто наблюдается боль в I ПФС с дорсальной стороны, с возможными пальпируемыми остеофитами. Учитывая, что дорсальные остеофиты могут сдавливать дорсомедиальный кожный нерв, важно обращать внимание на нарушения чувствительности и сосудистой функции стопы. Оценка объема движений в I ПФС играет ключевую роль, поскольку может служить индикатором степени артроза. Измерение активных и пассивных движений в I ПФС гониометрический метод не всегда точен, и в этом случае рентгенография становится надежным стандартным методом для измерения объема движений. Перед операцией рекомендуется провести рентгенографию стоп в двух проекциях. Прямая проекция, согласно стандартам, выполняется на расстоянии 1 метра от рентгеновской трубки, что обеспечивает точные размеры плюсневых костей. Угол наклона проекции составляет 15 градусов относительно вертикальной плоскости стопы для получения строгой перпендикулярной проекции к плюсневым костям. Рентгенография также обращает внимание на сужение суставной щели, субхондральный склероз, наличие кист, а также оценивает наличие остеофитов. Определение углов между 1 и 2 плюсневыми костями, а также расположение сесамовидных костей относительно головки плюсневой кости, проводится

аналогично диагностике вальгусной деформации. При диагностике данной патологии важную роль играет как оценка длины I плюсневой кости по отношению ко II, так и состояние остальных суставов стопы [22].

При помощи плантографии и подометрии стопа исследуется по отпечатку подошвы для того, чтобы, определить распределение нагрузки на подошвенную поверхность стопы. С помощью данного метода исследования оценивается опороспособность головки первой плюсневой кости, состояние поперечного свода, уплощение продольного свода. При артрозе ПФС второй степени и выше, нагрузке больше всего подвергается средний и латеральный отдел поперечного свода стопы [23]. Детальному осмотру также подлежит межфаланговый (IP) сустав большого пальца. Если сустав страдает артритом, хирургу следует избегать сращения обоих суставов: IP и I ПФС для предотвращения развития аномальных моделей походки.

Для получения полной картины пораженной стопы рекомендуется проведение рентгенографии переднезадней, боковой и косой проекции с нагрузкой. С целью определения степени сужения суставной щели предпочтительной проекцией является косая проекция. На более поздних стадиях Hallux Rigidus важно учесть, что дорсальные остеофиты могут маскировать передне-переднюю проекцию сустава, что может создать ложное впечатление о тяжести остеоартрита. Согласно исследованиям ряда авторов наличие остеофитов создает ложную картину по фактическому сужению суставной щели, поскольку при наличии остеофитов происходит ложная визуализация сохранения суставной щели [24]. Обычно первыми подвергаются поражению дорсальные части сустава. Рентгенологические данные демонстрируют наличие склероза суставов и субхондральных кист. Учитывая вышеуказанные диагностические нюансы следует отметить, что для диагностики и планирования операции, минимальным достаточным исследованием являются рентгенологическое исследование, в то время как применение магнитно-резонансной томографии (МРТ) или компьютерной томографии (КТ) не является обязательным во всех случаях.

КОНСЕРВАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ

При Hallux Rigidus 0-1 степени артроза I ПФС и при отказе больного от хирургического лечения рекомендуется консервативная терапия. В консервативную терапию входят медикаментозное лечение, внутрисуставные инъекции, модификация обуви, модификация активности и физиотерапия. При медикаментозном лечении применяются пероральные нестероидные противовоспалительные препараты, направленные на уменьшение отека и боли в суставах. Однако имеются противоречивые результаты исследования, показывающие недостаточный эффект НПВС для купирования боли [25]. Солан М.К. и соавторы отмечают

более высокую эффективность применения внутрисуставных инъекции при купировании явлений воспаления у больных с ригидным пальцем большого пальца стопы [26]. В исследовании авторы пришли к выводу, что внутрисуставные инъекции следует рекомендовать пациентам с ранними степенями ригидного пальца стопы [26]. В ином исследовании Хаузер Р.А. и соавторы утверждают об эффективности инъекции богатой тромбоцитами плазмы или аспиратом костного мозга, по данным публикации имеет место уменьшение боли и скованности, что способствуют улучшению различных параметров качества жизни при разных степенях артроза I ПФС [27].

Модификация обуви и ношение индивидуальных ортопедических стелек уменьшают боль за счет изменения биомеханики (иммобилизации и изменения характера нагрузки на сустав) первого плюснефалангового сустава [28].

В рамках консервативного лечения применяется экстракорпоральная ударно-волновая терапия, холодовые аппликации, ионофорез и ультразвуковая терапия [28], тейпирование, массаж, лечебная физкультура для мышц голени и стопы, мануальная терапия, направленная на тракцию с осевым вытяжением за палец стопы [29], применение моделированных ортезов. Анализируя мировые литературные данные по дискутируемой проблеме, следует отметить скудность исследований и разброс выхода публикации во времени, что затрудняет сделать логические и точные выводы по консервативному лечению Hallux Rigidus.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ

При неэффективности консервативной терапии рассматриваются различные хирургические методы лечения Hallux Rigidus. Оперативные методы классифицируются на суставосохраняющие, такие как артродиастаз, хейлэктомия, артроскопия, сесамойдэктомия, а также методы остеотомий плюсневой кости. Также применяются радикальные методы, включая резекционную артропластику, эндопротезирование I ПФС и артродез.

АРТОДИАСТАЗ

Данная методика представляет собой distraction вне сустава, чтобы создать среду суставной поверхности, которая стимулирует образование фиброзной среды, что приводит к уменьшению болевого синдрома [30]. Суть вышеуказанного метода заключается в хорошей регенеративной способности поврежденного суставного хряща при создании благоприятной для сустава разгрузки. В теории артродиастаз способствует усилению репаративных свойств хряща за счет восстановления нормального внутрисуставного гидростатического давления [31]. Авраам и др. в своем исследовании показали эффективность применения distraction в I ПФС у больных с Hallux Rigidus. Согласно исследованию, средний период наблюдения больных при использовании суставной distraction составил 2,2 года. Все пациенты имели II

или III стадию ригидного пальца стопы по системе Реньо, и ни у одного из пациентов не было последующих вмешательств на I ПФС. Авторы отмечают значительное уменьшение боли у 9 пациентов с Hallux Rigidus, которым проводилась дистракция в I ПФС. Однако недостатком процедуры является необходимость носить внешний фиксатор около 3 месяцев [32].

В 2005 году Таларико опубликовал результаты лечения 133 пациентов с hallux rigidus. Выборка состояла из 56 пациентов с 1 степенью артроза, 47 пациентов со 2 степенью артроза, 30 пациентов 3 степенью артроза. Авторы выполнили хейлэктомию с наложением аппарата внешней фиксации с последующей первой дистракцией в I ПФС на 5 мм, в дальнейшем с увеличением на 0,5 мм в день в течение 14 дней до достижения 8-12 мм. Для оценки эффективности лечения применялась шкала AOFAS. В среднем отмечалось улучшение показателей AOFAS до 88 баллов через 12 месяцев после вмешательства, а пространство между суставными поверхностями ПФС увеличилось у 86% пролеченных пациентов до 5,2 мм. 3-х летнее наблюдение показало, что 4 пациентом в последующем был выполнен артродез I ПФС [33].

Учитывая анатомическое отличие I ПФС от крупных суставов, как тазобедренный и голеностопный, при негативных результатах дистракции, применяется артродез или артропластика сустава [34-35].

ХЕЙЛЭКТОМИЯ

Для лечения hallux rigidus преимущественно выполняют реконструктивно-восстановительные и органосохраняющие операции, которые переходят в разряд рутинных вмешательств. Одним из существующих щадящих методов лечения являются хейлэктомия. Хейлэктомия — является методом выбора на ранних стадиях ригидного пальца стопы. Этот метод считается простым хирургическим вмешательством, который позволяет сохранить движение I ПФС и позволяет быстрее вернуться к повседневной деятельности. Авторы сообщают о низкой частоте осложнений при хейлэктомии (от 0% до 3%) [36]. Данный метод хирургического лечения, включает резекцию фрагментов не менее 30% головки плюсневой кости с удалением внутрисуставных свободных тел и остеофитов, локализованных в головке плюсневых костей и проксимальных фалангах, а также освобождение медиальной, латеральной и подошвенной капсулы головок плюсневых костей. При удалении более 30% головки плюсневой кости может привести к нестабильности сустава и к вывиху проксимальной фаланги первого пальца.

По результатам операции можно ожидать улучшения дорсифлексии I ПФС, что повлечет за собой увеличение пиковой силы отталкивания лодыжки в сагиттальной плоскости и соответственно коррекцию походки [37].

Пристеночная резекция остеофитов является эффективным методом устранения импинджмента сустава. Благодаря данной технике можно достичь ранней активизации движений в суставе, а также обеспечить быстрое реабилитационное лечение и мобилизацию пациента. В случае неудачи данного метода, возможно переключение на другие виды лечения, такие как артродез или эндопротезирование сустава.

Однако стоит отметить, что агрессивная резекция фрагментов околосуставной части является недостатком данной операции и может привести к рецидивам. Поэтому важно информировать каждого пациента, который рассматривает данную методику, о возможном прогрессировании заболевания через несколько лет [38].

В результате долгосрочного ретроспективного исследования в течение 14 лет, проведенного Nicolosi и соавторами с 1999 по 2013 год, с участием 58 пациентов, были получены следующие данные об уровне удовлетворенности пациентов. Анализ, проведенный по шкалам Американского ортопедического общества стопы и голеностопного сустава (AOFAS), показал, что 65,5% пациентов не испытывали болевого синдрома, 22,4% страдали от легкой боли, 8,6% испытывали умеренную или ежедневную боль, а 3,4% ощущали сильные боли. Средний процент удовлетворенности функцией составил 87,71%. В результате исследования, авторы пришли к выводу о том, что агрессивная хейлэктомия, оцениваемая по системе классификации Coughlin и Shurnas, должна быть предпочтительнее артродеза для пациентов с 1, 2 и 3 степенями данного заболевания [39]. Важным фактом, сообщенным авторами Coughlin и Shurnas, является то, что самое длительное время наблюдения после проведения хейлэктомии составило 9,6 лет [39]. В заключение, исследование подтвердило необходимость проведения хейлэктомии для пациентов с разрушением головки плюсневого хряща менее 50% при 1, 2 и 3 степенях заболевания по классификации Coughlin и Shurnas. Необходимо отметить, что существует метод модификации хейлэктомии с артропластикой по Valenti [39]. Этот метод оперативного лечения заключается в проведении V-образной остеотомии сустава с резекцией остеофитов по медиальной и латеральной поверхностям для достижения амплитуды разгибания в I ПФС до 90 градусов. Такой вид операции не создает серьезных препятствий при возникновении необходимости реконструктивных операций в случае неудачных исходов таких вмешательств как артродезирование сустава или эндопротезирование. В большом количестве публикаций сообщается о положительных результатах использования данного метода при длительных сроках послеоперационного наблюдения. Однако, в некоторых исследовательских работах описываются недостатки этой методики, которые в 30% случаях приводят к бессимптомному плантарному подвывиху проксимальной фаланги [40].

Так же, Cetinkaya и соавторы оценили результаты исследования после хейлэктомии пациентов при III степени ригидности большого пальца стопы с использованием системы классификации Coughlin и Shurnas у 21 пациента [41]. Оценка по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) улучшилась с 89 до операции до 29 после операции. Исследователи пришли к выводу, что хейлэктомия является предпочтительным методом лечения первой линии при III степени ригидности большого пальца стопы.

ОСТЕОТОМИЯ МОБЕРГА

Остеотомия Моберга — дорсальная закрывающаяся клиновидная остеотомия проксимальной фаланги. Данный метод используется для достижения усиленного тыльного сгибания, что облегчает третье качание походки. В результате на пораженную артрозом суставную поверхность действует меньше сил, обеспечивая декомпрессию сустава при сохранении движения в I ПФС [42]. Одним из возможных недостатков остеотомии является связанное с ней влияние на положение дорсальной пластины в случае ревизионной операции по артродезу [42]. Часто остеотомию по Мобергу выполняют одновременно с хейлэктомией на ранних стадиях у пациентов с hallux rigidus. Как было указано выше, хейлэктомия не предотвращает дальнейшую дегенерацию сустава, что может привести к потере тыльного сгибания пальца. В своем исследовании O'Malley и его коллеги применили хейлэктомию и остеотомию Мобергу для лечения hallux rigidus [43]. По итогам среднего наблюдения длительностью 4,3 года из 81 пациента с III степенью ригидности пальцев было отмечено значительное улучшение показателей AOFAS. Уровень удовлетворенности результатами операции у пациентов составил 85,2%, при этом у 4,9% пациентов потребовался артродез ПФС. Авторы рекомендуют проводить остеотомию Моберга в сочетании с хейлэктомией пациентам с высокой степенью ригидности большого пальца стопы и дорсифлексией не менее 20° перед операцией. Также эффективные клинические результаты были продемонстрированы в работе Perez-Aznar и соавторов при лечении пациентов при умеренной жесткости большого пальца стопы. В результате исследование из 40 пациентов по шкале AOFAS (с 51,7 до 88,8) и VAS (с 76,6 до 1,9) значительно улучшились по сравнению с дооперационным периодом [44].

САГИТАЛЬНАЯ Z-ОБРАЗНАЯ ОСТЕОТОМИЯ

Данный метод показан при I и II степени артроза ПФС и дает возможность достичь высоких функциональных результатов. Преимущество операции заключается в получении большой площади костного контакта необходимого для беспрепятственного сращения кости, надежности отломов, а также в низком риске аваскулярного некроза [45]. Способ представляет собой проксимальную остеотомию плюсневой кости. При этом типе остеотомии выполняется

два параллельных распила, перпендикулярных оси плюсневой кости. Дистальный распил выходит на латеральную поверхность, а проксимальный выходит на медиальную поверхность, эти распилы соединяются центральной продольной остеотомией, идущей вдоль оси плюсневой кости. При этом регулируется подошвенное сгибание пальца укорочением или удлинением плюсневой кости.

ДЕКОМПРЕССИОННЫЕ ОСТЕОТОМИИ

Операция Ватерманна. По данной методике проводится клиновидной остеотомия области метаэпифиза 1 плюсневой кости с целью увеличения объема движений, особенно при тыльном сгибании первого пальца стопы. Не рекомендуется проводить остеотомию чрезмерно дистально с целью избегания риска некроза головки 1-ой плюсневой кости.

Операция Драго. При данной операции выполняется двойная остеотомия первой плюсневой кости. Метод включает в себя операцию Уотермана и клиновидную остеотомию проксимальной части первой плюсневой кости, основание которой обращено к подошвенной поверхности. Двойная остеотомия способствует более значительному подошвенному сгибанию плюсневой кости, что, в свою очередь, позволяет восстановить свод стопы [46].

Операция Кесселя-Бронни. Данный метод хирургического лечения применяется на ранних стадиях заболевания при минимальном повреждении суставного хряща и заключается в клиновидной остеотомии основной фаланги, основание клина которой обращено к тылу. Основная жалоба пациентов состоит в болезненном тыльном сгибании в I ПФС. При выполнении операции Кесселя-Бонни происходит изменение плоскости движения в I ПФС и соответственно увеличивается тыльное сгибание при ходьбе.

Укорачивающие или декомпрессионные остеотомии I ПК применяются при ее избыточной относительной длине, в то время как дистальная косая остеотомия используется при избыточной элевации I ПК [62, 63, 64, 65]. Однако при нормальных анатомических размерах и расположении I ПК вопрос целесообразности данных операций остается неоднозначным. Кроме того, укорачивающие остеотомии могут приводить к возникновению перегрузочной метатарзалгии как осложнение [66].

АРТРОПЛАСТИКА

Резекция основной фаланги 1 пальца — это хирургическая процедура, описанная впервые в 1904 году Келлером и Менгером. Этот метод был использован при лечении пациентов, страдающих от вальгусной деформации первого пальца, осложненной артрозом. [47]. Методика применяется для декомпрессии и восстановления объема движений в суставе при высокой степени ригидности, а также у пациентов, отказывающихся от артродеза ПФС. Операция также рекомендуется для пациентов с низкой активностью и пожилыми людьми,

поскольку результаты данной процедуры не всегда обеспечивают полную функцию сустава. Недостатком этой операции является возможное появление нестабильности ПФС, деформации сустава и метатарзалгии. Исследования О'Дозерти показали, что из 110 человек среднего возраста 60,5 лет и минимальным наблюдением в 2 года, 98% пациентов, подвергшихся резекции по методу Келлера, не были удовлетворены результатами. В сравнении с этим, 95% пациентов, которым была выполнена артродез, отметили удовлетворенные результаты проведенного лечения [47].

АРТРОСКОПИЯ

В последние годы артроскопия активно внедряется в область ортопедии и травматологии, представляя собой новую методику лечения Hallux Rigidus. Показанием к операции являются I и II стадии заболевания при сохранении движения в I плюснефаланговом суставе. При негативных результатах консервативного лечения возможно применение артроскопической санации и дорсальной хейлэктомии в качестве альтернативы открытой хейлэктомии, синовэктомии, удаление свободных тел внутри сустава, микрофрактурирование (стимуляцию фиброзно-хрящевой регенерации и заполнение дефекта) [49]. Микрофрактурирование может быть выполнено с помощью артроскопической или открытой техники. В литературе описана трансплантация хрящей из проксимального большеберцово-малоберцового сустава [50]. К преимуществам метода относятся малоинвазивность, снижение операционных осложнений и ускоренную реабилитацию. А также легкий доступ к суставу позволяет выявить сопутствующие патологии сустава.

АРТРОДЕЗ ПЕРВОГО ПЛЮСНЕФАЛАНГОВОГО СУСТАВА

Артродез ПФС считается «золотым стандартом», так как обеспечивает быстрое купирование болевого синдрома. В большинстве публикаций сообщается, что показанием для использования артродеза ПФС является артроз 3-4 степени. Многие исследования рекомендовали артродез для лечения большого пальца стопы, хотя причина этого предпочтения не совсем очевидна [51,52]. Berlet и соавторы [52] сообщили о ретроспективном обзоре непосредственных результатов нагрузки на сустав после артродеза, который был определен как эталонный стандарт лечения. Однако, операция артродезирования исключает все движения в этом суставе и после нее могут развиваться такие осложнения, как метатарзалгия (9,8%), несостоятельность артродеза (7,8%), смещение артродезируемых поверхностей (7,8%), боль в межфаланговом суставе (3,9%), замедленная консолидация (2%) [53].

Техника выполнения оперативное лечение включает в себя артротомию с последующей резекцией суставной поверхности и фиксацией костей разными видами остеосинтеза. Из

металлоконструкций для синтеза можно применять спицы, отрицательной стороной которых является повреждение межфалангового сустава, что в дальнейшем может привести к появлению артроза в этих суставах. Остеосинтезом винтами Херберта или другие различные виды применяются в практике, но данный способ артродезирования противопоказан пациентам с остеопорозом, так как часто не обеспечивает должной стабильности. Практика показывает, что на сегодняшний день самым эффективным способом остеофиксации являются пластины с угловой стабильности. Металлофиксаторы с угловой стабильностью необходимо использовать при остеопорозе. Многими авторами в своем исследовании сделан вывод, что результат после установки обычных пластин и с угловой стабильностью у пациентов, не страдающих остеопорозом, обладает более положительными результатами как рентгенологически так клинически [54].

ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ПЕРВОГО ПЛЮСНЕФАЛАНГОВОГО СУСТАВА

На сегодняшний день эндопротезы для ППФС делятся на связанные (из титана, хрома, силиконовые спейсеры) и несвязанные (титановые с полиэтиленовым вкладышем, из циркониевой керамики). Силиконовые спейсеры выдерживают слабые нагрузки, в связи с этим характерен быстрый износ материала. Поэтому часто возникают такие осложнения, как остеолитизис, синовит, лимфаденит [55,66]. При имплантации связок на несоединенные эндопротезы сохраняются структуры суставов и обеспечивается удовлетворительная подвижность сустава, способность выдерживать высокие нагрузки. Среди различных видов несоединенных эндопротезов особенно выделяется циркониевая керамика, благодаря ее ряду преимуществ, таких как прочное прорастание костной тканью, износостойкость и отсутствие реакций отторжения. Пользуясь данным методом лечения, можно достичь облегчения боли, улучшения функций и устойчивости сустава, а также индивидуальной адаптации имплантов и возможности проведения других хирургических процедур в будущем благодаря минимальной резекции кости. Эндопротезирование ППФС рекомендуется для пациентов, активно занимающихся физической работой, то есть трудоспособного возраста. Как альтернатива перечисленным методам, эндопротезирование ППФС позволяет сохранить нормальные анатомические связи и функциональность сустава. Тем не менее обращает на себя внимание довольно высокий процент ревизионных вмешательств. Однако по данным отечественных и зарубежных исследований, эндопротезирование ППФС все еще не обеспечивает желаемых результатов и характеризуется противоречивостью. J. Knessl и соавт. отметили [61], при использовании эндопротезирования I ППФС не всегда удается восстановить правильную биомеханику ходьбы. Тем не менее, за рубежом активно применяется эндопротезирование суставов стопы [56,57,58,59,60]. Использование различных материалов и дизайна имплантов

может вызывать осложнения, такие как перелом околоимплантатного региона, вывих имплантата, перелом основания имплантата, резорбция кости и другие [67]. В связи с этим, эндопротезирование ПФС является актуальной проблемой, требующей дальнейшего изучения.

Учитывая вышесказанное, можно с уверенностью сказать, что разработка и применение анатомически адаптированных материалов, а также комплексный подход и клинический анализ новых имплантатов могут значительно улучшить функциональные результаты эндопротезирования и повысить эффективность метода для лечения патологии ПФС. Учитывая широкое распространение этого заболевания и его социальное значение, актуальность данного исследования очевидна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Hallux rigidus – это сложное заболевание, для которого требуется разработка различных методов лечения, особенно когда консервативные методы неэффективны. Хирургическое вмешательство рассматривается лишь как последний ресурс. Хотя существует множество оперативных методик, общий подход к выбору хирургической тактики до сих пор не установлен. Большинство хирургов предпочитают артродез I ПФС, считая его наиболее надежным. Однако выбор метода зависит от степени артроза, возраста и активности пациента, а также сопутствующих патологий. Определение степени дегенеративных изменений в суставе играет решающую роль в этом выборе. Например, на ранних стадиях hallux rigidus хейлэктомия может быть эффективной, в то время как артродез и эндопротезирование предпочтительны на терминальных стадиях заболевания. Другие методы, такие как интерпозиционная артропластика, показывают свою эффективность, но требуют долгосрочного мониторинга. Следовательно, комплексная реабилитация после операции играет ключевую роль в повышении качества медицинских услуг, улучшении качества жизни пациентов и снижении социальных издержек. Недостатки имеющихся способов стимулируют к поиску новых решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Асратян Д. А. Хирургическое лечение деформирующего артроза первого плюснефалангового сустава: диссертация кандидата медицинских наук: 14.00.22. М; 2008.
2. Пахомов И. А. Хирургическое лечение hallux rigidus. *Гений ортопедии*. 2008; 3: 86-90.
3. Camasta, C. A. Hallux limitus and hallux rigidus: clinical examination, radiographic findings, and natural history. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 1996;13: 423-448.
4. Guda, C. J. An etiology of hallux rigidus. *J. Foot Surg.* 1997; (10) 4:113-119.
5. Arnold J.B., Bowen C.J., Chapman L.S. et al. International Foot and Ankle Osteoarthritis Consortium, International Foot and Ankle Osteoarthritis Consortium review and research agenda for diagnosis, epidemiology, burden, outcome assessment and treatments. *Osteoarthritis Cartilage*. 2022; 30 (7):945-955. doi: 10.1016/j.joca.2022.02.603
6. Сорокин Е. П. *Клинический протокол: Артроз первого плюснефалангового сустава*. М: 2013; 2-17.
7. Smith R. W. Great toe metatarsophalangeal joint arthrodesis: a user-friendly technique. *Foot Ankle*. 1992; (13)7: 367-377.
8. Shereff, M. J. Hallux rigidus and osteoarthrosis of the first metatarsophalangeal joint. Current concepts. *J. Bone Joint Surg Am.* 1998; 80:898-908.
9. Кавалерский ГМ, Сорокин АА, Прохорова МЮ. Эндопротезирование первого плюснефалангового сустава как один из методов лечения Hallux rigidus. *Московский хирургический журнал*. 2013;(4):59-62 [Kavalerskiy GM, Sorokin AA, Prokhorova MYu. Endoprosthetics of the first metatarsophalangeal joint as one of the treatment methods for Hallux rigidus. *Moskovskiy Khirurgicheskiy Zhurnal*. 2013;(4):59-62 (In Russ.)].
10. Davies-Colley M. Contraction of the metatarso-phalangeal joint of the great toe. *Br Med J*. 1887; 1:728.
11. Mesa-Ramos M., Carpintero P. Evaluation of the treatment of hallux rigidus by percutaneous surgery. *Acta Orthop. Belg* .2008; 74:222-226.
12. Erdil M, Elmadag NM, Polat G, et al. Comparison of Arthrodesis, Resurfacing Hemiarthroplasty, and Total Joint Replacement in the Treatment of Advanced Hallux Rigidus. *J Foot Ankle Surg*. 2013; 52:588-93. doi: 10.1053/j.jfas.2013.03.014
13. Kumar S, Pradhan R, Rosenfeld PF. First metatarsophalangeal arthrodesis using a dorsal plate and a compression screw. *Foot Ankle Int*. 2010; 31:797–801.
14. Hattrup S.J. Subjective results of hallux rigidus following treatment with cheilectomy. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;182-191.

15. Мазалов А.В., Загородний Н.В., Процко В.Г., Султанов Э.М., Хамоков З.Х. Хирургическое лечение тяжелого (2-3 степени) деформирующего артроза первого плюснефалангового сустава: задачи, подходы, техника. *Травматология и ортопедия России*. 2011;(4):69-76.
16. Michael J Coughlin, Paul S Shurnas. Hallux rigidus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int*. 2003; 24(10) :731–743. [PubMed] [Академия Google]
17. Adam D Perler, Victor Nwosu, Drew Christie. 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: 351–395. [PubMed] [Академия Google]
18. Migue A, Slullitel G. Joint-preserving procedure for moderate hallux rigidus. *Clin Podiatr Med Surg*. 2012; 17: 459–471. [PubMed] [Академия Google]
19. Hamid S., Parekh G. Clinical Presentation and Management of Hallux Rigidus. *Clin Podiatr Med Surg*. 2015; 20: 391–399. [PubMed] [Академия Google]
20. Деланд Дж.Т., Уильямс Б.Р. Хирургическое лечение большого пальца стопы. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012; 20: 347–358. [PubMed] [Академия Google]
21. Judith F Baumhauer, Dishan Singh, Mark Glazebrook 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: 457–469. [PubMed] [Академия Google]
22. Götz J; J. Hallux rigidus. *CME.springer.de* .2011; 40(9): 819–834. DOI:10.1007/s00132-011-1815-5
23. Wildner M. Late results of the Keller-Brandes operation for hallux valgus. *Arch. Orthop. Trauma Surg*. 2001;(112)6: 266–269.
24. Деланд Дж.Т., Уильямс Б.Р. Хирургическое лечение большого пальца стопы. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012; 20: 347–358. [PubMed] [Академия Google]
25. Мазалов А.В., Загородний Н.В., Процко В.Г., Султанов Э.М., Хамоков З.Х. Хирургическое лечение тяжелого (2-3 степени) деформирующего артроза первого плюснефалангового сустава: задачи, подходы, техника. *Травматология и ортопедия России*. 2011;(4):69-76.
26. Solan M.K., Calder J.D., Bendall S.P. Manipulation and injection for hallux rigidus. Is it worthwhile? *J Bone Joint Surg Br*. 2001; 83 :706–708. [PubMed] [Академия Google]
27. Hauser R.A., Hauser M.A., Cukla J.K. A retrospective observational study on Hackett-Hemwall Dextrose Prolotherapy for unresolved foot and toe pain at an outpatient charity clinic in rural Illinois. *Journal of Prolotherapy*. 2011; 3 :543–551. [Google Scholar]
28. Kunnasegaran R., Thevendran G. Hallux Rigidus: Nonoperative Treatment and Orthotics. *Foot Ankle Clin*. 2015; 20: 401–412. [PubMed] [Академия Google]

29. Sanhudo J., Gomes J., Rodrigo M. Surgical treatment of advanced hallux rigidus by interpositional arthroplasty. *Foot Ankle Clin.* 2011; 32: 400–406. [PubMed] [Академия Google]
30. Perler D., 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: 351–395. [PubMed] [Академия Google]
31. Kluesner A.J. Ankle arthrodiastasis. *Clin Podiatr Med Surg.* 2009; 227–244
Abraham J., Hassani H., Lamm B. Hinged external fixation distraction for treatment of first metatarsophalangeal joint arthritis. *Foot Ankle Clin.* 2012; 51 :604–612. [PubMed] [Академия Google]
32. Talarico L.M. Management of hallux limitus with distraction of the first metatarsophalangeal joint. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005;95(2):21–129
33. Aldegheri R., Trivella G., Saleh M. Articulated distraction of the hip. Conservative surgery for arthritis in young patients. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(301):94–101. [PubMed] [Академия Google]
34. Marijnissen C.A., Roermund P.M., Melkebeek J.V. et al. Clinical benefit of joint distraction in the treatment of severe osteoarthritis of the ankle: proof of concept in an open prospective study and in a randomized controlled study. *Arthritis Rheum.* 2002; 46: 2893–2902. [PubMed] [Академия Google]
35. Bussewitz B., Dymont M., Hyer C. Intermediate-term results following first metatarsal cheilectomy. *Foot Ankle Spec.* 2013; 6 :191–195. [PubMed] [Академия Google]
36. Smith S., Coleman S., Bacon S., Improved ankle push-off power following cheilectomy for hallux rigidus: a prospective gait analysis study. *Foot Ankle Int.* 2012; 33: 457–461. [PubMed] [Академия Google]
37. Dereymaeker G. Die operative Therapie des Hallux valgus. *Orthopade* .2005; 34:742
38. Coughlin M.J., Shurnas, Paul S. Hallux Rigidus. Surgical Techniques (Cheilectomy and Arthrodesis). *J Bone Joint Surg Am.* 2004; 86-A Приложение 1: 119–130. [PubMed] [Академия Google]
39. Harisboure A., The Valenti technique in the treatment of hallux rigidus. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2009; 95: 202–209.
40. Cetinkaya E., Yalcinkaya M., Sokucu S. Cheilectomy as a First-Line Surgical Treatment Option Yields Good Functional Results in Grade III Hallux Rigidus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2016;106: 22–26. [PubMed] [Академия Google]

41. Kim P., Chen X., Hillstrom H. Moberg Osteotomy Shifts Contact Pressure Plantarly in the First Metatarsophalangeal Joint in a Biomechanical Model. *Foot Ankle Int.* 2016 г.; 37: 96–101. [PubMed] [Академия Google]
42. O'Malley M.J., Basran H.S., Gu Y. Et al. Treatment of advanced stages of hallux rigidus with cheilectomy and phalangeal osteotomy. *J Bone Joint Surg Am.* 2013; 95: 606–610. [PubMed] [Академия Google]
43. Perez-Aznar A., Lizaaur-Utrilla A, Lopez-Prats F.A. et al. Dorsal wedge phalangeal osteotomy for grade II-III hallux rigidus in active adult patients. *Foot Ankle Int.* 2015; 36: 188–196. [PubMed] [Академия Google].
44. Caravelli, S. A comprehensive and narrative review of historical aspects and management of low-grade hallux rigidus: conservative and surgical possibilities. *Musculoskel-Etal Surgery.* 2018; ° 102(3):201-211.
45. McNeil D.S. Evidencebased analysis of the efficacy for operative treatment of hallux rigidus. *Foot Ankle Int.* 2013; 34: 15–32.
46. Konkel K.F. Mid-term results of titanium hemi-great toe implants. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(11): 922–929.
47. O'Doherty D. The management of the painful first metatarsophalangeal joint in the older patient. Arthrodesis or Keller's arthroplasty? *J Bone Joint Surg Br.* 2018; 72(5): 839-842.
48. Carreira D.S. Arthroscopy of the hallux. *Foot Ankle Clin;* 14(1): P 105–114
49. Fuhrmann R.A. Hallux rigidus – die Arthrose des Großzehengrundgelenks. *Arztebl Thüring.* 2004; 158: 395–398
50. Raikin SM, Ahmad J, Pour AE, Abidi N. Comparison of arthrodesis and metallic hemiarthroplasty of the hallux metatarsophalangeal joint. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89: 1979–1985.
51. Kumar S, Pradhan R, Rosenfeld PF. First metatarsophalangeal arthrodesis using a dorsal plate and a compression screw. *Foot Ankle Int.* 2010; 31: 797–801.
52. Нурмухаметов, М. Р. Принципы хирургического лечения больных с остеоартритом первого плюснефалангового сустава. *Научно-практическая ревматология.* 2018; 56(3): 363-372.
53. Hattrup SJ, Johnson KA. Subjective results of hallux rigidus following treatment with cheilectomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1988; 226: 182–191.
54. Koenig R.D. Revision arthroplasty utilizing the Biomet Total Toe System for failed silicone elastomer implants. *J. Foot Ankle Surg.* 1994; 33: 222–227.
55. Giannini S, Ceccarelli F, Faldini C, Bevoni R, Grandi G, Vannini F. What's new in surgical options for hallux rigidus? *J Bone Joint Surg Am.* 2004; 86-A (suppl): 72–83.

56. Maffulli N, Papalia R, Palumbo A, Del Buono A, Denaro V. Quantitative review of operative management of hallux rigidus. *Br Med Bull.*2011; 98:75–98.
57. Moberg E. A simple operation for hallux rigidus. *Clin Orthop Relat Res.* 1979; 142:55–56.
58. Coughlin MJ, Shurnas PS. Hallux rigidus: grading and long-term results of operative treatment. *J Bone Joint Surg Am.*2003; 85-A: 2072–2088.
59. Valentini R, De Fabrizio G, Piovan G. First metatarsophalangeal joint replacement with total arthroplasty in the surgical treatment of the hallux rigidus. *Acta Biomed.*2014; 85(suppl 2):113–117.
60. Knessl J, Frank SE, Kundert HP, et al. Ground reaction forces under the great toe after implantation of the TOEFIT-PLUSTM prosthesis. *Foot Ankle Surg.* 2005;11(3):131-4.
61. Бережной СЮ. Артроз первого плюснефалангового сустава: чрескожное оперативное лечение, выбор хирургической методики, клинико-рентгенологическая классификация. *Травматология и ортопедия России.* 2017;(1):8-22.
62. Calvo A, Viladot R, Gine J, Alvarez F. The importance of the length of the first metatarsal and the proximal phalanx of hallux in the etiopathogeny of the hallux rigidus. *Foot Ankle Surg.* 2009;15(2):69-74.
63. Derner R, Goss K, Postowski HN, Parsley N. A plantarflexor-shortening osteotomy for hallux rigidus: a retrospective analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44:377-89.
64. Freeman BL, Hardy MA. Multiplanar phalangeal and metatarsal osteotomies for hallux rigidus. *Clin Podiatr Med Surg.* 2011;28:329-44.
65. Бобров ДС, Слиняков ЛЮ, Сухарева АГ и др. Хирургическое лечение перегрузочной метатарзалгии. *Московский хирургический журнал.* 2014;3(37):16-8.
66. Исайкин П.Ю., Николаенко А.Н., Гранкин И.О., Згирский Д. О., Дороганов С.О. Артроз первого плюснефалангового сустава (Обзор литературы). *MEDLINE.RU.*2022;23:147-163.
67. Колсанов А.В., Николаенко А.Н., Иванов В.В., Гранкин И.О., Исайкин П.Ю., Дороганов С.О., Згирский Д.О., Котельников Г.П. Анализ биомеханики первого плюснефалангового сустава после эндопротезирования. *Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2023.-N 5. -С.58-64.