

Д.С. Бобров, А.А. Шубкина*, А.В. Лычагин, Л.Ю. Слияков, Л.А. Якимов

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
(Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

Хирургическое лечение молоткообразной деформации пальцев стоп (обзор литературы)

Широкая распространенность молоткообразной деформации пальцев стоп, влияние данной патологии на трудоспособность и качество жизни позволяют считать ее значимой медицинской проблемой. Наиболее распространенная операция в настоящее время — артродез проксимального межфалангового сустава в сочетании с Weil-остеотомией. Специфическое осложнение — флотирующий палец — приводит к перегрузке смежных пальцев и головок плюсневых костей. Одной из причин данного осложнения является нестабильность плюснефалангового сустава, для коррекции которой используется операция по транспозиции сухожилия длинного сгибателя пальца на проксимальную фалангу. Использование данной методики имеет ограничения, связанные со сложной техникой операции и посредственным косметическим результатом. При изучении причин молоткообразной деформации пальцев был сделан вывод о важном значении подошвенной связки плюснефалангового сустава, восстановление которой приводит к стабилизации сустава, восстанавливает опорную функцию и нормальную биомеханику стопы. Перспективным направлением лечения молоткообразной деформации является использование малоинвазивных технологий, которые позволяют снизить риск инфекционных осложнений, послеоперационной контрактуры сустава, сократить время проведения операции, сроки реабилитации, уменьшить послеоперационный болевой синдром. Техника минимально инвазивной операции сложнее, требует длительного обучения хирурга, продолжительного контроля за послеоперационным ведением пациента, имеет более высокий потенциальный риск интраоперационного повреждения анатомических структур. Выбор метода лечения основывается на индивидуальных особенностях патологических изменений стопы пациента, технических возможностях и опыте хирурга. При выборе тактики лечения необходимо оценивать эластичность деформации, степень стабильности плюснефалангового сустава, наличие и выраженность сопутствующей перегрузочной метатарзалгии; учитывать персонализированные требования и ожидания конкретного пациента. Результаты хирургического лечения пациентов, по данным различных авторов, полученные с помощью опросника AOFAS для резекционной артропластики проксимального межфалангового сустава, улучшились в среднем в 2,4 раза (до операции — 36,1 балла, на контрольном осмотре — 87,3 балла). По визуальной аналоговой шкале (ВАШ) отмечалась положительная динамика в 4,8 раза (до операции — 7,2, на контрольном осмотре — 1,5). При восстановлении подошвенной связки среднее улучшение по опроснику AOFAS у различных авторов составило 1,8 раза (до операции — 47,2, на контрольном осмотре — 85,1). По шкале ВАШ результаты улучшились в 5,7 раза (до операции — 6,8, на контрольном осмотре — 1,2). При применении минимально инвазивных методик удовлетворенность пациентов составила 87,3%. При пересадке сухожилий послеоперационный балл по шкале AOFAS составил 83,4. Дополнительных данных о результатах не представлено, либо они представлены в недостаточном объеме.

Ключевые слова: молоткообразная деформация, восстановление подошвенной связки, минимально инвазивная хирургия.

(Для цитирования: Бобров Д.С., Шубкина А.А., Лычагин А.В., Слияков Л.Ю., Якимов Л.А. Хирургическое лечение молоткообразной деформации пальцев стоп (обзор литературы). Вестник РАМН. 2019;74(4):272–282. doi: 10.15690/vramn1096)

D.S. Bobrov, A.A. Shubkina*, A.V. Lychagin, L.Yu. Slinyakov, L.A. Yakimov

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Surgical Treatment of Hammertoes (Literature Review)

The high prevalence of hammertoe deformity in the population, the effect of this pathology on the ability and the quality of life allow us to consider this pathology as a important medical problem. The most common surgery is arthrodesis of the proximal interphalangeal joint with a Weil-osteotomy. Specific complication is a floating toe, which leads to overload of adjacent toes and metatarsal heads. For to correct the instability of the metatarsophalangeal joint, the flexor to extensor transfer Girdlestone-Taylor can be used. However, the use of this procedure had limitations associated with difficult surgery techniques and below the average cosmetic result of the procedure. In the study of the causes of hammertoe deformity, the conclusion of the importance of the plantar plate of the metatarsophalangeal joint was made. Plantar plate repair leads to the stabilization of the metatarsophalangeal joint, reduces the risk of developing a floating toe, leads to the restoration of the support function and normal biomechanics of movement and foot function. Simultaneously, the plantar plate repair technically complicates surgical treatment. An promising direction of treatment is minimally invasive technologies for correction of hammertoe deformity that can reduce the risk of infectious complications, improve the cosmetic result of the surgery and reduce the risk of postoperative contracture in the joint, the time of the operation and rehabilitation, postoperative pain, emotional stress for the patient. However, the technique this type of surgery is more difficult, it requires a long training of the surgeon. The potential risk of intraoperative damage to various anatomical structures increases, which requires use of special tools during surgery. The choice of the surgical procedures is based on the individual characteristics of the pathological changes in the patient's foot, the equipment of the operating room and the experience of the surgeon. It is necessary to evaluate the elasticity of the deformity, the stability of the metatarsophalangeal joint, the presence and severity of concomitant overloading metatarsalgia, as well as to take into account the subjective personalized requirements and expectations of the patient.

Keywords: hammer toe syndrome, minimally invasive surgical procedures, plantar plate, review literature.

(For citation: Bobrov DS, Shubkina AA, Lychagin AV, Slinyakov LYu, Yakimov LA. Surgical treatment of hammertoes (literature review). Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2019;74(4):272–282. doi: 10.15690/vramn1096)

Введение

Молоткообразная деформация пальцев — наиболее распространенная деформация малых пальцев стоп [1–3], составляющая 34,5% всех заболеваний стопы и голеностопного сустава у пожилых пациентов [4]. Молоткообразная деформация характеризуется одновременной сгибательной контрактурой проксимального межфалангового сустава, переразгибанием плюснефалангового и дистального межфалангового суставов [5, 6].

Основной проблемой данной патологии является хронический стойкий дисбаланс между силой сгибания и разгибания пальцев стоп из-за действующих на них внутренних и/или внешних факторов.

Особый интерес представляет подошвенная связка, участвующая в поддержании стабильности плюснефалангового сустава. E. Suero и соавт. (2012) и O. Chalayan и соавт. (2013) в анатомических исследованиях *in vitro* продемонстрировали, что травма подошвенной связки сама по себе может вызывать нестабильность плюснефалангового сустава, т.к. изолированное иссечение подошвенной связки или в сочетании с иссечением других связок плюснефалангового сустава вызывает значительную нестабильность [7, 8].

На ранних стадиях деформация является гибкой и устраняется пассивно (методами мануальной терапии), но со временем становится фиксированной (ригидной). Прогрессирование деформации, как правило, сопровождается подвывихом или вывихом проксимальной фаланги. При возникновении стойкой молоткообразной деформации пальца возникает интенсивный болевой синдром, возможно развитие раны в области проксимального межфалангового сустава вследствие хронической травмы деформированного пальца и повышения давления обуви на кожу на вершине деформации. На этой стадии развития патологии показано хирургическое лечение.

Существуют различные методы коррекции молоткообразной деформации, включая процедуры на мягких тканях, суставах (проксимальных межфаланговых, плюснефаланговых) и плюсневых костях. В последние годы особый интерес представляет восстановление подошвенной связки плюснефалангового сустава, а также малоинвазивная хирургия молоткообразной деформации пальцев стоп.

Независимо от используемого хирургического метода целями операции являются исправление деформации (или ограничение ее прогрессирования) и облегчение боли. Идеальная операция должна быть воспроизводима (иметь простую технологию, не требующую длительного обучения, или же иметь точное описание с возможностью повторения), иметь низкую частоту послеоперационных осложнений и рецидивов деформации. В результате проведения операции должна быть восстановлена анатомия и функция пальцев стоп.

В настоящее время нет технологий оперативного лечения, которые соответствуют всем перечисленным критериям.

Известны различные осложнения существующих методов лечения: флотирующий палец [9], остаточная гиперэкстензия плюснефалангового сустава после резекционной артропластики [10], замедленная консолидация кости [11], вторичная сгибательная контрактура (гиперэкстензия) проксимального межфалангового сустава [12], фиброзное сращение после попытки артродеза проксимального межфалангового сустава [13], миграция

фиксаторов [12], неправильные сращения [12], а также инфекционные осложнения [14].

Разнообразие методов хирургической коррекции молоткообразной деформации пальцев стоп, отсутствие единой системы оценки результатов хирургического лечения, использование хирургами различных комбинаций методов и модификаций методик не позволяют проводить метаанализ результатов хирургического лечения.

С целью оценки современного представления о методах хирургической коррекции молоткообразной деформации пальцев стопы был произведен поиск материала в базах данных Embase, Medline, Cochrane, Scopus, eLibrary, включая результаты клинических исследований, обзоры литературы, абстракты и доклады научных конференций.

Молоткообразная деформация пальцев: диагностика и методы хирургической коррекции

Диагностика

Боль и деформация являются основными симптомами молоткообразной деформации. Некоторые пациенты обращаются за медицинской помощью лишь с целью исправить косметический дефект.

При клиническом осмотре стопы определяется сгибательная деформация проксимального межфалангового сустава с переразгибанием плюснефалангового и дистального межфалангового суставов. Необходимо оценить гибкость и величину данной деформации, а также стабильность плюснефалангового сустава. При осмотре необходимо также обратить внимание на сопутствующие деформации стопы и метатарзалгии [15], что помогает определить тактику дальнейшего лечения.

Тест выдвигного ящика плюснефалангового сустава, или вертикальный стресс-тест (тест Гамильтона–Томпсона) [16], — провокационный маневр, который позволяет клинически точно оценить нестабильность плюснефалангового сустава. Положительный тест может вызвать боль и классифицировать степень нестабильности плюснефалангового сустава с использованием шкалы от 0 до 4: 0-я степень — стабильный сустав; 1-я ст. — легкая нестабильность (дисконгруэнтность суставных поверхностей менее 50%), 2-я ст. — средняя нестабильность (дисконгруэнтность суставных поверхностей более 50%), 3-я ст. — грубая нестабильность, вывих пальца при проведении теста; 4-я ст. — пассивно неустраняемый вывих. Существует прямая корреляция между величиной нестабильности и степенью поражения подошвенной связки.

При наличии положительного теста выдвигного ящика наиболее распространенным симптомом является субметатарзальная боль, которая имеется у 94% пациентов. Тильное смещение пораженного пальца стопы встречается в 93% случаев при всех степенях поражения подошвенной связки, хотя реже при 0-й степени (истончение подошвенной связки без разрыва) [16].

Лучевые методы диагностики включают рентгенографию стоп под нагрузкой в двух проекциях, компьютерную томографию стоп под нагрузкой. Для диагностики разрыва подошвенной связки можно также использовать магнитно-резонансную томографию (рис. 1).

Лечение

Обращаясь за медицинской помощью, пациенты стремятся избавиться от болевого синдрома и получить возможность ношения приемлемой обуви.

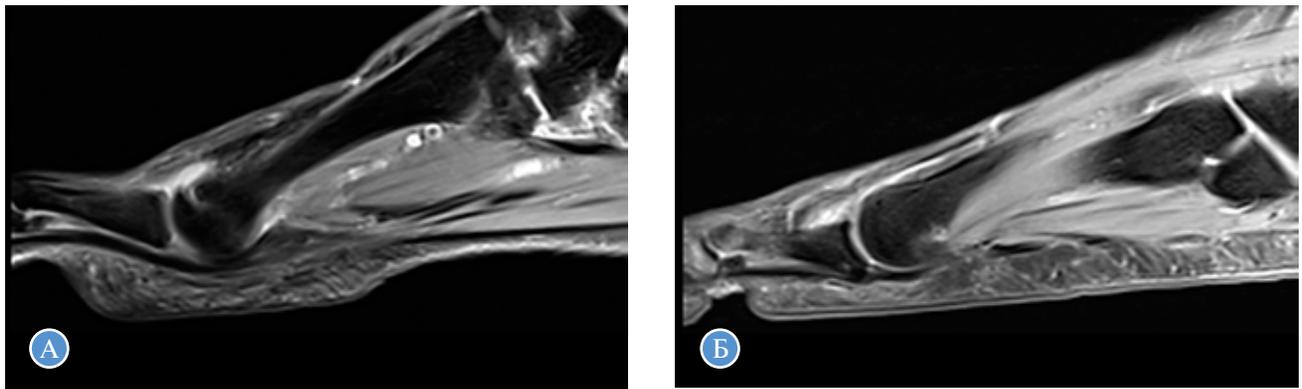


Рис. 1. Пациент В., 63 года. Визуализация подошвенной связки 2-го и 3-го плюснефаланговых суставов правой стопы с помощью магнитно-резонансной томографии

Примечание. А — разрыв подошвенной связки 2-го плюснефалангового сустава по данным магнитно-резонансной томографии; В — интактная подошвенная связка и отсутствие разгибательной деформации на уровне 3-го плюснефалангового сустава.

Консервативное лечение молоткообразной деформации часто облегчает болевой синдром, однако деформация в большинстве случаев продолжает прогрессировать. Хирургическое лечение молоткообразной деформации надежно устраняет деформацию и снимает боль.

Выбор метода лечения молоткообразной деформации зависит от эластичности деформации и ее величины.

Тэйпирование пальца или использование различных ортопедических фиксаторов при молоткообразной деформации облегчает состояние в случае эластичной деформации, однако эти способы предполагают ношение обуви, адаптированной для данных ортопедических приспособлений.

Показанием для хирургического лечения молоткообразной деформации является боль, не проходящая после консервативного лечения. Хирургическая коррекция бессимптомной молоткообразной деформации показана при одновременном лечении вальгусной деформации 1-го пальца в профилактических целях, учитывая прогрессивное развитие деформации.

Абсолютными противопоказаниями к операции являются активная инфекция и недостаточное кровоснабжение. Желание пациента исправить только косметический дефект не является показанием; пациент должен понимать, что цель операции — купирование боли. Невозможность подбора адекватной обуви является относительным показанием.

В настоящее время наиболее часто используются следующие варианты хирургической коррекции:

- артродез или артропластика проксимального межфалангового сустава;
- транспозиция или удлинение сухожилий;
- малоинвазивная операция с остеотомией основания проксимальной фаланги;
- остеотомия 2-я плюсневой кости;
- пластика подошвенной связки плюснефалангового сустава.

Процедуры, вовлекающие проксимальный межфаланговый сустав

Первый отчет о сращении межфаланговых суставов пальцев стоп представил R. Soule в 1910 г. [17]. Коррекция фиксированной молоткообразной деформации с помощью артропластики, или артродеза, с резекцией проксимального межфалангового сустава является высокоэффективной процедурой, при этом уровни удовлетворенности пациентов и устранения болевого син-

дрома обычно составляют от 80 до 90% [18]. Основными причинами послеоперационной неудовлетворенности при длительном наблюдении являлись неправильное сращение (18 клинических наблюдений из 118) и послеоперационная потеря или снижение чувствительности (7/118). Цель процедуры заключается в устранении деформации сгибания проксимального межфалангового сустава путем анкилоза сустава в нейтральном или слегка согнутом положении с минимальной деформацией во фронтальной плоскости, а также в укорочении пальца стопы с уменьшением натяжения мягких тканей. По мере увеличения степени деформации могут потребоваться дополнительные процедуры, такие как удлинение или тенотомия сухожилий, релиз или артропластика плюснефалангового сустава и укорочение плюсневой кости. В исследовании M. Coughlin и соавт. (2000) [18] тенотомии сгибателей были выполнены одновременно в 11 случаях, послеоперационно — в 7 случаях и не оказали негативного влияния на отдаленные результаты (16 из 18 результатов были оценены как удовлетворительные). Фиксация спицей необходима в течение 4–6 нед после операции [19, 20].

Удовлетворенность пациентов коррелирует с исправлением деформации пальца во фронтальной и сагиттальной плоскостях и может не зависеть от костного или фиброзного сращения сустава [18].

Способы фиксации

Несмотря на то, что фиксация спицей Киршнера исторически считалась стандартом для стабилизации проксимального межфалангового сустава при коррекции пальца стопы, другие формы интрамедуллярной фиксации оказались безопасными и эффективными, не имели таких потенциальных осложнений, связанных с наличием экспонированного временного имплантата, как воспаление в области выхода спицы на поверхность кожи и экстраузия спицы [18, 21].

Варианты фиксации:

- 1 спица [22];
- 2 спицы [23];
- швы [24];
- канолированные винты [25];
- одно- и двухкомпонентные интрамедуллярные имплантаты [1, 3, 12, 26, 27];
- нитиновые интрамедуллярные имплантаты с памятью формы [25];
- рассасывающиеся интрамедуллярные имплантаты [20];

- заполнение места сращения костным трансплантатом [28].

R. Caterini и соавт. (2004) [25] оценивали результаты коррекции проксимального межфалангового сустава посредством артродеза с фиксацией интрамедуллярными канюлированными винтами. У 24 пациентов была произведена коррекция 51 пальца: о костном сращении сообщалось в 94% случаев в период наблюдения от 1 до 4 лет. Полный регресс болевого синдрома наблюдался у 79% пациентов, а субъективная удовлетворенность пациентов была зарегистрирована в 83% случаев. Неудовлетворительные результаты были связаны в одном случае с поломкой винта, в другом — с присоединением инфекции, потребовавшей удаления фиксатора. Еще 5 винтов были удалены по причине постоянной боли в области кончика пальца. Пациентам разрешалось ношение обычной обуви не ранее чем через 2 нед после операции, что было бы невозможно при временной фиксации спицей.

J. Coillard и соавт. (2014) [29] опубликовали результаты проспективного многоцентрового исследования, оценивающего однокомпонентный постоянный интрамедуллярный имплантат (IPP-on, Integra Lifesciences Services, Франция) для стабилизации проксимального межфалангового сустава при деформациях малых пальцев. В исследовании были включены 117 пациентов (156 пальцев) с периодом наблюдения 12 мес. Рентгенологическое сращение наблюдалось в 84% пальцев стоп. Полное купирование боли отмечалось у 95% пациентов через 1 год, а удовлетворенность пациентов достигнута в 98% случаев. Общая частота осложнений составила 4,5% и включала 2 интраоперационных перелома проксимальной фаланги, 3 случая расшатывания имплантата, 1 сломанный имплантат и только 1 ревизионную операцию в течение 12-месячного периода наблюдения [29].

J. Ellington и соавт. (2010) [30] сообщили о своем опыте работы с двухкомпонентным интрамедуллярным устройством (Stayfuse, Zimmer Inc, США) в ретроспективной серии клинических случаев деформации 38 пальцев, что включало 26 ревизионных операций при рецидиве молоткообразной деформации. Коэффициент сращений был равен 60,5%, а общее исправление деформации во фронтальной и сагиттальной плоскостях наблюдалось в 81,6% случаев в среднем за 31 мес наблюдения. Повторных операций в группе с первичной коррекцией молоткообразной деформации не было, однако частота повторного вмешательства в группе ревизионных операций составила 11,6% [30].

Уникальные имплантаты Nitinol memory-metal разработаны для изменения формы в ответ на изменение температуры среды, в которую они помещены. Эти типы имплантатов хранятся при более низких температурах; после имплантации они увеличиваются в ширину и сокращаются в длину, чтобы обеспечить как более стабильную фиксацию, так и компрессию в предполагаемом месте сращения [26].

F. Catena и соавт. (2014) [26] проспективно оценивали коррекцию молоткообразной деформации посредством артродеза, используя нитиноловые интрамедуллярные имплантаты с памятью формы (Smart Toe, Stryker, Mahwah, США) и временные спицы. В исследовании участвовали 24 пациента (43 пальца) при среднем наблюдении 12 мес. Авторы наблюдали 81% костного сращения и 100% удовлетворенность пациентов. Частота осложнений была низкой: в 5% — поверхностные инфекции, в 5% — некроз краев кожи. Не отмечалось неправильного сращения в поперечной плоскости, за время наблюдения

не возникло необходимости в ревизионных или вторичных хирургических вмешательствах [26].

K. Konkel соавт. (2011) [31] сообщили о серии случаев (29 пациентов, 47 пальцев), которые не поддавались коррекции с помощью фиксации поли-L-лактатной спицей. В среднем за 18 мес наблюдения авторы отметили 83,0% случаев сращения; 96,5% пациентов были удовлетворены процедурой, 93,0% пациентов заявили, что они снова пройдут процедуру. Сообщалось только об одном факте инфекции, успешно пролеченной курсом пероральных антибиотиков. Случаев неправильного сращения не наблюдалось [31].

Несмотря на то что большинство хирургов не поддерживает постоянные интрамедуллярные фиксационные устройства и использует фиксацию временной спицей при коррекции молоткообразной деформации, множественные исследования демонстрируют, что эти устройства часто эффективны и безопасны, обладают высокими показателями удовлетворенности пациентов.

Осложнения

Коррекция молоткообразной деформации с помощью артродеза или артропластики проксимального межфалангового сустава — это в целом успешная и безопасная процедура с низкими рисками зарегистрированных серьезных осложнений [18, 32].

Типичные осложнения — инфекция, ассоциированная со спицей; миграция или поломка спицы; неправильное сращение; рецидив деформации; ятрогенная молоткообразная деформация; нестабильность, отек пальцев; нарушение кровообращения.

В исследовании M. Coughlin и соавт. (2000) у 10% пациентов отмечались послеоперационные осложнения, которые включали поверхностную инфекцию послеоперационной раны, которая была успешно разрешена пероральными антибиотиками (у 5% пациентов); экстрезии спицы (у 1,5%) и нарушение кровообращения, которое требовало раннего удаления спицы (у 3%). Долгосрочные осложнения включают рецидив молоткообразной деформации (6% клинических наблюдений), ятрогенную молоткообразную деформацию (8%) и послеоперационную потерю чувствительности (6%). У одного пациента выполнена ампутация пальца (1 из 118 клинических наблюдений, <1%). Неправильное сращение было в 15% клинических наблюдений, но большая часть этих деформаций была определена как незначительная. Наиболее часто приводимыми причинами неудовлетворенности пациентов были неправильное сращение и послеоперационная потеря чувствительности [18].

В 2015 г. W. Kramer с соавт. [32] сообщили об осложнениях коррекции молоткообразной деформации с фиксацией спицей на основе 2698 клинических наблюдений. Оценивали клинический результат через 20,8 мес. Фиксация спицами производилась в среднем 39,2 сут. Осложнения включали миграцию спицы (3,5%); инфекцию, связанную со спицей (0,3%); поломку спицы (0,1%); рецидив деформации (5,6%); неправильное сращение (2,1%); нарушения кровообращения (0,6%), потребовавшие в том числе ампутации пальца (0,4%); ампутации, не связанные с нарушением кровообращения (0,3%), — рецидив деформации; трудноизлечимые изъязвления; остеомиелит, связанный со спицей.

В исследовании C. O’Kane (2005) [19] в общей сложности был зарегистрирован 31 неблагоприятный исход, из которых 15 произошли у пациентов с комбинированной деформацией переднего отдела стопы (25 стоп) и 16 в изо-

лированных (75 стоп), что указывает на то, что частота осложнений выше при комбинированных деформациях. Автор сообщает о таких осложнениях, как рецидив молоткообразной деформации, инфекция мягких тканей, ротация пальца, латеральная девиация проксимального межфалангового сустава, отек пальца, гиперэкстензия дистального межфалангового сустава, ревизионная операция после недостаточной резекции проксимальной фаланги. Большая часть (18 стоп) осложнений была связана с флотирующим пальцем, который в большинстве других отчетов не считается осложнением [18]. Слишком поднятый вверх палец является частым осложнением, особенно при значительной гиперэкстензии плюснефалангового сустава до операции (рис. 2).

Процедуры, вовлекающие плюснефаланговый сустав и плюсневые кости

Метатарзальная укорачивающая остеотомия может быть выполнена при вывихе плюснефалангового сустава или нестабильности плюснефалангового сустава с синовитом, сопутствующей перегрузочной метатарзалгии.

С целью коррекции молоткообразной деформации используют стабильную и эффективную дистальную остеотомию плюсневой кости (Weil-остеотомия) [33]. Частота несращений при данном виде остеотомии очень низка. Обзор литературы показал, что из 1131 остеотомии было всего 3% несращений. Сочетание внутренней фиксации со стабильной плоскостью остеотомии обеспечивает такой низкий процент несращений [34].

Тем не менее Weil-остеотомия плюсневой кости является внутрисуставной. Исследование диапазона движений через 7 лет после остеотомии показало 48% суставов с умеренным (30–75°) и 20% с выраженным (<30°) ограничением в диапазоне движений [35].

276



Рис. 2. Молоткообразная деформация 2-го пальца правой стопы: результат артродеза проксимального межфалангового сустава без восстановления капсульно-связочного аппарата

Примечание. Сохраняется нестабильность 2-го плюснефалангового сустава. Флотирующий палец стопы.

Осложнения после дистальной остеотомии плюсневой кости (Weil-остеотомия)

Наиболее распространенным осложнением Weil-остеотомии является флотирующий палец. Проксимальный и подошвенный сдвиг плюсневой головки изменяет ось вращения плюснефалангового сустава относительно внутренних мышц стопы. При подошвенном смещении плюсневой головки внутренние свойства изменяются вследствие перераспределения силы подошвенного сгибания в сторону силы тыльного сгибания, и таким образом вектор приобретает дорсальное положение к оси вращения. По данным различных источников, частота случаев флотирующего пальца стопы после Weil-остеотомии варьирует от 20 до 36% [34].

Флотирующий палец стопы является общим осложнением Weil-остеотомии; метатарзалгия обычно разрешается, позволяя улучшить показатели шкалы боли и функциональных шкал. J. Gregg и соавт. (2007) [36] сочетали плюсневую остеотомию с удлинением длинного разгибателя пальцев и восстановление подошвенной связки, в результате чего случаи возникновения флотирующего пальца снизились на 6%. Сгибательно-разгибательная пересадка сухожилий также используется с целью помочь стабилизировать сустав и снизить случаи флотирующего пальца.

В исследовании N. Trnka и соавт. (2002) [33] участвовал 31 пациент, из них у 21 были отличные результаты, у 4 хорошие, у 2 неудовлетворительные; 4 были недовольны результатом лечения (спица или винт пенетрировали мягкие ткани со стороны подошвы и причиняли боль). Винты были удалены у 2 пациентов, третий пациент отказался от повторной операции, а симптомы были успешно разрешены с помощью ортопедических стелек; у четвертого пациента спицу, которая мигрировала, пришлось удалить. Медиана по шкале AOFAS LMIS составила 81 (диапазон от 52 до 100) балл. У 21 пациента болевой синдром был полностью разрешен, у 5 осталась слабая боль, у 3 — умеренная, у 2 — стойкий и сильный болевой синдром из-за пенетрации фиксаторов. Косметический вид расценивался как «отличный» у 19 пациентов, «хороший» у 11 и «удовлетворительный» у 1 пациента. Бессимптомный гиперкетатоз под головкой плюсневой кости в области операции наблюдался в 16 клинических случаях (6 пациентов). Случаев переходной метатарзалгии под головкой неоперационной плюсневой кости не было. В 8 суставах вывих устранить не удалось. Во всех случаях получено укорочение плюсневых костей.

Восстановление подошвенной связки

Значительный шаг в развитии научных знаний о причинах молоткообразной деформации — это изучение значения подошвенной связки плюснефалангового сустава для стабильности плюснефалангового сустава (рис 3).

M. Coughlin и соавт. (2012) исследовали 16 кадаверных образцов с молоткообразной и варусной деформацией второго пальца стопы и описали степень повреждения подошвенной связки [37]. Все образцы имели некоторую степень поперечного разрыва подошвенной связки, непосредственно проксимальнее места фиксации капсулы на основании проксимальной фаланги. Авторами была разработана анатомическая система классификации, соответствующая характеру разрыва подошвенной связки [37].

Результаты исследования J. Cook (2018) [38] показывают преимущества анатомической реконструкции плюсне-



Рис. 3. Молоткообразная деформация 2-го пальца после изолированного восстановления подошвенной связки

фалангового сустава по сравнению с теми, кто использует традиционные методы, такие как релизы плюснефалангового сустава, капсулотомии, капсулорафии и пересадки сухожилий. В исследовании J. Cook [38] при использовании реконструктивной техники восстановления плюснефалангового сустава в 94% случаев достигнута большая стабильности пальцев, чем в контроле. Сбалансированное сравнение наблюдений со случаями контроля обеспечило уверенность в сопоставимости двух групп по таким трудно изучаемым факторам, как возраст, пол, продолжительность наблюдения и сопутствующие процедуры того же малого луча и пальца.

Восстановление подошвенной связки сочетается с Weil-остеотомией, когда нестабильность плюснефалангового сустава связана с молоткообразной деформацией.

C. Nery и соавт. (2012) выполнили проспективную оценку результатов непосредственного восстановления подошвенной связки в сочетании с плюсневой остеотомией и латеральным мягкотканым релизом для лечения нестабильности плюснефалангового сустава [39]. Авторы сообщили об улучшениях, с точки зрения уменьшения болевого синдрома, функциональных показателей, а также стабильности и выравнивании пораженных пальцев стоп.

R. Bouché и E. Heit (2008) [40] и J. Gregg и соавт. (2007) [36] использовали 10-балльную визуальную аналоговую шкалу (ВАШ) боли: от 1 до 3 — слабая боль; от 4 до 6 — умеренная боль; от 7 до 10 — сильная боль. Авторы выдвинули гипотезу о том, что комбинированное восстановление подошвенной связки и реконструкция молоткообразной деформации с пересадкой сухожилия мышцы длинного сгибателя пальцев — хороший вариант хирургической коррекции разрывов подошвенной связки со вторичной нестабильностью сустава и деформацией пальцев. J. Gregg и соавт. сообщили, что 17 пациентов были удовлетворены и 6 неудовлетворены результатом, 18 пациентов полностью избавились от боли (ВАШ 0), 4 имели слабую (ВАШ 2) и 1 — умеренную боль (ВАШ 5); у R. Bouché и E. Heit [40] 9 пациентов полностью избавились от боли (ВАШ 0), 5 пациентов имели слабую (ВАШ 2) и 1 — умеренную боль (ВАШ 5).

Были описаны и другие методы, сочетающие восстановление подошвенной связки с пересадкой сухожи-

лия мышцы длинного сгибателя пальцев или остеотомией плюсневой кости. C. Nery и соавт. [39] выполняли комбинированное восстановление подошвенной связки с Weil-остеотомией посредством тыльного доступа с 67,5% достижением стабильности плюснефалангового сустава. Это контрастирует с результатами работы R. Bouché и E. Heit [40], которые выполнили восстановление подошвенной связки с пересадкой длинного сгибателя пальцев. Хотя добавление пересадки сухожилия длинного сгибателя пальцев повысило стабильность пальцев до 100%, на контрактуру суставов жаловались 40% пациентов. В исследовании стабильность была улучшена, однако 30% пациентов имели плохую опору на пальцы. Полученные различия в результатах авторы связали с использованием методики, облегчающей анатомическое восстановление подошвенной связки и учитывающей важность принадлежности и правильности коллатеральных связок по отношению к стабильности в трех плоскостях.

L. Ford и соавт. (1998) сравнивали непосредственное восстановление подошвенной связки, пересадку сухожилий сгибатель-на-разгибатель, комбинированную пересадку сухожилия и восстановление подошвенной связки и пришли к выводу, что непосредственное восстановление подошвенной связки является жизнеспособной альтернативой пересадке сухожилия при стабилизации плюснефаланговых суставов малых пальцев [41]. Подошвенный доступ для восстановления подошвенной связки был описан с удовлетворительными результатами [40], однако этот способ не восстанавливает плюсневую параболу с помощью плюсневой остеотомии и может осложняться болезненным подошвенным рубцом. M. Соорег и M. Coughlin (2011) [42] в кадаверном исследовании впервые доказали, что адекватная коррекция плюснефалангового сустава может быть достигнута с помощью тыльного доступа в сочетании с Weil-остеотомией. Впоследствии сообщалось об удовлетворительном избавлении от боли и удовлетворительных клинических результатах при восстановлении подошвенной связки с использованием тыльного доступа.

Пересадка сухожилий

Гибкая деформация, не поддающаяся консервативному лечению, может быть исправлена операцией по

Girdlestone–Taylor (сгибательно-разгибательная пересадка сухожилия) [43]. Принцип действия такой же, как и при тейпировании гибкой деформации.

Пересадка сухожилия длинного сгибателя пальцев для коррекции деформации пальцев была описана в 1925 г. W. Trethowen [44]. В 1947 г. G. Girdlestone [45], а в 1951 г. R. Taylor описали процедуру как пересадку длинного и короткого сухожилий сгибателей на сухожилие разгибателя, и в 1973 г. за операцией закрепилось название Girdlestone–Taylor. Впоследствии T. Parrish (1973) [46] модифицировал процедуру, включив расщепление сухожилия сгибателя в продольном направлении и сшивание концов между собой и к тыльному расширению сухожилия разгибателя.

R. Taylor (1951) сообщил о выполнении процедуры Girdlestone у 68 пациентов (112 стоп) [47], из них у 59 достигнуты хорошие результаты лечения. Большой успех наблюдался при коррекции гибкой деформации, а данная процедура была расценена автором как лучшая альтернатива артродеза проксимального межфалангового сустава.

T. Sgarlato (1970) [48] сообщил о 53 случаях (в том числе с приподнятым и отечным пальцем у 1 пациента) пересадки сухожилий сгибателей с использованием 2 различных техник. S. Barbagi и K. Brevig (1984) [43] сообщили о 39 операциях у 31 пациента, из них у 28 отмечены удовлетворительные результаты. Авторами было обнаружено, что когда метатарзалгия была первичной предоперационной жалобой, улучшений после операции не отмечалось.

R. Mendicino и соавт. (2001) [49] провели ретроспективный анализ результатов лечения 8 пациентов, которым пересадили сухожилие сгибателя, при этом 6 из них имели отличные результаты. Остаточная контрактура была основной жалобой 2 пациентов после операции.

M. Myerson и H. Jung (2005) [50] провели ретроспективный анализ 64 клинических случаев после пересадки сухожилия длинного сгибателя пальцев с расщеплением сухожилия. Результаты включали удовлетворенные отзывы 26 пациентов, относительную удовлетворенность у 21 и неудовлетворенность у 12. При необходимости производились дополнительные процедуры, в том числе капсулотомия плюснефалангового сустава, релиз коллатеральных связок, удлинение сухожилия разгибателя, остеотомия плюсневых костей. Авторы пришли к выводу, что многие пациенты расценили операцию как неэффективную вследствие остаточных контрактур, потери активного сгибания и дисфункции органа. Следует отметить, что в данном исследовании не затрагивалась подошвенная связка, и только 9 стоп имели костное сращение проксимального межфалангового сустава, что, по мнению авторов, могло быть основной причиной неудовлетворенности пациентов.

M. Boyer и J. De Orto (2007) [51] сообщили о 89% удовлетворенности пациентов (70 из 79 пальцев), которым были выполнены пересадки сухожилия сгибателя на сухожилие разгибателя. Сообщалось об отсутствии флотирующих пальцев, высокой удовлетворенности пациентов и незначительных осложнениях после процедуры.

R. Bouché и E. Heit (2008) [40] ретроспективно оценили 18 пациентов с комбинациями процедур по восстановлению подошвенной связки, костных процедур и пересадки сухожилия мышц длинного сгибателя пальцев. Все пациенты были удовлетворены своим послеоперационным результатом, и авторы пришли к выводу, что сочетание процедур является жизнеспособным вариантом для разрешения тяжелой хронической сагиттальной нестабильности плюснефалангового сустава малых паль-

цев. Послеоперационные жалобы включали контрактуру проксимального межфалангового сустава (в 40% случаев), умеренную боль в суставах (в 33%), локальную потерю чувствительности (в 13%) и отек (в 13%). Авторы также заявили о важности восстановления как статической, так и динамической стабилизации пальца: восстановление подошвенной связки обеспечивает статическую стабилизацию, а пересадка сухожилия мышц длинного сгибателя пальцев должна обеспечивать динамическую стабильность.

M. Iglesias и соавт. (2012) [52] выполнили метаанализ клинических случаев пересадки сухожилия сгибателя с целью оценить клиническое преимущество процедуры. Было извлечено 203 статьи, из них 17 публикаций отвечали критериям включения и исключения, которые были предусмотрены анализом. Общая удовлетворенность пациентов пересадкой сухожилий составила 86,7%. Авторы пришли к выводу, что существуют подтверждающие доказательства клинического преимущества пересадки сухожилия мышцы длинного сгибателя пальца. Они также обнаружили, что не было существенной разницы в успехе процедуры в отношении возраста и пола пациента. Также установлено, что наиболее распространенной причиной неудовлетворительных результатов лечения была контрактура, и лучшие показатели продемонстрировали те пациенты, которым дополнительно был выполнен артродез проксимального межфалангового сустава.

В кадаверном исследовании L. Ford и соавт. (1998) [41] сравнивалось восстановление подошвенной связки с пересадкой сухожилия длинного сгибателя пальцев. Отмечено, что сочетание пересадки сухожилия длинного сгибателя пальцев с восстановлением подошвенной связки при подвывихе или вывихе станет самым эффективным способом стабилизации плюснефалангового сустава. O. Chalayan и соавт. (2013) [8] в похожем исследовании наблюдали значительную нестабильность плюснефалангового сустава при повреждении подошвенной связки, а также что пересадка сухожилия сгибателя на разгибатель сама по себе повышала стабильность сустава при тыльном сгибании плюснефалангового сустава, но в сочетании с Weil-остеотомией восстанавливала стабильность плюснефалангового сустава и сдерживала тыльное сгибание и смещение плюснефалангового сустава.

Минимально инвазивные процедуры

На сегодняшний день все большую популярность среди ортопедов приобретают малоинвазивные методики лечения патологии стопы, что нашло отражение и в публикациях [53–55]. Минимально инвазивная хирургия определяется как выполнение процедур на костной и мягких тканях через минимально возможный рабочий разрез без прямой визуализации [56].

Чрескожные хирургические методы особенно подходят для коррекции деформаций малых пальцев стоп и полезны для предотвращения кожных или сосудистых осложнений (рубцовая контрактура, некроз кожи) у пациентов, которые в противном случае могли бы быть подвержены риску таких осложнений.

Очевидные преимущества минимально инвазивных доступов по сравнению с традиционными открытыми при коррекции деформаций стопы и голеностопного сустава включают снижение травматизации мягких тканей; уменьшение послеоперационной боли; улучшение косметических результатов, в частности уменьшение размеров кожного рубца; сокращение времени операции и, соответственно, длительности пребывания в стационаре;

снижение риска инфицирования; снижение затрат на хирургические расходные материалы/имплантаты [54–56].

Исторически сложилось так, что были высказаны опасения относительно возможности непреднамеренного повреждения тканей во время минимально инвазивных процедур. Такие опасения обоснованны, поскольку важные сосудисто-нервные структуры находятся в непосредственной близости от тканей-мишеней, подвергающихся реконструкции. При открытом доступе эти структуры визуализированы и могут быть сразу защищены. Кадаверное исследование отечественных авторов, целью которого было изучение риска повреждений сосудов, нервов и сухожилий при использовании минимально инвазивных методов лечения на переднем отделе стопы, продемонстрировало низкий процент ятрогенного повреждения для этих структур [55]. Тем не менее ни одна из рецензируемых журнальных публикаций не была определена авторами как исследование безопасности минимально инвазивных методик для коррекции деформаций пальцев в клинических условиях.

Множество работ, которые исследуют минимально инвазивные методики, отмечают снижение потенциала сосудисто-нервных осложнений [54, 55]. Так, в исследовании М. Gilheany и соавт. (2015) [57] ни у одного пациента не развились неврологические или сосудистые осложнения, что согласуется с предыдущим утверждением, что минимально инвазивные методики связаны с меньшим количеством ятрогенных осложнений, особенно с участием кожи и сосудов [58]. Не отмечалось также побледнений или цианозов в раннем послеоперационном периоде, которые в различной степени свойственны открытой операции и фиксации спицей Киршнера.

В исследовании Т. Roukis и V. Schade (2008) 45% всех процедур были выполнены в процедурном кабинете. Однако интраоперационный рентген-контроль может повышать точность выполнения методики хирургом, но не являться заменой опыта [53].

Чрескожные хирургические техники особенно подходят для коррекции деформаций малых пальцев стопы и особенно эффективны в предотвращении кожных или сосудистых осложнений (рубцовая контрактура, некроз кожи) у пациентов с угрозой риска таких осложнений.

В настоящее время возможно выполнение следующих хирургических процедур:

- 1) манипуляции на мягких тканях:
 - а) тенотомии сгибателей: короткого сгибателя пальцев, длинного сгибателя пальцев;
 - б) тенотомии разгибателей: длинного разгибателя пальцев, короткого разгибателя пальцев;
 - в) релиз суставов: плюснефалангового, проксимального межфалангового сустава;
- 2) манипуляции на костях:
 - а) внесуставные: остеотомия фаланг пальцев;
 - б) внутрисуставные: кондилэктомия, кондилопластика, артродез проксимального и дистального межфаланговых суставов.

Осложнения хирургического лечения молоткообразной деформации пальцев стоп при использовании минимально инвазивных методик

Случаи инфекции после малоинвазивных операций на малых пальцах стоп встречаются редко. Риск сосудисто-нервного повреждения также низок, если процедуры выполняются внимательно по отношению к анатомии и при очень низкой скорости бура. Некоторое снижение чувствительности может возникнуть в раннем после-

операционном периоде, но обычно это является нейропрактией с возвращением чувствительности в срок от 4 до 6 нед. Бывают случаи неполной коррекции, новой деформации или рецидива деформации, если хирург не выполняет фиксацию пальцев с помощью тейпирования.

Результаты хирургического лечения молоткообразной деформации пальцев стоп при использовании минимально инвазивных методик

В 2009 г. В. Piclet [59] представила результаты чрескожной операции на пальцах 112 стоп с коррекцией деформации второго пальца при помощи тенотомии короткого сгибателя пальцев, релиза проксимального межфалангового сустава и остеотомии проксимальной фаланги; послеоперационное наблюдение выполнено в 6 и 36 мес. Сообщается, что у 97% пациентов получены хорошие и удовлетворительные результаты лечения. В 19% клинических наблюдений сохранялись остаточные безболезненные деформации пальцев. Рецидивы наблюдались в 3% случаев.

Дальнейшее исследование было представлено в апреле 2013 г. с послеоперационным наблюдением более 2 лет (в среднем 30,7 мес): выполнена проспективная оценка 57 стоп, которые подверглись чрескожной хирургической коррекции второго пальца без хирургии на плюсневых костях. Отмечена 90% удовлетворенность пациентов результатами коррекции по всем параметрам, из них почти 98% были довольны косметическим эффектом, 98% — повышением комфорта и уменьшением боли при использовании обуви, 75% не сообщили об ограничении ношения обуви, а 77% не имели болей. Нормальная амплитуда движений проксимального межфалангового сустава была сохранена в 88% случаев, касание пальцем поверхности наблюдалось в 86%, схватывающая способность пальца стопы присутствовала у 86% пациентов [60].

Заключение

В настоящее время имеется широкий спектр хирургических техник, направленных на коррекцию молоткообразной деформации пальцев. Каждый из используемых методов лечения имеет свои результаты лечения, риск специфических осложнений и особенности послеоперационного ведения пациентов.

В настоящее время недостаточно изучены отдаленные результаты хирургического лечения и взаимосвязь восстановления опорной функции пальцев стоп с развитием метатарзалгии при коррекции молоткообразной деформации пальцев.

Методика восстановления капсульно-связочного аппарата является наиболее функциональной, но вместе с тем не может быть использована у пациентов с выраженными дегенеративными изменениями подошвенной связки. Такая процедура показана пациентам с высоким уровнем двигательной активности, а также при наличии деформации не более 3 лет. В более поздние сроки происходит значительное изменение окружающих сустав мягких тканей.

Очевидные преимущества минимально инвазивных доступов по сравнению с традиционными открытыми операциями для стопы и голеностопного сустава включают снижение травматизации мягких тканей, уменьшение послеоперационной боли, риска инфицирования; сокращение времени операции и, следовательно, пребывания в стационаре; улучшение косметических результатов

(значительное уменьшение размеров послеоперационных рубцов), снижение затрат, относящихся к хирургическим расходным материалам.

Ценность традиционных хирургических доступов заключается в возможности непосредственной визуализации анатомических структур, что имеет первостепенное значение при коррекции деформаций пальцев минимально инвазивными методами, особенно при отсутствии электронно-оптического преобразователя (интраоперационный рентген).

Информированное согласие

Пациенты дали письменное добровольное согласие на использование их данных в научных целях и для публикации с условием соблюдения правил конфиденциальности.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Поисково-аналитическая работа проведена на личные средства авторского коллектива.

Конфликты интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи, о которых необходимо сообщить.

Участие авторов: сбор и анализ результатов клинических исследований и обзоров литературы по теме публикации в информационных базах данных Embase, Medline, Co-

chrane, Scopus, eLibrary, сбор и анализ тезисов и докладов научных конгрессов и конференций по теме публикации в сети Интернет на профильных сайтах и в информационных базах данных Embase, Medline, Cochrane, Scopus, eLibrary — Бобров Д.С., Шубкина А.А.; предоставление баз данных пациентов (копии историй болезней, результатов магнитно-резонансной томографии и рентгенографии, результатов хирургического лечения пациентов), формирование дизайна статьи, основных разделов публикации — Лычагин А.В., Бобров Д.С.; формирование выводов обзора литературы, практической значимости проведенной работы, обеспечение этических норм публикации (предоставление выписки ЛЭК, информированные письменные согласия на публикацию фотографий пациентов с соблюдением правил конфиденциальности) — Слияков Л.Ю., Якимов Л.А.; перевод текста, придание смыслового единства, стилистический контроль научной публикации, редакция текста в соответствии с нормами русского языка, орфографическая, синтаксическая и пунктуационная корректура — Слияков Л.Ю., Шубкина А.А.; оформление текста в соответствии с требованиями журнала «Вестник РАМН», обеспечение единства оформления текста, ссылок на рисунки и подписей к ним, оформление списка литературы — Лычагин А.В., Якимов Л.А. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и публикацию статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

280

ЛИТЕРАТУРА

1. Angirasa AK, Barrett MJ, Silvester D. SmartToe implant compared with Kirschner wire fixation for hammer digit corrective surgery: a review of 28 patients. *J Foot Ankle Surg.* 2012;51(6):711–713. doi: 10.1053/j.jfas.2012.06.013.
2. Miller DJ, Throckmorton TW, Azar FM, et al. Business and practice management knowledge deficiencies in graduating orthopedic residents. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2015;44(10):E373–378.
3. Canales MB, Razzante MC, Ehredt DJ, Clougherty CO. A simple method of intramedullary fixation for proximal interphalangeal arthrodesis. *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(6):817–824. doi: 10.1053/j.jfas.2014.03.017.
4. Dunn JE, Link CL, Felson DT, et al. Prevalence of foot and ankle conditions in a multiethnic community sample of older adults. *Am J Epidemiol.* 2004;159(5):491–498. doi: 10.1093/aje/kwh071.
5. Myerson MS, Shereff MJ. The pathological anatomy of claw and hammer toes. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71(1):45–49. doi: 10.2106/00004623-198971010-00008.
6. Sarrafian SK, Topouzian LK. Anatomy and physiology of the extensor apparatus of the toes. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51(4):669–679. doi: 10.2106/00004623-196951040-00005.
7. Suero EM, Meyers KN, Bohne WH. Stability of the metatarsophalangeal joint of the lesser toes: a cadaveric study. *J Orthop Res.* 2012;30(12):1995–1998. doi: 10.1002/jor.22173.
8. Chalayan O, Chertman C, Guss AD, et al. Role of planar plate and surgical reconstruction techniques on static stability of lesser metatarsophalangeal joints: a biomechanical study. *Foot Ankle Int.* 2013;34(10):1436–1442. doi: 10.1177/1071100713491728.
9. O’Kane C, Kilmartin TE. The surgical management of central metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2002;23(5):415–419. doi: 10.1177/107110070202300508.
10. Borchgrevink GE, Finsen V. [Resection of the proximal phalanx in hammertoe. (Article in Norwegian.)] *Tidsskr Nor Laegeforen.* 2010;130(21):2116–2118. doi: 10.4045/tidsskr.09.0882.
11. Bauman ML, Steiner I, Mandresh RS, Green DR. Bone regeneration in digital surgery. *J Am Podiatry Assoc.* 1981;71(8):430–435. doi: 10.7547/87507315-71-8-430.
12. Roukis TS. A 1-piece shape-metal nitinol intramedullary internal fixation device for arthrodesis of the proximal interphalangeal joint in neuropathic patients with diabetes. *Foot Ankle Spec.* 2009;2(3):130–134. doi: 10.1177/1938640009336199.
13. Ellington JK, Anderson RB, Davis WH, et al. Radiographic analysis of proximal interphalangeal arthrodesis with an intramedullary fusion device for lesser toe deformities. *Foot Ankle Int.* 2010;31(5):372–376. doi: 10.3113/FAI.2010.0372.
14. Zelen CM, Young NJ. Digital arthrodesis. *Clin Podiatr Med Surg.* 2013;30(3):271–282. doi: 10.1016/j.cpm.2013.04.006.
15. Бобров Д.С., Слияков Л.Ю., Ригин Н.В. Перегрузочная метатарзалгия: патогенез, биомеханика и хирургическое лечение (аналитический обзор литературы) // *Вестник Российской академии медицинских наук.* — 2017. — Т.72. — №1. — С. 53–58. [Bobrov DS, Slinjakov LJ, Rigin NV. The primary metatarsalgia: pathogenesis, biomechanics and surgical treatment. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2017;72(1):53–58. (In Russ).] doi: 10.15690/vramn756.
16. Doty JF, Coughlin MJ. Metatarsophalangeal joint instability of the lesser toes and plantar plate deficiency. *J Am Acad Orthop Surg.* 2014;22(4):235–245. doi: 10.5435/JAAOS-22-04-235.
17. Soule RE. Operation for the cure of hammer toe. *New York Med J.* 1910;649–650.
18. Coughlin MJ, Dorris J, Polk E. Operative repair of the fixed hammertoe deformity. *Foot Ankle Int.* 2000;21(2):94–104. doi: 10.1177/107110070002100202.
19. O’Kane C, Kilmartin T. Review of proximal interphalangeal joint excisional arthroplasty for the correction of second hammer toe deformity in 100 cases. *Foot Ankle Int.* 2005;26(4):320–325. doi: 10.1177/107110070502600408.

20. Konkel KF, Menger AG, Retzlaff SA. Hammer toe correction using an absorbable intramedullary pin. *Foot Ankle Int.* 2007;28(8):916–920. doi: 10.3113/FAI.2007.0916.
21. Guelfi M, Pantalone A, Daniel JC, et al. Arthrodesis of proximal inter-phalangeal joint for hammertoe: intramedullary device options *Journal of Orthopaedics and Traumatology.* 2015;16(4):269–273. doi: 10.1007/s10195-015-0360-0.
22. Galli MM, Brigido SA, Protzman NM. Pinning across the metatarsophalangeal joint for hammertoe correction: where are we aiming and what is the damage to the metatarsal articular surface? *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(4):405–410. doi: 10.1053/j.jfas.2013.06.014.
23. Boffeli TJ, Thompson JC, Tabatt JA. Two-pin fixation of proximal interphalangeal joint fusion for hammertoe correction. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(3):480–487. doi: 10.1053/j.jfas.2016.01.027.
24. Dayton P, Smith D. Dorsal suspension stitch: an alternative stabilization after flexor tenotomy for flexible hammer digit syndrome. *J Foot Ankle Surg.* 2009;48(5):602–605. doi: 10.1053/j.jfas.2009.05.014.
25. Caterini R, Farsetti P, Tarantino U, et al. Arthrodesis of the toe joints with an intramedullary cannulated screw for correction of hammertoe deformity. *Foot Ankle Int.* 2004;25(4):256–261. doi: 10.1177/107110070402500411.
26. Catena F, Doty JF, Justifer J. Prospective study of hammertoe correction with an intramedullary implant. *Foot Ankle Int.* 2014;35(4):319–325. doi: 10.1177/1071100713519780.
27. Петросян А.С., Загородний Н.В., Процко В.Г., и др. Эндопротезирование проксимальных межфаланговых суставов при молоткообразной деформации пальцев стопы // *Травматология и ортопедия России.* — 2012. — №2. — С. 54–59. [Petrosyan AS, Zagorodny NV, Protsko VG, et al. Replacement of proximal interphalangeal joints in hammer toe deformity. *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* 2012;(2):54–59. (In Russ).]
28. Kominsky SJ, Bermudez R, Bannerjee A. Using a bone allograft to fixate proximal interphalangeal joint arthrodesis. *Foot Ankle Spec.* 2013;6(2):132–136. doi: 10.1177/1938640013480237.
29. Coillard JY, Petri GJ, van Damme G, Deprez P, Laffenêtre OA. Stabilization of Proximal Interphalangeal Joint in Lesser Toe Deformities With an Angulated Intramedullary Implant. *J Foot Ankle Int.* 2014;35(4):401–407. doi: 10.1177/1071100713519601.
30. Ellington JK, Anderson RB, Davis WH, et al. Radiographic analysis of proximal interphalangeal joint arthrodesis with an intramedullary fusion device for lesser toe deformities. *Foot Ankle Int.* 2010;31(5):372–376. doi: 10.3113/FAI.2010.0372.
31. Konkel KF, Sover ER, Menger AG, Halberg JM. Hammer toe correction using an absorbable pin. *Foot Ankle Int.* 2011;32(10):973–978. doi: 10.3113/FAI.2011.0973.
32. Kramer WC, Parman M, Marks RM. Hammertoe correction with k-wire fixation. *Foot Ankle Int.* 2015;36(5):494–502. doi: 10.1177/1071100714568013.
33. Trnka HJ, Gebhard C, Mühlbauer M, et al. The Weil osteotomy for treatment of dislocated lesser metatarsophalangeal joints: good outcome in 21 patients with 42 osteotomies. *Acta Orthop Scand.* 2002;73(2):190–194. doi: 10.1080/000164702753671795.
34. Highlander P, Von Herbulis E, Gonzalez A, et al. Complications of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Spec.* 2011;4(3):165–170. doi: 10.1177/1938640011402822.
35. Hofstaetter SG, Hofstaetter JG, Petroutsas JA, et al. The Weil osteotomy: a seven-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(11):1507–1511. doi: 10.1302/0301-620X.87B11.16590.
36. Gregg J, Silberstein M, Clark C, Schneider T. Plantar plate repair and Weil osteotomy for metatarsophalangeal joint instability. *Foot and Ankle Surgery.* 2007;13(3):116–121. doi: 10.1016/j.fas.2007.01.001.
37. Coughlin MJ, Schutt SA, Hirose CB, et al. Metatarsophalangeal joint pathology in crossover second toe deformity: a cadaveric study. *Foot Ankle Int.* 2012;33(2):133–140. doi: 10.3113/FAI.2012.0133.
38. Cook JJ, Johnson LJ, Cook EA. Anatomic reconstruction versus traditional rebalancing in lesser metatarsophalangeal joint reconstruction. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(3):509–513. doi: 10.1053/j.jfas.2017.11.023.
39. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Mann TS. Lesser metatarsophalangeal joint instability: prospective evaluation and repair of plantar plate and capsular insufficiency. *Foot Ankle Int.* 2012;33(4):301–311. doi: 10.3113/FAI.2012.0301.
40. Bouché RT, Heit EJ. Combined plantar plate and hammertoe repair with flexor digitorum longus tendon transfer for chronic, severe sagittal plane instability of the lesser metatarsophalangeal joints: preliminary observations. *J Foot Ankle Surg.* 2008;47(2):125–137. doi: 10.1053/j.jfas.2007.12.008.
41. Ford LA, Collins KB, Christensen JC. Stabilization of the subluxed second metatarsophalangeal joint: flexor tendon transfer versus primary repair of the plantar plate. *J Foot Ankle Surg.* 1998;37(3):217–222. doi: 10.1016/s1067-2516(98)80114-2.
42. Cooper MT, Coughlin MJ. Sequential dissection for exposure of the second metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int.* 2011;32(3):294–299. doi: 10.3113/FAI.2011.0294.
43. Barbari SG, Brevig K. Correction of clawtoes by the Girdlestone-Taylor flexor-extensor transfer procedure. *Foot Ankle.* 1984;5(2):67–73. doi: 10.1177/107110078400500204.
44. Trethowen WH. Treatment of hammertoe. *Lancet.* 1925;1312–1313.
45. Girdlestone GR. Physiotherapy for hand and foot. *Physiotherapy.* 1947;32(11):167–169.
46. Parrish TF. Dynamic correction of clawtoes. *Orthop Clin North Am.* 1973;4(1):97–102.
47. Taylor RG. The treatment of claw toes by multiple transfers of flexor into extensor tendons. *J Bone Joint Surg Br.* 1951;33-B(4):539–542. doi: 10.1302/0301-620x.33b4.539.
48. Sgarlato TE. Transplantation of the flexor digitorum longus muscle tendon in hammertoes. *J Am Podiatry Assoc.* 1970;60(10):383–388. doi: 10.7547/87507315-60-10-383.
49. Mendicino RW, Statler TK, Saltrick KR, Catanzariti AR. Pre-dislocation syndrome: a review and retrospective analysis of eight patients. *J Foot Ankle Surg.* 2001;40(4):214–224. doi: 10.1016/s1067-2516(01)80021-1.
50. Myerson MS, Jung HG. The role of toe flexor-to-extensor transfer in correcting metatarsophalangeal joint instability of the second toe. *Foot Ankle Int.* 2005;26(9):675–679. doi: 10.1177/107110070502600903.
51. Boyer ML, De Orio JK. Transfer of the flexor digitorum longus for the correction of lesser-toe deformities. *Foot Ankle Int.* 2007;28(4):422–430. doi: 10.3113/FAI.2007.0422.
52. Iglesias ME, Vallejo RB, Jules KT, Trepal MJ. Meta-analysis of flexor tendon transfer for the correction of lesser toe deformities. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2012;102(5):359–368. doi: 10.7547/1020359.
53. Roukis TS, Schade VL. Minimum-incision metatarsal osteotomies. *Clin Podiatr Med Surg.* 2008;25(4):587–607. doi: 10.1016/j.cpm.2008.05.007.
54. White DL. Minimal incision approach to osteotomies of the lesser metatarsals. For treatment of intractable keratosis, metatarsalgia, and tailor's bunion. *Clin Podiatr Med Surg.* 1991;8(1):25–39.
55. Бережной С.Ю., Буриев И.М. Чрескожная хирургия центральных статических метатарсалий // *Вестник Национального медикохирургического центра им. Н.И. Пирогова.* — 2012. — Т.7. — №3. — С. 50–53. [Berezhnoi SYu, Buriev IM. Distal percutaneous metatarsal osteotomy in the treatment of central static metatarsalgias. *Vestnik Natsional'nogo medikokhirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova.* 2012;7(3):50–53. (In Russ).]
56. Van Enoo RE, Cane EM. Minimal incision surgery. A plastic technique or a cover-up? *Clin Podiatr Med Surg.* 1986;3(2):321–335.

57. Gilheany M, Vaarini O, Samaras D. Minimally invasive surgery for pedal digital deformity: an audit of complications using national benchmark indicators. *J Foot Ankle Res.* 2015;8:17. doi: 10.1186/s13047-015-0073-x.
58. Bauer T. Percutaneous forefoot surgery. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100(1 Suppl):S191–204. doi: 10.1016/j.otsr.2013.06.017.
59. Redfern D, Vernois J, Legré BP. Percutaneous surgery of the forefoot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2015;32(3):291–332. doi: 10.1016/j.cpm.2015.03.007.
60. Redfern DJ, Vernois J. Percutaneous surgery for metatarsalgia and the lesser toes. *Foot Ankle Clin.* 2016;21(3):527–550. doi: 10.1016/j.fcl.2016.04.003.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

***Шубкина Алёна Александровна** [*Alena A. Shubkina*, MD, postgraduate];

адрес: 119991, Москва, ул. Трубетцкая, д. 8, с. 2, [**address:** 8 bld. 2, Trubetskaya street, 119991 Moscow, Russia];

e-mail: alenashubkina@gmail.com, **SPIN-код:** 5722-6680, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9650-4822>

Бобров Дмитрий Сергеевич, к.м.н. [*Dmitry S. Bobrov*, MD, PhD, Associate Professor]; **e-mail:** dsbmed@mail.ru, **SPIN-код:** 2712-8348, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1190-7498>

Лычагин Алексей Владимирович, д.м.н., профессор [*Alexey V. Lychagin*, MD, PhD, Professor];

e-mail: dr.lychagin@mail.ru, **SPIN-код:** 3268-8609, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-2202-8149>

Слиняков Леонид Юрьевич, д.м.н., профессор [*Leonid Yu. Slinyakov*, MD, PhD, Professor];

e-mail: slinyakovleonid@mail.ru, **SPIN-код:** 7483-3524, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1088-5522>

Якимов Леонид Алексеевич, д.м.н., профессор [*Leonid A. Yakimov*, MD, Professor];

e-mail: dr.yakimov@gmail.com, **SPIN-код:** 9191-8848, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6272-5048>