

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Российский университет дружбы народов»

*На правах рукописи*

Черевцов  
Виталий Николаевич

Хирургическое лечение деформаций стоп, сопровождающихся неригидными  
молоткообразными деформациями пальцев

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук  
Процко Виктор Геннадьевич

Москва 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1 Функции стопы человека. Понятие о приобретённой многоплоскостной деформации переднего отдела стопы.....	13
1.2 Патологические процессы, способствующие образованию молоткообразной деформации пальцев стоп с наличием неригидных (вправимых) вывихов.....	14
1.3 Частота встречаемости деформаций переднего отдела стопы .....	15
1.4 Анатомия и физиология стопы, факторы, способствующие развитию многоплоскостных деформаций переднего отдела стопы....	16
1.4.1 Генетически обусловленные анатомические особенности, способствующие развитию многоплоскостных деформаций переднего отдела стопы. ....	16
1.4.2 Понятие об эластичности стопы и её роль в развитии многоплоскостных деформаций переднего отдела стопы.....	20
1.4.3 Понятие о шаговом цикле и особенности шагового цикла при многоплоскостной деформации стопы.....	21
1.4.4 Значение плантарных пластинок плюснефаланговых суставов «малых» пальцев в развитии молоткообразной деформации.....	23
1.5 Патогенез и клинические проявления сложных, статических, многоплоскостных, дегенеративных деформаций переднего отдела стопы вследствие генетически обусловленных анатомических особенностей.....	24

1.6 Обзор методов лечения многоплоскостной деформации стопы с неригидными вывихами «малых» пальцев стоп.....	29
1.6.1 Консервативное лечение пациентов с многоплоскостной сложной деформацией переднего отдела стопы, сопровождающейся образованием неригидных (вправимых) молоткообразных пальцев.....	29
1.6.2 Хирургическое лечение многоплоскостной сложной деформации переднего отдела стопы, сопровождающейся образованием неригидных (вправимых) молоткообразных пальцев	32
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	43
2.1 Материалы исследования.....	43
2.2 Методы исследования.....	52
2.3 Этапы исследования.....	59
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	62
3.1 Новый способ определения типа дегенеративного разрыва «плантарной» пластинки плюснефалангового сустава вследствие перегрузочной метатарзалгии на основании ультразвукового исследования.....	62
3.2 Усовершенствованная технология лечения пациентов с многоплоскостной статической деформацией стопы, сопровождающейся развитием молоткообразной деформации «малых» пальцев стопы.....	66
ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ «ПЛАНТАРНОЙ» ПЛАСТИНКИ.....	70

4.1 Результаты применения нового способа определения типа дегенеративного разрыва плантарной пластинки плюснефалангового сустава вследствие перегрузочной метатарзалгии на основании ультразвукового исследования.....	70
4.2 сравнительный анализ результатов традиционного и разработанного методов хирургического лечения.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
ВЫВОДЫ.....	107
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	109
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	112

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность и степень разработанности темы исследования

По данным современных исследователей в структуре всех ортопедических заболеваний стопы, сложные многоплоскостные статические деформации переднего отдела встречаются во всех возрастных группах населения и составляют от 72% до 80% [1, 12, 53, 55, 91].

Данное заболевание значительно снижает качество жизни этих пациентов, в связи с развитием болевого синдрома (метатарзалгии), образования подошвенных гиперкератозов, трудностей в подборе обуви, эстетических проблем [2, 3, 49, 52, 76, 111].

При формирующейся многоплоскостной статической деформации передних отделов стопы: последовательно развивается вальгусная деформация 1 пальца (*hallux valgus, metatarsus primus varus*), поперечная распластанность стопы, результатом которой является перегрузка плюснефаланговых суставов, приводящая к дегенеративному истончению, а затем разрыву «плантарных» пластинок плюснефаланговых суставов «малых пальцев» (второго, третьего, реже четвёртого), приводящая к формированию комплекса молоткообразного пальца (подвывиху и/или вывиху пальца, дислокации сухожилий сгибателей, изменению оси тяги червеобразных мышц стопы, гиперэкстензии пальца) [4, 5, 20, 59, 123].

Постепенно нарушается функция ходьбы в связи с тем, что становится невозможным нормальное положение и работа пальцев, стабильная фиксация плюснефаланговых суставов во время осуществления «шагового цикла», обусловленная дисбалансом мышц стопы и повреждением статических суставных ограничителей или стабилизаторов сустава («плантарной» пластинки, коллатеральных связок, сухожилий) [15, 86, 119].

Целью хирургического лечения является устранение метатарзалгии, посредством восстановления биомеханики переднего отдела стопы,

посредством реконструкции оптимальной параболы Леливьера [25, 31, 120] и устранение молоткообразной деформации «малых» пальцев стопы [7, 75, 95, 109].

Параболу Леливьера восстанавливают с помощью корригирующих остеотомий, направленных на устранение вальгусной деформации 1 пальца стопы (*hallux valgus*) и варусного отклонения I плюсневой кости (*metatarsus primus varus*), разгрузочных корригирующих остеотомий II, III, реже IV плюсневых костей, целью этих остеотомий является достижение соотношений между головками плюсневых костей, соответствующих «римской стопе» [6, 75, 87, 97].

Во второй половине XX и начале XXI века стандартом хирургического лечения для коррекции вальгусной деформации первого пальца стопы стали остеотомии способами: SCARF, Chevron, MICA, Slide down osteotomy, дающими наименьшее количество рецидивов и осложнений [9, 26, 27, 61, 131].

Они позволяют устранить варусное отклонение первой плюсневой кости и уменьшить угол между первой и второй плюсневыми костями, тем самым частично решить проблему.

В то же время, результаты лечения молоткообразной неригидной деформации «малых» пальцев стоп, несмотря на множество хирургических способов коррекции (корригирующих остеотомий плюсневых костей и фаланг пальцев, мягкотканых и комбинированных вмешательств), описанных в специальной медицинской литературе [13, 15, 25, 80, 86, 93], нельзя признать удовлетворительными, различные исследователи отмечают рецидив молоткообразной деформации пальцев, развитие синдрома «плавающего пальца» и прогрессированию метатарзалгии в 61-76% наблюдений [25, 104, 107, 113, 116].

По мнению некоторых авторов [13, 25, 80, 86, 93], причиной неудовлетворительных исходов лечения является то, что современные известные технологии хирургического лечения молоткообразной деформации пальцев, или:

- не предусматривают восстановление «плантарных» пластинок (основных стабилизаторов плюснефалангового сустава) при молоткообразной неригидной деформации пальцев,

- а если предполагают восстановление «плантарных» пластинок, то разработанные хирургические вмешательства достаточно травматичны, требуют специального оснащения и расходных материалов, не учитывают тип, характер, степень деформации пальцев, степень разрыва «плантарной» пластинки.

Таким образом, для улучшения результатов лечения, актуальным является разработка технологии лечения сложной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы, которая позволила, восстановив параболу Леливьера известными, оправдавшими себя способами, дифференцированно, с учетом типа и степени разрыва стабилизаторов плюснефалангового сустава («плантарной» пластинки) и разновидности подвывиха и/или вывиха в плюснефаланговом суставе, устранять молоткообразную деформацию «малых» пальцев стопы.

### **Цель исследования**

Улучшение результатов лечения пациентов со сложными многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождающимися неригидными молоткообразными деформациями «малых» (2, 3) пальцев стопы.

### **Задачи исследования**

1. Разработать метод объективной диагностики степени дегенеративных разрывов «плантарной» пластинки на основании данных УЗИ и сопоставить их с клиническими проявлениями нестабильности плюснефалангового сустава по «G-Graduate» Hamilton –Thompson.

2. Разработать способ хирургического восстановления «плантарной» пластинки «малого» плюснефалангового сустава при «G-Graduate» 2, 3 степени дегенеративных разрывов.

3. Усовершенствовать систему лечения многоплоскостной

статической деформации стоп, сопровождаемых неригидной, молоткообразной деформацией «малых» (2, 3) пальцев стопы.

4. Провести сравнительный анализ результатов лечения при применении традиционных технологий лечения и усовершенствованной нами системы лечения многоплоскостной статической деформации стоп, сопровождаемых неригидной, молоткообразной деформацией «малых» (2, 3) пальцев стопы.

### **Научная новизна**

Разработан способ ультразвукового исследования 2, 3, 4 плюснефаланговых суставов, позволяющий точно определить тип разрыва плантарной пластинки. Получен патент на изобретение РФ № 2699383 «Способ определения типа дегенеративного разрыва «плантарной» пластинки плюснефалангового сустава вследствие перегрузочной метатарзалгии».

Предложена интегральная рабочая классификация стадий разрыва «плантарной» пластинки на основе данных УЗИ и клинических проявлений нестабильности плюснефалангового сустава по «G-Graduate» Hamilton – Thompson.

Разработан новый способ хирургического восстановления «плантарной» пластинки «малого» плюснефалангового сустава подошвенным доступом при полном травматическом её разрыве вследствие перегрузочной метатарзалгии и «G-Graduate» 2, 3 степени. Получен патент на изобретение РФ № 2673382 «Способ хирургического восстановления «плантарной» пластинки малого плюснефалангового сустава прямым подошвенным доступом при травматических разрывах её вследствие перегрузочной метатарзалгии».

### **Теоретическая и практическая значимость**

Заключается в усовершенствовании тактики лечения пациентов со сложными многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождающимися неригидными молоткообразными деформациями «малых» пальцев стопы, посредством:

- объективизации степени повреждения «плантарных» пластинок плюснефаланговых суставов «малых» пальцев стопы с помощью УЗИ.
- формулировки системы показаний и противопоказаний к восстановлению «плантарной» пластинки;
- разработки и внедрения технологии восстановления «плантарной» пластинки.

Совокупность проведенных исследований и их внедрение в практическую деятельность ортопедических стационаров позволили улучшить результаты лечения пациентов со сложными многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождающимися неригидными молоткообразными деформациями «малых» пальцев стопы.

### **Методология и методы исследования**

Методология исследования построена на основе анализа данных системного обзора современной литературы и результатов исследования в двух группах, исследование носит проспективный характер. Методы, использованные в работе: клиническое обследование пациентов, методы инструментальной диагностики, включавшие рентгенографию, ультразвуковую диагностику и подографию, а также методы статического анализа.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Неригидная молоткообразная деформация пальцев стопы является компонентом сложной многоплоскостной деформации, возникающей вследствие перегрузки плюснефаланговых суставов у пациентов с поперечной распластанностью переднего отдела стопы. Источником развития деформации служит разрыв плантарной пластинки, приводящий к нестабильности и прогрессирующему подвывиху в содружественном плюснефаланговом суставе.

2. УЗИ плантарных пластинок 2 3 4 плюснефаланговых суставов стопы разработанным способом, позволяет точно определить тип разрыва по «G-Graduate» Hamilton-Thompson, объективизировать показания к

восстановлению и избежать ошибок при хирургическом лечении пациентов со сложной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы, сопровождаемой деформацией «малых» пальцев.

3. Выявление показаний к хирургическому восстановлению плантарной пластинки на этапах ее повреждения G2 G3 по «G-Graduate» Hamilton-Thompson предложенным способом позволяет предупредить прогрессирование разрыва и перехода деформации в ригидную форму. Своевременное оперативное вмешательство позволяет минимизировать травматичность операции и восстановить функцию пальца.

4. Разработанная оперативная техника лечения дегенеративных повреждений плантарной пластинки, позволяет восстанавливать значительные повреждения и стабилизировать плюснефаланговый сустав без применения трансартикулярной фиксации спицей, в результате снижается частота встречаемости таких осложнений, как «плавающий» палец и контрактура плюснефаланговых суставов по сравнению с традиционными технологиями лечения.

### **Личный вклад автора**

Автором определены цель и задачи исследования, осуществлён анализ современной отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, разработан план исследования.

Диссертант провел анализ данных документации пациентов, принимал участие во всех этапах клинического исследования: обследовании и лечении пациентов, выполнении хирургических вмешательств, контроле реабилитации больных.

### **Внедрение результатов**

Разработанные методы обследования и лечения пациентов со сложными многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождающимися неригидными молоткообразными деформациями пальцев, внедрены в работу:

- травматологического отделения ГБУЗ «Городская клиническая больница №3» (350040, г. Краснодар, ул. Айвазовского 97),

- ортопедического отделения многопрофильного медицинского центра «В надежных руках» (123423, г. Краснодар, ул. Тургенева 62).

### **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность научных выводов и положений основана на достаточном клиническом материале, современных методах исследования, статистической обработке данных. Результаты проанализированы с помощью традиционных методов описательной статистики с использованием вариационного, регрессионного, дисперсионного, системного многофакторного анализа с применением критериев доказательной медицины.

Автором проведён подробный анализ полученных результатов с последующей статистической обработкой данных, сформулированы выводы и разработаны практические рекомендации.

### **Апробация работы**

Основные положения работы доложены на:

- 1- III Конгрессе Российской Ассоциации Хирургов Стопы и Голеностопного сустава. 5-6 апреля 2019 г. г. Санкт-Петербург
- 2- Международном конгрессе «Весенние дни ортопедии» 1-2 марта РУДН, 2020 г. г. Москва
- 3- Межрегиональной научно- практической конференции «Хирургия Геленджика», 28 мая 2021г.
- 4- III Всероссийской научно-практической конференции «Пироговские курсы», От гипсовой повязки к высокотехнологичному остеосинтезу. р. Крым 14-15 октября 2021 г. г. Севастополь.

### **Публикация результатов исследования**

По теме диссертации опубликовано 6 научных работ, 1 из которых в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК/РУДН, 2 – включены в международную систему цитирования SCOPUS, получено 2 патента РФ на изобретение.

### **Объем и структура работы**

Диссертация изложена на 126 страницах машинописного текста, библиографический указатель содержит 56 отечественных и 75 иностранных источников.

Диссертация иллюстрирована 54 рисунками, 11 таблицами.

## ГЛАВА 1

### ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

#### **1.1 Функции стопы человека. Понятие о приобретённой многоплоскостной деформации переднего отдела стопы**

Стопа представляет собой единое морфофункциональное образование, особенности которого определены эволюцией и связаны с переходом человека к прямохождению, стопа является органом, обеспечивающим при вертикальном положении тела возможность плавного перемещения по сложной поверхности опоры, за счёт: приспособления к поверхности опоры, балансировки (способности удерживать тело в вертикальном положении), амортизации (смягчения кинетического удара массы тела при ходьбе) [16, 19, 51, 60, 91, 115].

При некоторых генетических аномалиях, обуславливающих анатомические особенности переднего отдела стопы, реже после травм и некоторых нейродистрофических заболеваний, создаётся предпосылка для развития патологических дегенеративных процессов, которые влекут за собой перестройку анатомических структур и развивается так называемая сложная многоплоскостная деформация стопы [4, 5, 63, 70, 103].

Исходя из анализа специальной литературы, возможно сформулировать интегральное определение этой патологии: многоплоскостная сложная деформация стопы – врождённое либо приобретённое заболевание, развивающееся при нарушении баланса её переднего отдела, сопровождающееся выраженными нарушениями анатомических соотношений:

- вальгусной деформацией 1 пальца, способствующей формированию патологического поперечного свода стопы;

- смещением в сторону подошвенной поверхности головок II, III, IV плюсневых костей, приводящему к уплощению поперечного свода стопы, что приводит к повышению на них нагрузки при «перекате» стопы во время ходьбы, и, как следствие, перегрузке, дегенерации, истончению и/или разрыву «плантарных» пластинок плюснефаланговых суставов, так называемых «малых» (второго, третьего, реже четвёртого) пальцев, приводящих к подвывиху и/или вывиху (молоткообразной деформации) этих пальцев [15, 33, 57, 65, 78, 85, 94, 130].

Совокупность описанных изменений (многоплоскостная сложная деформация стопы) приводит к выраженному нарушению функции опоры и передвижения, деформации, образованию болезненных гиперкератозов, нарастающему болевому синдрому, снижению качества жизни [15, 84, 86, 96, 119], что определяет актуальность углублённого изучения этой патологии и разработки оптимальных подходов к лечению.

## **1.2 Патологические процессы, способствующие образованию молоткообразной деформации пальцев стоп с наличием неригидных (вправимых) вывихов**

К молоткообразной деформации пальцев стоп с наличием неригидных (вправимых) вывихов приводят:

- в абсолютном большинстве наблюдений, хроническая перегрузка стоп у пациентов с определенными генетически обусловленными анатомическими особенностями, приводящая к развитию сложных статических дегенеративных деформаций переднего отдела стоп с вальгусным отклонением первого пальца [4, 28, 43, 62, 80, 93];

- нейродистрофические заболевания, приводящие к развитию вторичных дегенеративных изменений переднего отдела стопы; к ним относят различные виды параличей, причём в зависимости от уровня поражения

различают вялые (периферические), как следствие перенесённого полимиелита и спастические (центральные), как следствие детского церебрального паралича (ДЦП), при этой патологии, нарушение баланса сухожильно-мышечных тяг на стопе может привести к развитию, как тыльных, так и подошвенных эластичных (неригидных) вывихов «малых» пальцев стоп, нуждающихся в специальном ортопедическом лечении [64, 80, 90, 93, 124];

- последствия травм, травматические вывихи пальцев 2, 3, 4, 5 плюснефаланговых суставов составляют около 2% от всех возможных вывихов, лечение травматических вывихов заключается в одномоментном вправлении и фиксации кинезиотейпами либо липкопластырной повязкой, при безуспешности закрытого вправления, производят открытое вправление вывиха с фиксацией спицей, в некоторых ситуациях, связанных с повреждением «плантарных» пластинок межфаланговых суставов «малых» пальцев, развивается неригидная молоткообразная деформация пальцев, нуждающаяся в специальном ортопедическом лечении [38, 75, 105, 114, 127].

### **1.3 Частота встречаемости деформаций переднего отдела стопы**

Ещё в начале XX века русским ортопедом-травматологом Г.А.Альбрехтом был проведён статистический анализ распространённости деформации переднего отдела стоп среди взрослого населения, в своей работе он отмечал, что деформация переднего отдела стопы (*Hallux valgus*) встречается у 20-25 % взрослого населения [34, 47, 58].

По данным современных исследователей в структуре всех ортопедических заболеваний стопы, деформации переднего отдела стопы составляют от 72% до 80% [1, 53, 56, 92].

Sheree Nix и соавторами 2010 г. [79], Yvonne M. Golightly с соавторами 2015 г., [58] Cristina González Martín и соавторами 2016. [108] провели анализ

результатов 76 исследований (около 500 тысяч человек), что позволило им прийти к заключению:

- сложные деформации переднего отдела стоп: вальгусная деформация 1 пальца стопы и сопутствующая деформации, так называемых «малых» (второго, третьего, реже четвёртого) пальцев [3, 5, 49, 50, 117, 124] встречается во всех возрастных группах населения;

- встречаемость сложных деформаций переднего отдела стоп увеличивается с возрастом, так у подростков до 18 лет частота встречаемости вальгусной деформации 1 пальца стопы достигает 7,8%; в возрасте 18-65 лет – 23,2-34,4%, у пожилых людей – 34,4-35,7%; при этом сопутствующая деформации «малых» пальцев также нарастает с увеличением возраста, если в 18-65 лет она составляет 52,3-53,4%, то у лиц старше 65 лет – до 78,4-82,4%.

Таким образом, анализ современной специальной медицинской литературы позволяет прийти к заключению о высокой встречаемости этой патологии, причём пациенты со сложными деформациями переднего отдела стопы являются активными людьми трудоспособного возраста и патология значительно снижает их качество жизни, обусловленное болевым синдромом, трудностями в подборе обуви, эстетическими проблемами [2, 3, 50, 52, 77, 112].

#### **1.4 Анатомия и физиология стопы, факторы, способствующие развитию многоплоскостных деформаций переднего отдела стопы**

##### **1.4.1 Генетически обусловленные анатомические особенности, способствующие развитию многоплоскостных деформаций переднего отдела стопы**

Известно разделение стопы на передний, средний и задний отделы, к переднему отделу стопы относят пять плюсневых костей и фаланги пальцев,

при этом плюсневые кости являются статической (опорной) зоной стопы, пальцы стопы являются динамической зоной, головки плюсневых костей участвуют в образовании плюснефаланговых суставов, обеспечивают динамическое распределение веса тела между пальцами и головками плюсневых костей [4, 5, 29, 46, 47, 50].

Оптимальную биомеханическую и локомоторную функцию стопы обеспечивает лучеобразное расположение плюсневых костей, что увеличивает её площадь опоры [36, 50]. Тримя основными точками опоры стопы являются головки первой и пятой плюсневых костей, пяточная кость. Эти точки, соединяясь линиями, образуют арки и своды стопы (Рисунок 1) [112].

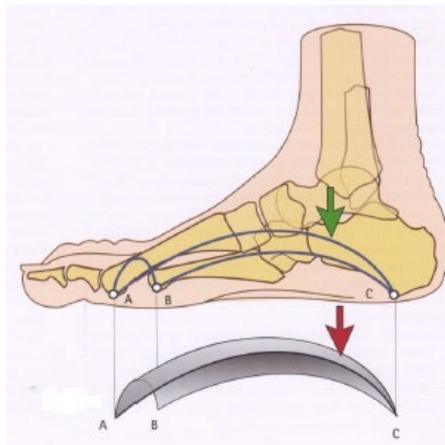


Рисунок 1 – схема арок и сводов стопы [23]

Медиальный и латеральные своды являются продольными, латеральный (статический, опорный) располагается между головкой пятой плюсневой кости и пяточной костью, он малоподвижен, в свою очередь медиальный – между головкой первой плюсневой кости и пяточной костью является рессорным и динамическим. [8, 17, 18].

Поперечный свод стопы располагается между головками первой и пятой плюсневых костей, в норме опорные точки поперечного свода приходятся на головки I и V плюсневых костей и пяточную кость. Вершиной поперечного свода является головка III плюсневой кости.

При вертикальной нагрузке (ходьба, бег) основную нагрузку несёт головка первой плюсневой кости – 44%, в меньшей степени: вторая – 15%, третья – 13%, четвёртая – 14%, пятая – 16% [37].

Предрасполагающим генетически обусловленным анатомическим фактором развития патологии считают диспропорции длины плюсневых костей по отношению друг к другу, эту диспропорцию определяют по формуле метатарзальной дуги или параболы Леливьера, наиболее благоприятной с точки зрения распределения нагрузки в переднем отделе стопы считают следующие соотношения длины плюсневых костей:  $I \leq II > III > IV > V$  (Рисунок 2) [6, 8].

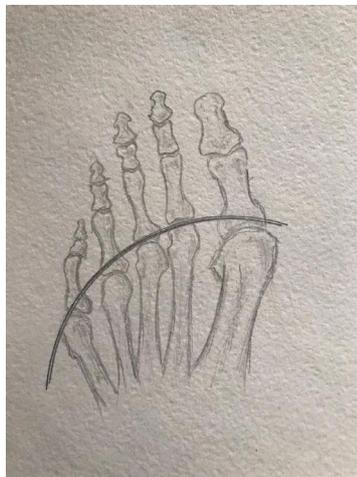


Рисунок 2 – Правильная метатарзальная парабола Леливьера

Анатомические особенности метатарзальной параболы Леливьера позволили выделить три основных типа анатомического строения стоп: египетская (Рисунок 3), греческая (Рисунок 4), римская (Рисунок 5).



Рисунок 3 – рентгенограмма египетской стопы

При египетском типе строения стопы метатарзальная формула выглядит следующим образом:  $I > II > III > IV > V$ . Данный тип строения стопы предрасполагает к формированию вальгусной деформации 1 пальца [8, 17, 18, 99, 122].



Рисунок 4 – рентгенограмма греческой стопы

При греческом типе строения стопы метатарзальная формула такова:  $I < II < III < IV < V$ . В случае греческого типа строения стопы часто формируется поперечное плоскостопие. В связи с тем, что на головки малых плюсневых костей приходится наибольшая нагрузка, что приводит к перегрузке «малых» плюснефаланговых суставов, и формированию комплекса молоткообразного пальца. Согласно данным исследований Adam E. Fleischer и соавт. (2018 год), [83] именно при данном анатомическом типе стопы комплекс молоткообразного пальца формируется чаще всего – в 28% случаев.



Рисунок 5 – рентгенограмма римской стопы

Оптимальным анатомическим типом стопы, с точки зрения распределения нагрузки, является – римский. Схема метатарзальной формулы римского типа строения стопы выглядит следующим образом:  $I=II>=III=IV>=V$  [79, 86].

Таким образом, исходя из анализа литературы, возможно прийти к заключению о том, что греческий тип анатомии переднего отдела стопы является предрасполагающим фактором для развития сложной многоплоскостной деформации, что обуславливает необходимость диспансерного наблюдения за такими больными, обязательной рентгеновской оценки метатарзальной формулы в ранних стадиях заболевания и назначение профилактического лечения [79, 86].

#### **1.4.2 Понятие об эластичности стопы и её роль в развитии многоплоскостных деформаций переднего отдела стопы**

Важным моментом, при выборе тактики лечения, считают характеристики эластичности стопы [1, 10, 40, 65, 88]. Именно избыточная эластичность стоп может привести к формированию патологического поперечного свода, опущению головок плюсневых костей, перегрузке плюснефаланговых суставов, изменениям в «плантарных» пластинках, подошвенном апоневрозе и привести к дислокации в плюснефаланговых суставах.

Различают три типа эластичности стоп [13, 86]:

- I - эластичная стопа, при компрессии кистью легко сближаются головки плюсневых костей и формируется поперечный свод;
- II - неэластичная стопа, при компрессии кистью головки плюсневых костей сближаются, но поперечный свод не формируется;
- III - ригидная стопа, головки плюсневых костей сблизить невозможно, поперечный свод сформировать невозможно.

Тип эластичности стопы рекомендуют учитывать в предоперационном планировании и выборе методики хирургического лечения [13, 86, 119].

### 1.4.3 Понятие о шаговом цикле и особенности шагового цикла при многоплоскостной деформации стопы

Для понимания функции стопы и причин развития многоплоскостной деформации необходимо понимать и оценивать комплекс нормального шагового цикла.

Шаговый цикл: это серия ритмичных и попеременных движений тела и конечностей человека, которые ведут к перемещению центра тяжести с конечности на конечность и с пятки на носок и наружной стороны стопы на внутреннюю [18, 23].

Нормальный шаговый цикл состоит из двух фаз: опоры и переноса.

Фаза опоры шагового цикла состоит из 3 подфаз (Рисунок 6):

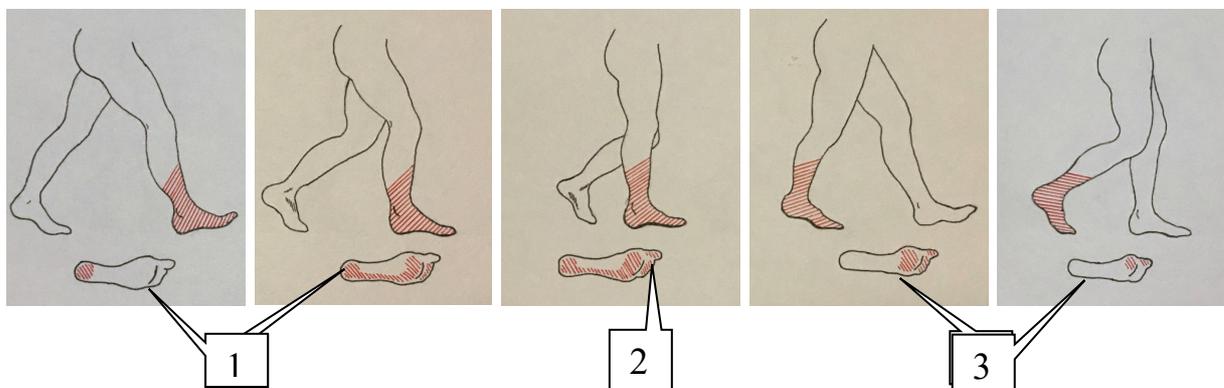


Рисунок 6 – фаза опоры шагового цикла: (1) – пяточный удар; (2) – фаза переката; (3) – отрыв пятки фиксация пальцами.

Основное значение пальцев стопы состоит в увеличении площади опоры области переднего отдела стопы при ходьбе, что позволяет разделить ударную нагрузку на головки плюсневых костей с согнутыми и фиксированными пальцами при переносе тела (фазы переката и отрыва пятки) [18, 23].

Во время фазы опоры происходит перенос тела с пятки на носок и с внешней стороны стопы на внутреннюю, сначала происходит перенос веса

тела по внешней стороне стопы с заднего на передний отдел, далее происходит фиксация пальцами и перенос тела на внутреннюю часть переднего отдела и на первый палец стопы.

Как видно из рисунка 6 «малые» пальцы участвуют в фазе переката и фазе отрыва пятки шагового цикла, фиксируя плюснефаланговые суставы своим связочно-сухожильно-мышечным аппаратом в состоянии тыльной флексии, эта фиксация – важный момент нормальной ходьбы, обеспечивает надёжную опору, выключение из опоры малых пальцев ведёт к нарушению шагового цикла [23, 83, 114].

Нормальное положение и функция пальцев при ходьбе, стабильная фиксация плюснефаланговых суставов во время осуществления «шагового цикла» это – результат оптимального баланса внутренних и внешних мышечных сил, а также статических суставных ограничителей («плантарной» пластинки, коллатеральных связок, сухожилий, мышц), основную роль в этом балансе, как наиболее мощной структуре, отводят «плантарной» пластинке [13, 83, 86, 95]

Выключение из нагрузки пальцев при даже их незначительной дислокации в плюснефаланговых суставах заставляет принять на себя всю нагрузку только соответствующим головкам плюсневых костей, что способствует прогрессированию дегенеративных изменений в коллатеральных связках, сухожилиях, «плантарных» пластинках, вплоть до их разрыва и прогрессированию дислокации (подвывиху и вывиху в плюснефаланговых суставах) «малых» пальцев.

#### **1.4.4 Значение «плантарных» пластинок плюснефаланговых суставов «малых» пальцев в развитии молоткообразной деформации**

Важную функцию в шаговом цикле несут «малые» плюснефаланговые суставы, как наиболее подвижные и имеющие большие приспособительные и динамические возможности [18, 23].

Плюснефаланговые суставы по своему строению являются седловидными, то есть одноосными – в них возможны сгибательные и разгибательные движения, тыльный отдел капсулы тоньше чем подошвенный, в подошвенной части волокна капсулы интимно спаяны и защищены главным стабилизатором плюснефалангового сустава – «плантарной» пластинкой, тыльный отдел хорошо поддается сжатию, подошвенный отдел вместе с прочной «плантарной» пластинкой – растяжению.

Анатомическое строение предполагает особенность двигательной функции этих суставов – разгибание сустава имеет больший объем, чем сгибание, именно в связи с указанным анатомическим фактором, при развитии нестабильности плюснефалангового сустава – перерастяжении «плантарной» пластинки данный сустав легко вовлекается в гиперэкстензию и принимает патологическую разгибательную установку.

При нормальном шаговом цикле на передний отдел стопы приходится основная нагрузка по обеспечению фиксации, отрыва и толчка нижней конечностью от плоскости опоры, во время отталкивания от опоры нагрузка на стопы зависит от соотношения длины I и II плюсневой кости и в меньшей степени соотношения I, III плюсневых костей [16, 18, 83, 86, 95]. Именно поэтому важным фактором в развитии деформации малых пальцев и перегрузки малых плюсневых костей является тип строения стоп.

### **1.5 Патогенез и клинические проявления сложных статических многоплоскостных дегенеративных деформации переднего отдела стопы вследствие генетически обусловленных анатомических особенностей**

При уплощении продольного свода за счёт развития недостаточности I плюсневой кости возникает отклонение её кнутри, развивается варусная установка I плюсневой кости (*metatarsus primus varus*), что приводит к формированию вальгусной деформации 1 пальца стопы (*hallux valgus*) [8, 80].

Отклонение I плюсневой кости, приводит к перегрузке сухожильно-мышечного аппарата всего переднего отдела стопы и приведению её кнутри.

При прогрессировании деформации, головка первой плюсневой кости соскальзывает с «сесамовидного гамака», что приводит к нарушению опороспособности динамической (внутренней) арки стопы, при прогрессировании деформации, головка I плюсневой кости смещается медиально, а первый палец отклоняется кнаружи, приводя к давлению на «малые» пальцы стопы, их латерализации и гиперэкстензии, что постепенно приводит к подвывиху и/или вывиху пальцев в плюснефаланговых суставах [25, 26, 27, 78].

Из-за уплощения поперечного свода возникает патологическая пронация пяточной кости, а нагрузка на передний отдел стопы перераспределяется таким образом, что большая её часть становится направленной по оси I плюсневой кости, вследствие чего развивается супинация переднего отдела стопы, приводящая к дополнительной элевации головки I плюсневой кости и формированию патологического поперечного свода и перегрузке II – III (реже и IV) плюсневых костей (рисунок 7) [1, 10, 13, 17, 18, 80].

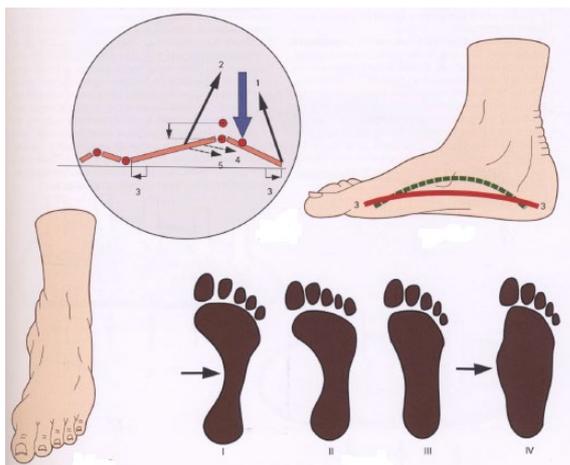


Рисунок 7 – схема развития сложных статических деформаций стоп [23]

Из-за ослабления поперечного свода, связанного с перерастяжением мышечно-связочного аппарата переднего отдела стопы, возникают патологические процессы во всем поперечном своде. Опускание поперечного свода приводит к подошвенной протрузии и последующей фиксации в патологическом положении головок плюсневых костей (рисунок 8) [17, 18, 40, 42, 113].

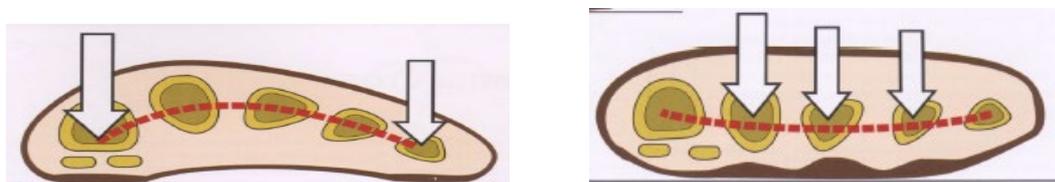


Рисунок 8 – схема нормального и патологического поперечного свода стопы [23]

Таким образом, синдром поперечного и продольного плоскостопия является дегенеративным необратимым процессом, характеризующимся перераспределением нагрузок во всем переднем отделе стопы [17, 18, 36].

При нарушении баланса переднего отдела стопы (врождённого либо приобретённого – связанного с вальгусной деформацией 1 пальца) в первую очередь появляется метатарзалгия (боль в области проекции головок II – III реже IV плюсневых костей), которая является следствием постепенной протрузии мягких тканей головками плюсневых костей приводящей к формированию патологического поперечного свода стопы по отношению к 1 и 5 плюсневым костям.

На следующем этапе развития патологии на подошвенной поверхности в проекции головок II – III реже IV плюсневых костей появляются гиперкератозы, при продолжающейся протрузии головок плюсневых костей «малых» пальцев стопы происходит дегенерация и разрыв «плантарных» пластинок, приводящие к изменению векторов тяги червеобразных мышц стопы – стабилизаторов плюснефаланговых суставов, повышению тонуса сухожилий разгибателей «малых» пальцев стопы, что и приводит к прогрессирующему нарушению конгруэнтности в плюснефаланговых суставах, вертикальной установке основной фаланги пальца, т.е. сначала к «неригидной» молоткообразной деформации пальца [2, 6, 29, 58, 67], а затем «ригидной» молоткообразной деформации пальца [29, 128].

Молоткообразная деформация пальца (подвывих и/или вывих в плюснефаланговом суставе) приводит к полной или частичной потере контакта пальца с плоскостью опоры и нарушению нормальной фазы переката шагового цикла, пациент компенсаторно изменяет нормальную позицию переката стопы, что способствует дальнейшему прогрессированию патологии [5, 9, 15, 48, 86].

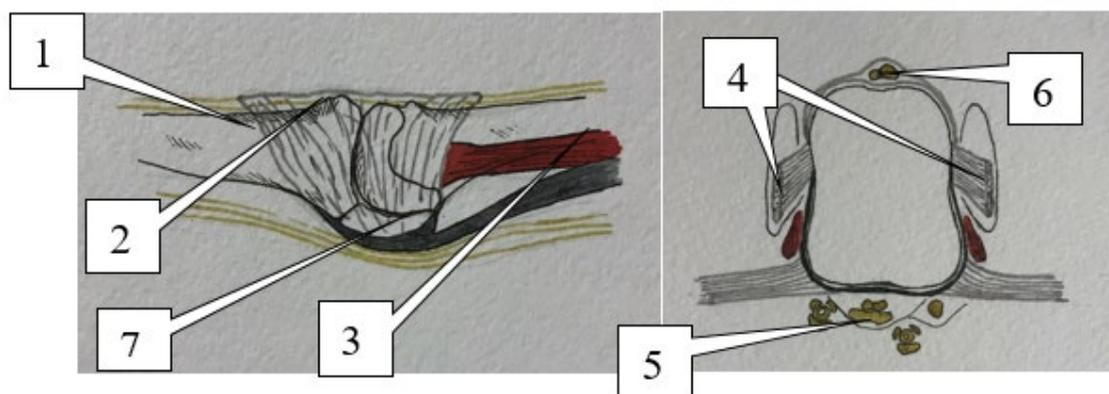


Рисунок 9 – строение 2 плюснефалангового сустава. 1 – основная фаланга пальца; 2 – капсула плюснефалангового сустава; 3 – червеобразные мышцы; 4 – коллатеральные связки; 5 – сухожилия сгибателей; 6 – сухожилия разгибателей; 7 – «плантарная» пластинка

В случае нагрузки весом тела при реализации шагового цикла на II плюснефаланговый сустав в условиях развития вальгусной деформации 1 пальца (*hallux valgus, metatarsus primus varus*), при анатомических

определенных особенностях (аномальная длина II плюсневой кости) возникает сначала перегрузка, приводящая к дегенеративному истончению «плантарной» пластинки, и затем разрыву, что приводит к сублюксации пальца, дислокации сухожилий сгибателей, изменению оси тяги червеобразных мышц стопы, гиперэкстензии пальца, завершающим моментом является формирование комплекса молоткообразного пальца (Рисунок 9) [16, 17, 18, 19, 72, 119].

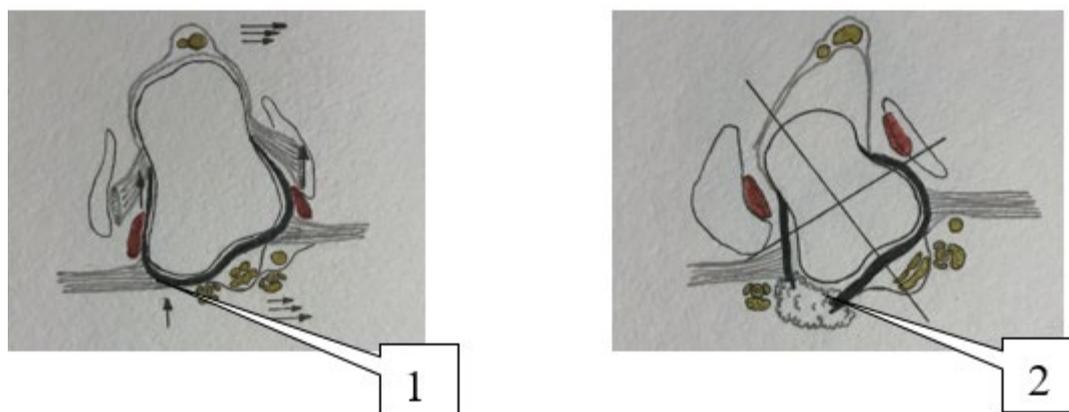


Рисунок 10 – демонстрация механизма разрыва «плантарной» пластинки: 1 – нагрузка весом; 2 – разрыв «плантарной» пластинки с дислокацией структур окружающих палец под действием веса тела и векторов тяги сухожилий и мышц

Рисунок 10 иллюстрирует патологические процессы в плюснефаланговом суставе 2 пальца – перегрузку весом зоны плантарной пластинки, разрыв её и формирование вывиха пальца с формированием комплекса молоткообразного пальца [18, 19, 22, 72, 88].

Для определения степени поражения плантарной пластинки существует тест Hamilton–Thompson, где оценивают «G-Graduate» (Рисунок 11):

- G0- стабильный плюснефаланговый сустав;
- G1- нестабильный плюснефаланговый сустав;
- G2- подвывих плюснефалангового сустава;
- G 3, 4 - полный вывих плюснефалангового сустава.

Данный тест позволяет оценить стабильность плюснефалангового сустава (симптом выдвигающего ящика) в 93% и болевой синдром в 94%

наблюдений [13], этот тест определяет степень дислокации в плюснефаланговом суставе в зависимости от степени повреждения «плантарной» пластинки [13, 15, 36, 41, 113, 116].

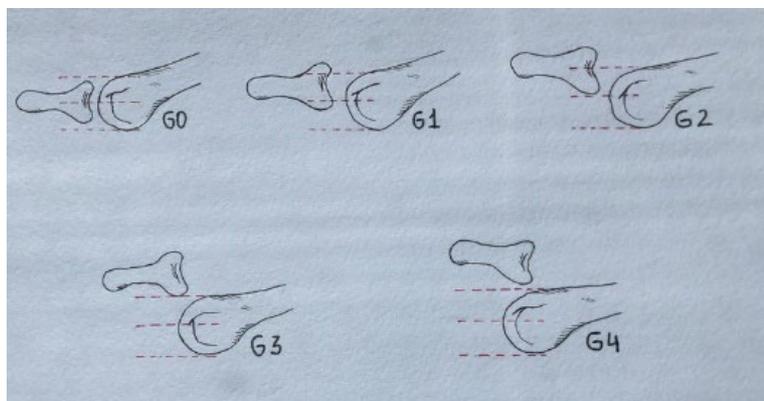


Рисунок 11 – тип «G-Graduate» по тесту Hamilton–Thompson

Образование «неригидного», затем «ригидного» молоткообразного пальца, всегда сопровождается повреждением «плантарной» пластинки типа G2, G3, в этом случае сухожильно- мышечная ретракция и патологическая дислокация фаланги пальца ещё обратимы, при повреждении «плантарной» пластинки типа G4 – мышечная ретракция и патологическая дислокация фаланги пальца необратимы [13, 15, 36, 41, 113, 116].

Понимание патогенеза развития патологических процессов, приводящий к формированию молоткообразной деформации пальцев при многоплоскостной деформации переднего отдела стопы, является обязательным элементом в подготовке и работе врача, специализирующегося в области «хирургии стопы», без которого невозможно выбрать оптимальную комплексную технологию хирургического и/или консервативного лечения.

Необходимо отметить, что в современной специальной медицинской литературе уделяют недостаточно внимания оценкам степени повреждения «плантарной» пластинки, её роли при формировании молоткообразной деформации пальцев и как следствие, нам не удалось обнаружить объективно обоснованных технологий хирургического лечения, обеспечивающих восстановление этого мощного стабилизирующего комплекса,

обеспечивающего функцию «шагового цикла», что обуславливает актуальность исследования.

## **1.6 Обзор методов лечения многоплоскостной деформации стопы с неригидными вывихами «малых» пальцев стоп**

Сложные статические многоплоскостные деформации стоп развиваются длительно, годами деформируя стопу, приводя к объёмному патологическому процессу. Сложный и длительный процесс развития данной патологии предполагает индивидуальный и взвешенный подход к каждому случаю деформации.

### **1.6.1 Консервативное лечение пациентов с многоплоскостной сложной деформацией переднего отдела стопы, сопровождающейся образованием неригидных (вправимых) молоткообразных пальцев**

Методы консервативного лечения деформаций переднего отдела стопы не направлены на устранение причины деформации.

Задача консервативных методов лечения лишь в облегчении симптомов заболевания, эффективны они лишь вначале развития патологических процессов [1, 30, 42, 47, 62], при наличии дислокаций в суставах показано хирургическое лечение, которое должно быть комплексным и проводится посредством полной реконструкции переднего отдела стопы [13, 22, 24, 37, 39, 61, 102, 113].

Суть данных методов лечения в поддержке сводов стопы при помощи разнообразных внешних приспособлений – индивидуальных ортезов, тейпов и специальной ортопедической обуви, причём, такие приспособления, как стягивающие манжеты G. Nohhmann или аппарат И.М. Митбрейта, в

настоящее время представляют лишь историческую ценность [14, 18, 29, 37, 39, 82, 101].

С целью уменьшения болевого синдрома применяют различные физиотерапевтические методы лечения: массаж, тепловые процедуры, лечебная физкультура.

В настоящее время в связи с появлением новых полимерных материалов широко применяют ортопедические валики и корректоры, которые защищают деформированные пальцы и афферентные зоны от контакта с обувью

Применяют также вкладыши (рисунок 12) при гиперэкстензии пальцев с разгрузочным валиком для головок плюсневых костей. Данное устройство возвращает деформированный палец в физиологическое положение и позволяет пациентам носить обычную обувь.



Рисунок 12 – вкладыш-корректор для гиперэкстензии [54]

В начальной стадии заболевания применяют также, так называемые «напалечники» (рисунок 13), задачей которых является разгрузка болевой зоны контакта деформированного 2 пальца с обувью и в некоторых ситуациях позволяет пользоваться обычной обувью [18, 37, 45]



Рисунок 13 – защитный напалечник [54]

При болезненных гиперкератозах на подошве в проекции головок II, III, IV плюсневых костей применяют вкладыш для мозолей под подушечками

пальцев (рисунок 14). Задача его в амортизации метатарзальной области и облегчении синдрома метатарзалгии.



Рисунок 14 – гелевая подушка-фиксатор [54]

Наиболее универсальным и современным консервативным методом лечения пациентов с неригидной молоткообразной деформацией стоп является индивидуальное ортезирование стоп стельками, выполненными по индивидуальному макету, данный метод лечения позволяет создать относительно нормальный продольный и поперечный своды стоп, уменьшить проявления болевого синдрома, и носить обычную обувь, заменив стандартную стельку (рисунок 15) [15, 21, 28, 39, 120].



Рисунок 15 – индивидуальная ортопедическая стелька (ортез) [54]

Несмотря на наличие широкого выбора ортопедических приспособлений, использование консервативных методов лечения не даёт стойких положительных результатов, они рассчитаны на временное облегчение страданий, для предупреждения прогрессирования многоплоскостной деформации стопы с формированием молоткообразной деформации пальцев, многие авторы считают, что показано хирургическое лечение. [5, 8, 14, 15, 22, 36, 86, 108].

### **1.6.2 Хирургическое лечение многоплоскостной сложной деформации переднего отдела стопы, сопровождающейся образованием неригидных (вправимых) молоткообразных пальцев**

Молоткообразная деформация пальцев стоп является проявлением многоплоскостной сложной статической деформации стопы в абсолютном большинстве наблюдений развивается на фоне общего комплекса сложной статической деформации стопы, хирургическое лечение этой патологии должно быть комплексным и одновременным.

Целью хирургического лечения является устранение метатарзалгии, посредством восстановления биомеханики переднего отдела стопы, путём создания оптимальной параболы Леливьера и устранения молоткообразной деформации «малых» пальцев стопы [30, 55, 107].

Параболу Леливьера восстанавливают с помощью корригирующих остеотомий, направленных на устранение вальгусной деформации 1 пальца стопы (*hallux valgus*) и варусного отклонения I плюсневой кости (*metatarsus primus varus*), корригирующих остеотомий II, III, реже IV плюсневых костей, целью всех остеотомий является достижение соотношений между головками плюсневых костей, соответствующих «римской стопе», устранение угла между первой и второй плюсневыми костями, восстановление поперечного свода стопы, подтверждённого данными рентгеновского исследования [30, 55, 107].

#### **Хирургическое лечение вальгусной деформации первого пальца в комплексном лечении сложных статических деформаций.**

В настоящее время для коррекции вальгусной деформации первого пальца стопы предложены множество методов, причём все современные способы хирургического лечения подразумевают вмешательство на костях, их целью является устранение варусного отклонения I плюсневой кости и уменьшение угла между I и II плюсневыми костями.

Хирургические вмешательства на мягких тканях переднего отдела стопы, направленные на коррекцию деформации первого пальца не оправдали себя ввиду низкой эффективности травматичности и сложности [8, 30, 31, 55, 80, 106].

Рациональными и хорошо зарекомендовавшими себя остеотомиями являются SCARF, Chevron, MICA, Slide down osteotomy [9, 30, 40, 48, 97, 108, 114].

Эти остеотомии относятся к дистальным, их преимуществам являются:

- простота исполнения, низкая травматичность, полноценная коррекция «на вершине деформации»,
- их относят к суставосберегающим,
- стабильность остеосинтеза современными конструкциями позволяют произвести раннюю мобилизацию суставов и раннюю нагрузку на оперированную конечность.

Slide down osteotomy (рисунок 16) внедрена в 2013 году, является перспективной оригинальной разработкой Процко В.Г. и на данный момент времени находится на стадии исследования. Данная методика позволяет нормализовать углы между I и II плюсневыми костями при выраженном варусном отклонении I плюсневой кости (более 20 градусов), но требует значительного опыта хирурга и наличия специального оснащения (винтов диаметром 4,2 с широкой нарезкой «жала») [25, 121].

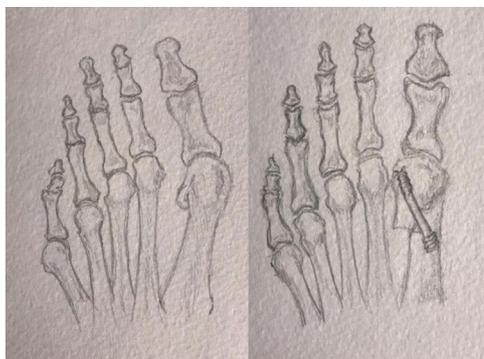


Рисунок 16 – схема выполнения остеотомии Slide Down

Золотым стандартом в устранении отклонения первой плюсневой кости считают остеотомию SCARF (рисунок 17), которая позволяет восстановить угол между плюсневыми костями путём агрессивных смещений. Потеря стабильности остеосинтеза менее вероятна в связи с дополнительной фиксацией фрагмента вторым винтом. По данным различных авторов, удовлетворительные результаты при применении этой технологии хирургического лечения при вальгусной деформации первого пальца достигает 86% [3, 25, 31, 113, 121].

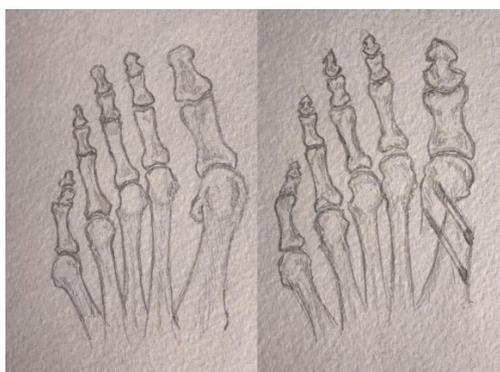


Рисунок 17 – схема выполнения остеотомии SCARF

Остеотомия Chevron (Рисунок 18) применяется при вальгусной деформации первого пальца 1 2- степени и угле M1-M2 не более 10 градусов, так как является менее стабильной. В случае необходимости агрессивного смещения опиала дистального фрагмента происходит «сваливание» фрагмента в межплюсневый промежуток и потеря коррекции. Является нетравматичным вмешательством с хорошими результатами, но ограниченной областью применения [30, 40, 48, 94, 110].

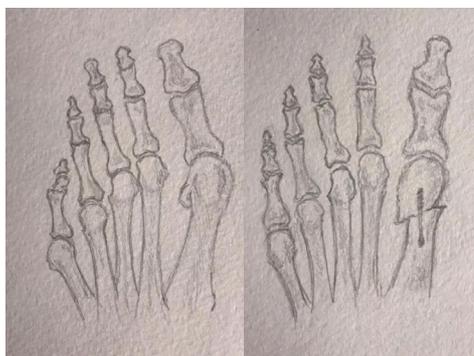


Рисунок 18 – схема выполнения остеотомии Chevron

Остеотомия МІСА (Minimally Invasive Chevron Akin) (Рисунок 19) – миниинвазивное вмешательство, требующее специального инструментария, винтов с определенным типом сечения проксимальной компрессирующей части. Остеотомия применяется при вальгусной деформации первого пальца стоп 1-2 степени у стоп, имеющих эластичность тип А. В связи с нестабильностью, в случае необходимости агрессивного смещения дистального фрагмента остеотомии, также имеет свою область применения, не рекомендуется для ригидных стоп, а также стоп с углом М1 М2 более 10 градусов [9, 68, 86, 113].

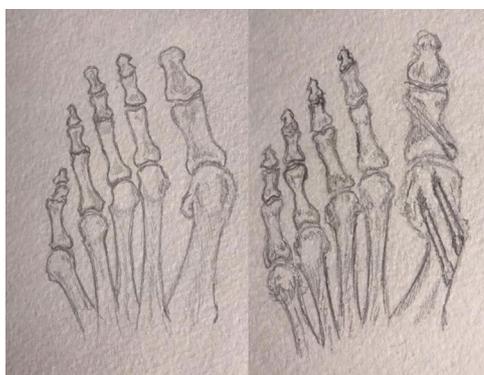


Рисунок 19 – схема выполнения остеотомии МІСА

Таким образом, исходя из анализа специальной литературы, возможно прийти к заключению о том, что применяемые в настоящее время способы хирургического лечения, направленные на коррекцию деформации первого пальца, позволяют устранить деформацию и получить стойкий положительный клинический эффект.

#### **Хирургическое лечение неригидной молоткообразной деформации пальцев.**

В литературе описаны несколько способов коррекции молоткообразной неригидной, то есть вправимой, деформации «малых» пальцев стоп, которую возможно устранить мануально, но удержать невозможно, в связи с тем, что эти деформации развиваются длительно и являются сложными, с зачастую со значительным изменением анатомии малых плюснефаланговых суставов, простое мануальное вправление ведёт к немедленному рецидиву [32, 45, 119].

Известные способы хирургического лечения являются суставо-сберегающими, делятся на три вида, и направлены на коррекцию вывиха или подвывиха «малого» пальца и его удержание во вправленном положении в соответствующем плюснефаланговом суставе [18, 19, 45, 61, 62, 125]:

- корригирующие остеотомии плюсневых костей и фаланг пальцев;
- комбинированные вмешательства;
- операции на мягких тканях.

### **Операции на мягких тканях.**

Наиболее известной из этой группы хирургических вмешательств является операция Гридлестон-Тейлора [5, 13, 36, 41, 86, 116, 125].

Смысл операции заключается в «переносе глубокого сгибателя пальца на разгибатель», т.е. использование потенциала сгибательного аппарата для вправления и удержания в правильном положении смещённой основной фаланги пальца в плюснефаланговом суставе.

Выполняют её следующим образом: линейным разрезом около 2 см поперечно на подошвенной поверхности в проекции плюснефалангового сустава выделяют сухожилие глубокого сгибателя пальца, и дополнительным разрезом, длиной примерно до 0,5 мм, отсекают его у точки прикрепления, после чего сухожилие выводят через разрез в зоне плюснефалангового сустава с подошвенной поверхности.

Далее сухожилие разделяется вдоль на две равных части. Концы сухожилия прошиваются, на тыльной стороне основания пальца производят разрез (прокол кожи) длиной около 0,5 см, в который проводят концы сухожилия сгибателя, один с латеральной, другой с медиальной поверхности фаланги пальца, и сшивают между собой, что позволяет устранить молоткообразную деформацию – опустить (низвести) палец.

Но при этом вмешательстве не удаётся восстановить биомеханику «шагового цикла» и снизить нагрузку на передний отдел стопы, при этом развивается послеоперационная ригидность плюснефалангового сустава, выключается из движения сухожилие глубокого сгибателя, в некоторых

случаях, ввиду травматичности операции, наблюдаются трофические расстройства пальца, что в совокупности приводит к неудовлетворительным результатам у 44% пациентов [36, 41, 86].

### **Изолированный артроскопический шов «плантарной» пластинки с тенодезом разгибателей пальца.**

Выполняют это хирургическое вмешательство следующим образом: плюснефаланговый сустав растягивается ретрактором Хинтермана, через проколы кожи вводят артроскоп, визуализируют зону поражения «плантарной» пластинки, накладывают на места разрыва «плантарной» пластинки якорные швы у основания пальца, нити через проксимальный отдел «плантарной» пластинки выводятся на тыл стопы и подшиваются к разгибателям пальца на уровне средней трети плюсневой кости.

При этом хирургическом вмешательстве невозможно устранить причину метатарзалгии и причину возникновения деформации, необходим специальный инструментарий, частота неудовлетворительных исходов спустя 12 месяцев составляет 24%, частота рецидива метатарзалгии составляет 54% [13, 86, 102].

### **Корригирующие остеотомии.**

Операции на костных структурах могут выполняться на костных структурах плюсневых костей, а также на костных структурах пальцев.

### **Остеотомия Weil.**

Наиболее известной и применяемой в настоящее время является остеотомия Weil, некоторые авторы [3, 13, 25, 39, 50, 83, 108] считают её «золотым стандартом» в лечении синдрома метатарзалгии и сопряжённых деформаций, выполняют её следующим образом: через тыльный доступ длиной 3 см в области соответствующего плюснефалангового сустава, осуществляют доступ к головке плюсневой кости, головку отделяют от мягких тканей, проводят радикальный релиз.

Затем при помощи осцилляторной пилы осуществляют продольную остеотомию плюсневой кости, головку плюсневой кости сдвигают

проксимально и дорзально и фиксируют специальным винтом БКС (бесшляпочный, канюлированный, самонарезающий).

Смещение головки плюсневой кости используют для изменения взаимоотношений и оси вращения пальца в плюснефаланговом суставе, за счёт чего достигают вправления неригидного вывиха, после чего выполняют трансартикулярную фиксацию пальца через все его фаланги и головку плюсневой кости спицей Киршнера.

Остеотомия по Weil даёт очень стабильные результаты лечения метатарзалгии и небольшую, до 15% [6, 13, 39, 69, 100], частоту развития осложнений в виде переходящей метатарзалгии смежных плюснефаланговых суставов, избыточной плантаризации головок плюсневых костей.

Но эта технология хирургического лечения при тяжёлых степенях разрыва «плантарной» пластинки G3, G4 и реже G2 приводит по данным некоторых авторов в 54% случаев наблюдений к возникновению синдрома «плавающих пальцев» из-за отсутствия их достаточной флексии, степень ослабления которой зависит от типа повреждения «плантарной» пластинки [3, 13, 37, 45, 78, 118].

#### **Дистальная шевронная остеотомия.**

Разрезом длиной 3 см. в области соответствующего плюснефалангового сустава осуществляется доступ к головке плюсневой кости и метадиафизарной зоне соответствующей плюсневой кости, после мобилизации мягких тканей осцилляторной пилой в дорсально-плантарной плоскости осуществляют V-образную остеотомию под углом 60 градусов, при необходимости достичь большего укорочения плюсневой кости возможно дополнительная резекция в месте остеотомии проксимальной части диафиза плюсневой кости, после чего головка плюсневой кости сдвигается в тыльную сторону, что приводит к разгрузке соответствующей метатарзальной зоны, эту остеотомию при синдроме неригидного молоткообразного пальца необходимо сочетать с дополнительной коррекцией деформации пальца [13, 73, 77, 89, 99]. Остеотомия применяется без фиксации винтом. Недостатком применения

данной технологии является отсутствие фиксации, и травматичность сопоставимая с управляемыми (фиксированными винтом) остеотомиями.

### **Остеотомия BRT (BAROUK–RIPPSTEIN–TOULLEC).**

Данная остеотомия имеет высокий потенциал для купирования явлений метатарзалгии.

Выполняют её следующим образом: тыльным доступом около 3 см. обнажают основание и диафизарную часть плюсневой кости, осцилляторной пилой в тыльно – подошвенной плоскости, косо под углом 30-50 градусов к оси плюсневой кости выполняют клиновидную остеотомию, головка плюсневой кости смещается кверху и проксимально, достигая больше элевации чем укорочения, костные фрагменты фиксируются винтом.

Но вместе с тем, из-за значительной элевации головки плюсневой кости, возникает предпосылка к развитию переходной метатарзалгии смежных плюснефаланговых суставов от 18 до 34% [13, 31, 62, 76], а также может привести к усугублению молоткообразной деформации пальцев за счёт укорочения сегмента и изменения осей ротации сегмента, что приводит к неудовлетворительным результатам в 34% наблюдений [13, 45, 81, 98, 126], позволяет прийти к заключению о том, что изолированное выполнение данного вида остеотомии при молоткообразной деформации пальцев не обосновано.

### **Корригирующие остеотомии фаланг пальцев.**

#### **Операция Hohmann.**

Данное оперативное вмешательство выполняют при недостаточной флексии молоткообразного пальца после выполнения остеотомии Weil, BRT, дистальной шевронной остеотомии при сохранении патологической конфигурации пальца.

Каплевидным разрезом около 2 см. в области вершины деформации молоткообразного пальца осуществляют доступ к межфаланговому суставу, выполняют мобилизацию сустава, после чего осцилляторной пилой производят резекцию суставных поверхностей и репозицию с устранением

молоткообразной деформации, завершают операцию трансартикулярной фиксацией спицей Киршнера через головку плюсневой кости и фаланги пальца.

Описанное хирургическое вмешательство позволяет гарантированно выпрямить палец в межфаланговом суставе, но в этом межфаланговом суставе сохраняются качательные движения, приводящие к развитию болевого синдрома и формируется синдром «плавающего пальца», что также приводит к неудовлетворительным результатам, по данным различных авторов до 54% [2, 45, 81, 126].

### **PIP артродез.**

Оперативное вмешательство производится посредством тыльного доступа длиной около 10 см по тылу плюсневой кости с переходом на деформированный палец, производят остеотомию по Weil, затем осуществляют мягкотканый релиз области деформированного межфалангового сустава, после чего суставные поверхности резецируют, межфаланговый артродез осуществляют спицей Киршнера и проволочной петлёй по Веберу с дополнительной фиксацией пальца спицей Киршнера к соответствующей головке плюсневой кости [25, 36, 39, 41, 125].

Это хирургическое вмешательство приводит к значительному улучшению состояния переднего отдела стопы, комплексная оценка состояния переднего отдела стопы у данной группы больных достигает 43 баллов по шкале Groulier [25, 112].

Однако, несмотря на то, что болевой синдром, связанный с развитием метатарзалгии у 85% данных больных купирован, у 38% больных сохраняется неуверенность во время ходьбы, связанная с гипофлекторной походкой, обусловленной нарушением фазы переката шагового цикла, а именно фиксации малыми пальцами в связи с сохраняющейся нестабильностью в малых плюснефаланговых суставах [37, 39, 44, 83].

## **Комбинированные методы хирургического лечения молоткообразной деформации пальцев.**

Комбинированные решения хирургического лечения молоткообразной деформации пальцев стоп дают дополнительные способы окончательной коррекции положения пальцев.

Таким способом является комбинация остеотомии по Weil с восстановлением «плантарной» пластинки дорсальным доступом, с последующей фиксацией плюснефалангового сустава спицей.

Шов «плантарной» пластинки осуществляется системой Plantar plate repair system, при данной технике хирургического вмешательства сначала выполняется остеотомия по Weil.

Далее по линии остеотомии плюснефаланговый сустав растягивается ретрактором Хинтермана, в области основания основной фаланги формируется вертикальный канал, в канал вводятся специальные лавсановые ленты, фиксирующиеся интерферентным винтом, винты проводятся под плюснефаланговым суставом от зоны прикрепления «плантарной» пластинки к фаланге к зоне прикрепления «плантарной» пластинки к плюсневой кости, лента фиксируется через вертикальный канал интерферентным винтом к плюсневой кости, дополнительной фиксации не требуется, выполнение этой операции требует наличия специального инструментария, расходных материалов и она довольно травматична [13, 50, 71, 81, 126].

В случае применения данного способа лечения, развитие синдрома «плавающего пальца» отмечено всего в 6% случаев, но развитие тугоподвижности в плюснефаланговом суставе возникает в 26% случаев.

Таким образом, на основании обзора современной литературы, можно заключить, что неригидные молоткообразные деформации пальцев в большинстве случаев являются не изолированными, а встречаются в составе сложной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы.

Анализ литературы, посвящённой хирургической коррекции неригидных молоткообразных пальцев стоп, показал отсутствие объективно обоснованных подходов к лечению этой группы больных.

По мнению некоторых авторов [13, 29, 44, 45, 66, 80, 127] причиной неудовлетворительных результатов является то, что технологии хирургического лечения, используемые для коррекции не предусматривают восстановления стабилизаторов плюснефалангового сустава, что приводит к появлению нестабильности в плюснефаланговом суставе, и развитию синдрома «плавающего пальца» [13, 21, 36, 44, 45, 127], нарушению фазы переката стопы при ходьбе «шагового цикла», неустойчивости походки.

К настоящему времени отсутствуют объективно обоснованные алгоритмы оптимальной последовательности в зависимости от типа, характера, степени деформации пальцев и предшествующей развитию деформаций патологии малых плюснефаланговых суставов, не определена оптимальная последовательность выполнения этапов корригирующих операций, позволяющая полноценно и атравматично исправить все элементы сложных многоплоскостных деформаций стопы, вопросы послеоперационного ведения таких больных практически не освещены, необходимость решения этих проблем и определило актуальность исследования.

## ГЛАВА 2

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1 Материалы исследования

Настоящее исследование построено на анализе результатов лечения 195 пациентов с многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождаемых неригидной молоткообразной деформацией «малых» пальцев стоп, пролеченных в период с 2016 по 2020 гг.

Пациенты были пролечены в отделении травматологии и ортопедии ГБУЗ «Городская клиническая больница №3» Министерства здравоохранения Краснодарского края, г. Краснодар (на базе данного отделения привлечено к исследованию 92 пациента), ортопедического отделения многопрофильного медицинского центра «В надежных руках» г. Краснодар (на базе данного отделения привлечено к исследованию 103 пациента), общее количество оперированных стоп составило 188 случаев (сочетание вальгусной деформации 1 пальца и молоткообразной деформации 2 и/или 3 пальцев стопы).

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (World Medical Association Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) и «Правилами клинической практики в Российской Федерации» (Приказ Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266).

С целью решения задач исследования, все 195 пациентов, привлеченных к исследованию, были разделены на 2 группы.

**Группа №1 (n=88)** сформирована с целью разработки метода объективизации степени повреждения «плантарной» пластинки.

Критериями включения в группу 1 исследование было наличие у пациентов моно- и/или билатеральной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы.

Критерии невключения в группу 1:

- наличием тяжёлой сопутствующей соматической патологии, которая могла бы повлиять на результаты лечения ревматоидный артрит, подагра, сахарный диабет.

- наличие специфического поражения стоп, например ревматоидный или подагрический артрит.

Были привлечены к исследованию пациенты с многоплоскостной статической деформацией передних отделов стопы (*hallux valgus*, *metatarsus primus varus*, поперечная распластанность стопы), подтверждённой методами рентгеновского исследования и наличие клинических признаков нестабильности плюснефаланговых суставов, так называемых «малых» (2, 3, 4) пальцев стопы, таких как:

- нестабильность плюснефаланговых суставов без явной молоткообразной деформации пальцев стопы (n=4),

- подвывих и/или вывих 2 и/или 3, и/или 4 пальцев стопы, дислокация сухожилий сгибателей, гиперэкстензии пальца (n=78),

- ригидная молоткообразная деформация пальцев типа «коготь» (n=6).

С целью объективизации степени повреждения «плантарной» пластинки мы сравнили результаты клинического обследования по тесту Hamilton-Thompson, где определяли тип «G-Graduate», с последующим сопоставлением полученных результатов с данными УЗИ у 88 больных с многоплоскостной статической деформацией стопы, используя следующие критерии:

«G-Graduate» 0 тип – стабильный плюснефаланговый сустав;

«G-Graduate» 1 тип – нестабильный плюснефаланговый сустав;

«G-Graduate» 2 тип – подвывих плюснефалангового сустава;

«G-Graduate» 3 тип – полный вывих в суставе;

«G-Graduate» 4 тип – ригидная молоткообразная деформации «малых» пальцев.

**Группа №2 (n=107)** сформирована с целью проведения сравнительного анализа результатов лечения при реализации разработанного нами способа лечения молоткообразной деформации «малых» (2 и/или 3) пальцев стопы с традиционными технологиями лечения.

Критериями включения в группу 1 исследование были:

- наличие у пациентов моно и/или билатеральной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы (Hallux valgus III ст. с наличием неригидной молоткообразной деформации 2 и/или 3 пальцев стопы);
- объективно подтверждённый с помощью УЗИ разрыв «плантарной» пластинки 2, 3 пальца «G-Graduate» 2-3 типа по классификации Hamilton-Thompson.

Критерии невключения в группу 1:

- объективно подтверждённым с помощью УЗИ повреждением «плантарной» пластинки 2 и/или 3 пальца «G-Graduate» 0, 1 типа по классификации Hamilton-Thompson (неполное повреждение – нет молоткообразной деформации пальца) хирургическое восстановление «плантарной» пластинки не производили;
- объективно подтверждённым с помощью УЗИ повреждением «плантарной» пластинки 2 и/или 3 пальца «G-Graduate» 4 типа по классификации Hamilton-Thompson (ригидная когтеобразная деформация малых пальцев с полным разрывом «плантарной» пластинки);
- наличием тяжёлой сопутствующей соматической патологии, которая могла бы повлиять на результаты лечения ревматоидный артрит, подагра, сахарный диабет.
- наличие специфического поражения стоп, например, ревматоидный или подагрический артрит.

В зависимости от применённой тактики лечения **группа №2 (n=107)** пациентов, была разделена на 2 подгруппы (А и В).

**Подгруппа А** – состояла из 51 пациента (94 стопы – 43 пациентов (84,3%) имели билатеральное поражение стоп), у которых применена традиционная технология хирургического лечения: с использованием остеотомия SCARF остеотомия по Weil, операция Hohmann с последующей трансартикулярной фиксацией спицей Киршнера; этим больным на 2 сутки разрешали ходьбу с дозированной нагрузкой в туфлях Барука, по истечению 3 недель после операции разрешали ходьбу на ограниченные расстояния, швы снимали через 3 недели после операции.

**Подгруппа В** – состояла из 56 пациентов (101 стопа – 45 пациентов (80,3%) имели билатеральное поражение стоп), у которых выполнена остеотомия SCARF, остеотомия по Weil и восстановление «плантарной» пластинки разработанным нами способом («Способ хирургического восстановления «плантарной» пластинки малого плюснефалангового сустава прямым подошвенным доступом при разрывах её вследствие перегрузочной метатарзалгии» патент на изобретение РФ №2673782, от 26.11.2018 г).

Распределение пациентов подгрупп А и В, принявших участие в исследовании, по возрастным категориям, проводили с учётом классификации возрастов ВОЗ, принятой в 1963 году, пересмотренной в 2012 году и применяемой до настоящего времени [35], результаты этого распределения представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – распределение массива пациентов по возрастным категориям**

Возрастные категории по ВОЗ	Подгруппа А	Подгруппа В	Критерии достоверности $\chi^2$
18-44 года (молодой возраст)	1 (2,0%)	1 (1,8%)	$\chi^2=4,2$ , df 4, p=0,374
45-59 лет (средний возраст)	29 (56,8%)	33 (58,9%)	
60-74 лет (пожилой возраст)	20 (39,2%)	21 (37,5%)	
75-90 лет (старческий возраст)	1 (2,0%)	1 (1,8%)	
старше 90 лет (долгожители)	0	0	

При анализе сопоставимости пациентов подгрупп А и В, включённых в исследование, статистически значимого отличия по возрасту ( $p=0,374$  – критерий  $\chi^2$ ) обнаружено не было.

Группа №2 состояла из пациентов трудоспособного возраста (средний возраст пациентов, страдающих данной патологией, составил  $58,9 \pm 6,7$  лет), данный факт свидетельствует о том, что оперированные пациенты имеют высокие требования к двигательной и трудовой активности.

Сравнительный анализ гендерного состава подгруппы А (n=51) и подгруппы В (n=56) представлен на рисунке 20.

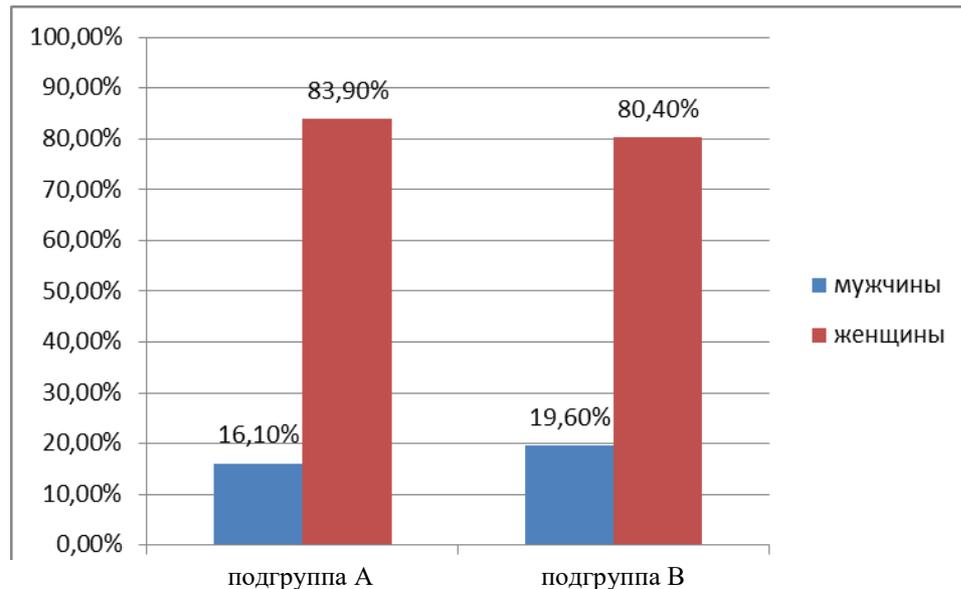


Рисунок 20 – соотношение мужчин и женщин в сравниваемых подгруппах

Исходя из результатов анализа, представленных на рисунке 20 возможно прийти к заключению о том, что по гендерному признаку подгруппы А и В статистически значимо не отличались ( $\chi^2=0,35$ , df 1,  $p=0,555$ ).

В группе №2 деформация только левой стопы была выявлена у 4 пациентов, только правой стопы – у 9 пациентов. У 94 пациентов, включённых в данное исследование, была билатеральная деформация, оперативное лечение проводилось на 2 стопах одновременно, рисунок 21.

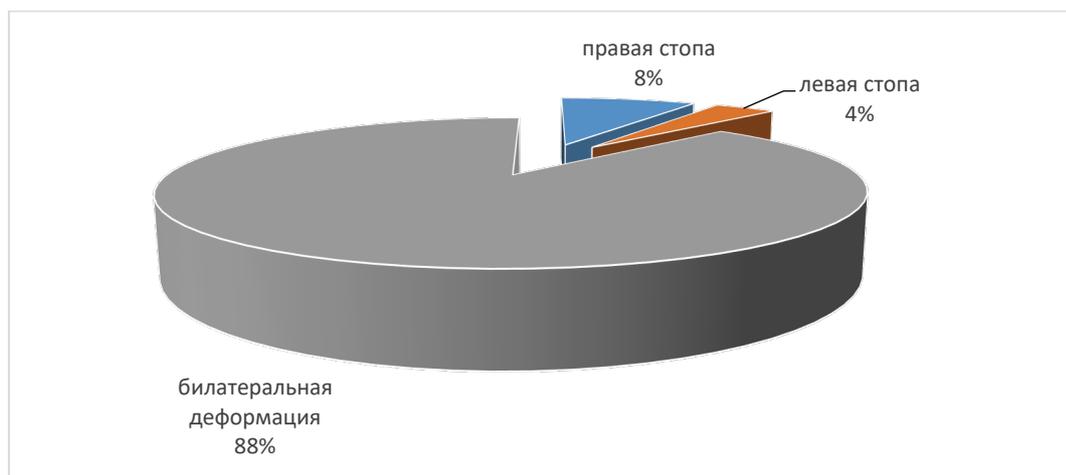


Рисунок 21 – частота встречаемости моно- и билатерального поражения стоп в группе №2

Как в подгруппе А (группа сравнения), так и в подгруппе В (группа исследования), наиболее часто встречающейся формой стопы была греческая, такая форма стопы способствует развитию сложной статической деформации переднего отдела стоп, сопровождающимися неригидной молоткообразной деформацией пальцев (более 75% от общего числа пациентов, включённых в исследование), частота распределения пациентов обеих групп представлена на рисунке 22.

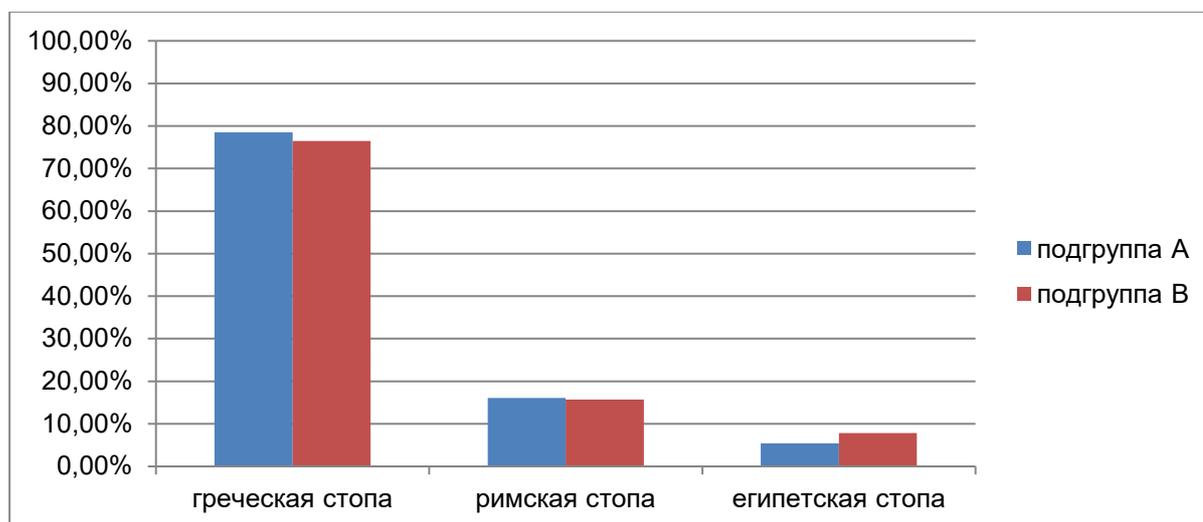


Рисунок 22 – сравнительный анализ частоты встречаемости различных форм стоп в подгруппе А и подгруппе В

Таким образом, данные, представленные на рисунке 22, показывают, что в сравниваемых подгруппах, различные по форме стопы встречались с одинаковой частотой ( $\chi^2=0,17$ , df 2,  $p=0,919$ ).

Сравнительный анализ клинических проявлений многоплоскостной статической деформации стопы в подгруппах А и В, представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – клинические проявления многоплоскостной статической деформации стопы, выявленные у пациентов сравниваемых групп, и частота их обнаружения**

Подгруппы больных	Подгруппа В	Подгруппа А	Критерии достоверности $\chi^2$ с поправкой Йейтса
Клинические проявления			
Деформация первого пальца, абс. (%)	56 (100%)	51 (100%)	$\chi^2<0,001$ , $p>0,99$
Деформация и подвижность межфаланговых суставов «малых» пальцев, абс.(%)	56 (100%)	51 (100%)	$\chi^2<0,001$ , $p>0,99$
Болевой синдром в области 2, 3 пфс (метатарзалгия), абс.(%)	47 (83,9%)	43 (86,3%)	$\chi^2=0,039$ , $p=0,844$
Болевой синдром в области 1 пфс, абс.(%)	31 (55,4%)	32 (62,7%)	$\chi^2=0,67$ , $p=0,417$
Болевой синдром в области деформированного «малого» пальца, абс.(%)	38 (67,9%)	33 (64,7%)	$\chi^2=0,88$ , $p>0,05$
Явления артрита (бурсит) в области 1 плюснефалангового сустава, абс.(%)	12 (21,4%)	11 (21,5)%	$\chi^2<0,001$ , $p>0,99$
Наличие ороговелостей под головками плюсневых костей (статические) и их локализация, абс.(%)	53 (94,6%)	47 (92,3%)	$\chi^2=0,77$ , $p=0,78$
Наследственность прослеживается у родственников 1 линии, абс.(%)	47 (83,9%)	40 (78,4%)	$\chi^2=0,81$ , $p=0,37$

Таким образом, данные, представленные в таблице 2, показывают, что клинические проявления многоплоскостной статической деформации стопы в подгруппах А и В статистически значимо не отличались.

Результаты сравнительного анализа клинических проявлений патологии «малых» пальцев стоп, представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – клинические симптомы, выявленные при осмотре «малых» пальцев стопы, и частота их обнаружения**

Подгруппы больных	Подгруппа В	Подгруппа А	Критерии достоверности $\chi^2$ с поправкой Йейтса
Клинические проявления			
Наличие деформации, абс.(%)	56 (100%)	51 (100%)	$\chi^2 < 0,001$ , $p > 0,99$
Боль, абс.(%)	47 (83,9%)	43 (86,3%)	$\chi^2 = 0,039$ , $p = 0,844$
Отек плюснефалангового сустава, абс.(%)	50 (89,3%)	45 (88,2%)	$\chi^2 < 0,001$ , $p > 0,99$
Наличие вывиха в плюснефаланговом суставе, абс.(%)	56 (100%)	51 (100%)	$\chi^2 < 0,001$ , $p > 0,99$
Ограничение подвижности в межфаланговых суставах, абс.(%)	52 (92,8%)	48 (96,1%)	$\chi^2 = 0,39$ , $p = 0,54$

Исходя из результатов анализа, представленных в таблице 3, возможно прийти к заключению о том, что проявления патологии «малых» пальцев стопы были схожи.

Для оценки функционального состояния пациентов и сравнения субъективных параметров, таких как возможность выполнения физических нагрузок, возможность заниматься спортом, требование к повседневной обуви, а также для оценки статодинамической функции переднего отдела в работе использовали шкалу Groulier P, данные представлены в таблице 4.

**Таблица 4 – набранные баллы по шкале Groulier P. до лечения в подгруппах А и В**

Группы	Groulier P., баллы (M $\pm$ STD)	Критерий достоверности, t-критерий Стьюдента*
Подгруппа В	24,1 $\pm$ 2,8	p=0,669
Подгруппа А	24,4 $\pm$ 2,9	

\* - нормальное распределение числовых значение, критерий равенства дисперсий Ливиня – 0,101 ( $p=0,752$ )

Распределения числовых значений в группах соответствовали нормальному закону, поэтому для доказательства их сопоставимости был применён параметрический метод Стьюдента, как метод, обладающий большей чувствительностью, при определении статистически значимых различий в сравниваемых группах.

Пациенты подгрупп А и В, включённые в исследование, статистически значимо не отличались по статодинамической функции переднего отдела стопы ( $p=0,669$ , критерий достоверности, t-критерий Стьюдента\*).

Результаты сравнительного анализа рентгеновских проявлений многоплоскостной статической деформации стоп в подгруппах А и В, представлены в таблице 5.

**Таблица 5 – сравнительный анализ результатов рентгеновского исследования у пациентов подгрупп А и В**

Угловые показатели стопы	норма	Углы деформации		U-критерий Манна-Уитни
		Подгруппа В	Подгруппа А	
HVA (hallux valgus angle)	10-13°	28-34°	27-36°	$p=0,739$
MI MII (первый межплюсневый угол)	5-7°	14-19°	15-18°	$p=0,971$
MI MIV (угол между первой и пятой плюсневыми костями)	18-20°	25-29°	25-29°	$p=0,853$
DMAA (угол наклона суставной поверхности головки первой плюсневой кости)	до 8°	14-18°	13-18°	$p=0,19$

Результаты исследования, представленные в таблице 5, позволяют прийти к заключению о том, что подгруппы А и В статистически сопоставимы по рентгеновским проявлениям многоплоскостной статической деформации стоп ( $p>0,05$  – U-критерий Манна-Уитни).

Таким образом, сопоставление пациентов исследуемой подгруппы В и подгруппы сравнения А по полу, возрасту, форме стопы, клиническим проявлениям деформаций стопы и результатам инструментального исследования позволило прийти к заключению о статистической сопоставимости (однородности) групп и возможности проведения корректного сравнительного статистического анализа результатов лечения.

## 2.2 Методы исследования

При подготовке данных пациентов к оперативному лечению и при выполнении послеоперационного контроля применяли следующие методы обследования:

### **Клинические методы обследования пациентов**

Всем пациентам, включённым в исследование, был проведён стандартизированный комплекс клинического обследования, оценивали:

- жалобы (болевого синдром в стопе и его локализацию), анамнез, наследственность;

- наличие или отсутствие: деформации первого пальца, деформации и подвижности межфаланговых суставов «малых» пальцев, артрита (бурсита) в области I плюснефалангового сустава, гиперкератозов (омозолелостей) под головками плюсневых костей и их локализация (толчковые или статические);

- походку, нарушения функции ходьбы, постановку стоп.

При пальпации оценивали (Рисунок 23):

- деформацию первого плюснефалангового сустава, определяли зону болезненности в области головки I плюсневой костей, наличие либо отсутствие бурсита, подвижность в первом плюснефаланговом суставе.

- эластичность стоп,

- состояние и функцию «малых» или центральных (второго, третьего, четвёртого) пальцев стопы (оценка дислокации в малых плюснефаланговых суставах с учётом стресс тест Hamilton WG – Thompson FM, болезненность в зоне плюснефаланговых суставов, размеры натоптышей их количество и локализация).

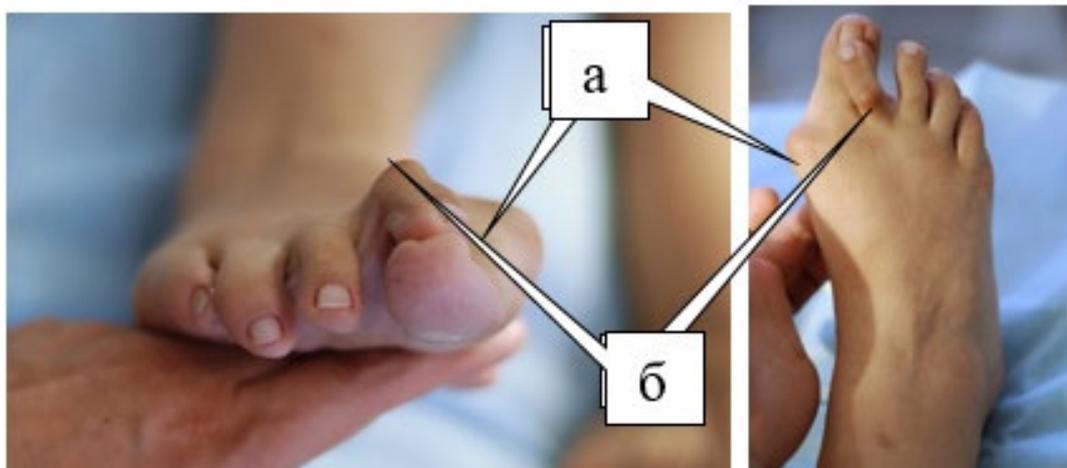


Рисунок 23 – фото стопы пациента, со сложной статической деформацией переднего отдела стопы, во время проведения клинического осмотра, определяется (а) – вальгусная деформация первого пальца стопы и (б) – молоткообразная деформация 2 пальца

Тест Hamilton-Thompson (Рисунок 24) выполняли следующим образом: стопу охватывали одной рукой с целью фиксации переднего отдела стопы, затем при помощи другой руки проводили попытку смещения основания основной фаланги пальца дорсально, при этом оценивали выраженность болевого синдрома и степень дорсального смещения в плюснефаланговом суставе.



Рисунок 24 – фото стопы пациента, со сложной статической деформацией переднего отдела стопы во время проведения клинического осмотра, определяется тип «G-Graduate» по классификации Hamilton-Thompson

Комплексную клиническую оценку состояния стопы проводили по шкале Американской ассоциации ортопедов стопы и голеностопного сустава (AOFAS).

Шкала предложена Н. Kitaoka с соавторами в 1994 году [38], её считают золотым стандартом оценки функции стопы и болевого синдрома.

Положительные стороны: наиболее распространённая, понятная в заполнении самим пациентом (вопросы о интенсивности болевого синдрома, ограничение активности, требования к обуви и наличие мозолей).

Отдельно выделено оценка объёма движений в плюснефаланговых и межфаланговых суставах и стабильность этих суставов.

Оценка результатов хирургического лечения деформаций стоп по шкале AOFAS (Kitaoka) [38].

#### **Боль (40 баллов)**

40 – Нет.

30 – Умеренная, редко.

20 – Сильная, ежедневно.

0 – Очень сильная, присутствует постоянно.

#### **Функция (45 баллов)**

Ограничение активности:

10 – нет,

7 – нет ограничений ежедневной активности, только при избыточной нагрузке,

4 – ежедневные ограничения, невозможность избыточной нагрузки,

0 – ограничения, исключающие любую активность,

#### **Требование к обуви**

10 – модная, удобная, не требующая стелек,

5 – комфортная с ортопедическими стельками,

0 – только специально подобранная или брейс,

**Объём движений в 1 ПФС (плюснефаланговый сустав), сгибание – разгибание**

10 – полный или небольшое ограничение (объём 750 и больше),

5 – умеренное ограничение (объём 30 – 740),

0 – значительное ограничение (объём менее 300).

**Объём движений в МФС (межфаланговый сустав)**

5 – нет ограничений,

0 – значительные ограничения,

**Стабильность в ПФС (плюснефаланговый сустав) и МФС (межфаланговый сустав) все направления**

5 – стабильны,

0 – нестабильны, либо легко смещаются.

**Гиперкератозы (омозолелости) в зоне суставов первого луча**

5 – нет или бессимптомные,

0 – есть, болезненные.

**Ось первого луча (есть или нет при внешнем осмотре отклонение 1 пальца в сторону остальных) (15 баллов)**

15 – восстановлена,

8 – косметически приемлема, но небольшой бессимптомный HV,

0 – не восстановлена, очевидный рецидив деформации.

**Шкала Groulier P** (таблица 1) была использована для оценки результатов хирургического лечения и степень функционального восстановления стопы после выполнения хирургического вмешательства, как в контрольной группе, так и группе сравнения [7, 38].

По требованиям шкалы Groulier P., результаты до и после хирургической коррекции деформации стоп оцениваются следующим образом:

- отличный – 71-85 баллов;
- хороший – 60-70 баллов;
- удовлетворительный – 29-59 баллов;
- плохой результат – 0-28 баллов.

**Таблица 6 – оценка результатов хирургического лечения по критериям шкалы Groulier P.**

Состояние 1 луча (максимум 40 баллов)	Hallux valgus	Норма (10 - 20 градусов)	20	Умеренный (20 - 25 градусов)	15	Рецидив или вальгусная деформация более 25 градусов	0
	Боль в первом плюснефаланговом суставе	Отсутствует	10	Редкая	6	Мешает	0
	Движения в первом плюснефаланговом суставе	Норма (тыльное сгибание 60-90 градусов, подошвенное 0-30 градусов)	10	Ограничены	6	Тугоподвижность	0
Состояние переднего отдела стопы (максимум 25 баллов)	Метатарзалгия	Нет	10	Уменьшилась	5	Постоянная	0
	Гиперкератозы	Нет	5	Есть	0	-	-
	Metatarsus varus	Менее 10 градусов	10	10-15 градусов	8	Более 15 градусов	0
	Обувь	Обычная	8	Специальная	6	Другое	0
Функциональная активность (максимум 20 баллов)	Дистанция ходьбы	Без ограничений	6	1 км	2	Менее 500 м	0
	Активность	Спорт	6	Профессиональная или домашняя	6	Снижена	0

### **Плантоскопия**

При помощи зеркального плантоскопа определялась степень уплощения продольного свода стоп без нагрузки и под нагрузкой (Рисунок 25).

Цель данного исследования – оценка распределения нагрузки по поперечному и продольному сводам стоп, наличие либо отсутствие перегрузок зоны плюсневых костей соответствующих деформированных пальцев.

При осмотре определялись: деформация заднего, среднего и переднего отделов стоп, в связи с тем, что поперечная распластанность переднего отдела

стоп приводит к уменьшению асимметричной нагрузки на головки плюсневых костей.

Особенно это выражено при тех деформациях, которые сопровождаются выраженной пронацией пяточной кости.

При значительной эластичности связок стоп возникает уплощение продольного свода стоп и выраженная пронация пяточной кости, затем происходит деформация переднего отдела, что является компенсаторным механизмом, который призван снизить асимметрию нагрузки на передний отдел стопы. При уменьшении нагрузки на передний отдел одновременно увеличивается нагрузка на средний отдел.



Рисунок 25 – фото стопы пациента, со сложной статической деформацией переднего отдела стопы во время обследования пациента, выполнение плантоскопии

Отпечаток стоп при плантоскопии позволяет увидеть в отражении всю совокупность рельефа подошвенной области в горизонтальной плоскости, сопоставив данные с визуальной деформацией переднего отдела.

### **Рентгеновская диагностика деформации стоп**

Стандартным и обязательным методом диагностики деформации стоп является рентгенологический метод исследования.

Данный метод позволяет выполнить комплексную оценку состояния костной структуры переднего отдела стоп.

При помощи стандартных рентгенограмм, выполненных в двух проекциях (Рисунок 26, 27), оценивали степень деформации первого пальца, определяли общую распластанность переднего отдела стоп, наличие либо отсутствие вывихов пальцев, оценивали суставные взаимоотношения, а также дегенеративные изменения в плюснефаланговых суставах [10].

По рентгенограммам оценивали следующие угловые показатели (Рисунок 26):

- НВА (hallux valgus angle) или угол MI-PI: норма – менее 16 градусов (а);
- MI/MII первый межплюсневый угол (б): норма 0-14 градусов;
- DMAA или PASA угол наклона суставной поверхности головки первой плюсневой кости(г): норма – менее 8 градусов;
- правильность параболы Леливьера.

Рентгеновское исследование проводили в 2 проекциях (Рисунок 26 и 27) под нагрузкой в положении пациента стоя, что позволяло выполнить максимальное прижатие стоп к поверхности опоры, трубка излучателя располагалась сверху перпендикулярно стопам на расстоянии метра от исследуемых стоп, контролировали, чтобы пациент распределял нагрузку на обе стопы равномерно.

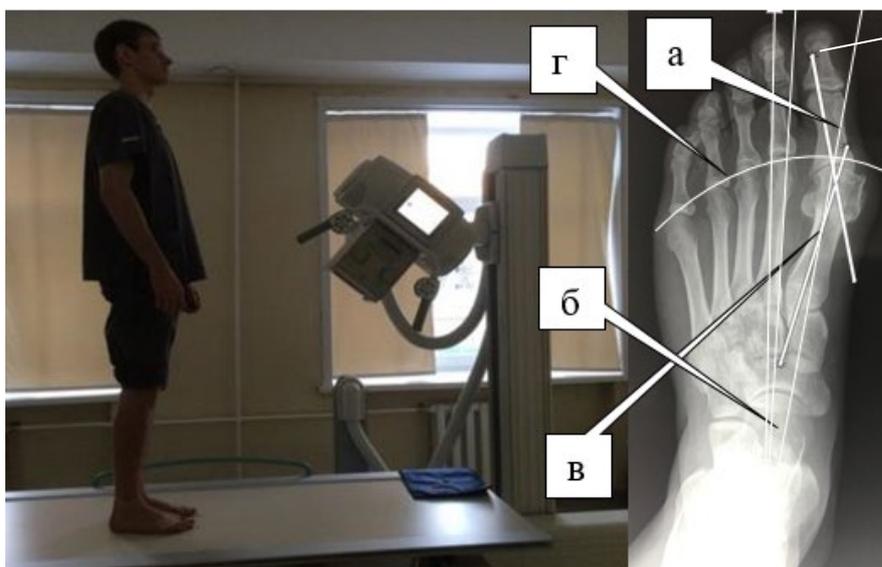


Рисунок 26 – рентгенограммы правой и левой стопы в прямой проекции под нагрузкой с последующей оценкой рентгенограммы: (а) – угол MI PI, (б) – угол MI/MII, (в) – DMAA или PASA угол, (г) – парабола Леливьера

При выполнении боковой проекции трубка излучателя находилась сбоку с расстоянием 100-110 см.



Рисунок 27 – демонстрация выполнения рентгенографии стопы под нагрузкой в боковой проекции

Рентгеновский метод является основным в планировании хирургического вмешательства на переднем отделе стопы.

УЗИ исследование подошвенной области производили по, разработанной нами методике, представленной в **Главе 3. Результаты исследования**, использовали аппарат Philips EPIQ 7 Ultrasound System с широкополосным линейным датчиком L12-3 после предварительного нанесения геля для УЗИ исследования (медигель средней вязкости) с установкой датчика в области подошвенной зоны исследуемого сустава.

### 2.3 Этапы исследования

Исследование было разделено на 4 этапа.

На первом этапе разработана технология УЗ исследования, позволяющей объективно оценить степень повреждения «плантарной» пластинки плюснефаланговых суставов «малых» пальцев стопы.

На втором этапе разработана технология хирургического лечения дегенеративных разрывов «плантарной» пластинки, приводящих к формированию комплекса молоткообразного пальца,

На третьем этапе интегрированы результаты, полученные на первых двух этапах исследования, следствием чего появилась возможность усовершенствовать технологию лечения пациентов с многоплоскостной статической деформацией стопы, сопровождающейся развитием неригидной молокообразной деформации «малых» пальцев.

На четвёртом этапе произведён сравнительный анализ результатов традиционного и разработанного методов хирургического лечения молокообразной деформации «малых» пальцев стоп.

### Дизайн исследования

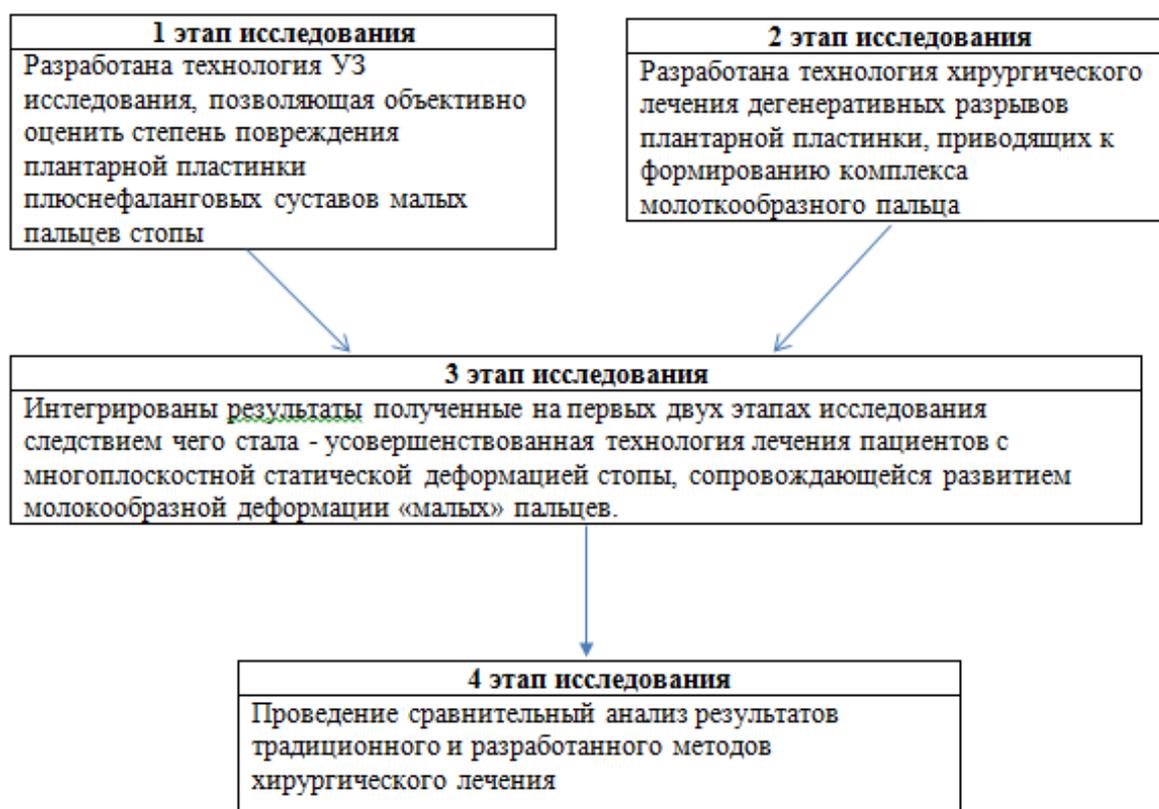


Рисунок 28 – схема исследования (дизайн)

### Методы статистической обработки результатов исследования

Статистическую обработку и анализ клинических результатов проводили с помощью методов описательной статистики. Проверку исследуемых совокупностей на нормальность распределения значений проводили при помощи Z-критерия Колмогорова-Смирнова

(непараметрический критерий согласия) и критерия равенства дисперсий Ливиня [11].

В случаях, когда распределение числовых значений соответствовали нормальному закону распределения применяли параметрические методы исследования (t-критерий Стьюдента), а в случаях несоответствия числовых значений нормальному закону распределения для доказательства сопоставимости значений применяли методы непараметрической статистики U-критерий Манна-Уитни для выявления различий показателей в двух несвязных выборках и H-критерий Краскела-Уоллиса, предназначенный для выявления различий показателей в трёх и более несвязных выборках, данные которых имели количественный характер. Для оценки результатов исследования, имевших качественный характер, использовали критерий  $\chi^2$  с поправкой Йейтса и точный критерий Фишера [11].

Значимыми признавали результаты, при которых уровень статистической значимости «р» был меньше или равен 0,05. При проведении статистического анализа материала использовали персональный компьютер с набором необходимого программного обеспечения (табличный процессор Microsoft Excel 2010 и программа для статистической обработки данных SPSS-22.0 для Windows).

### ГЛАВА 3

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ «ПЛАНТАРНОЙ» ПЛАСТИНКИ

### 3.1 Новый способ определения типа дегенеративного разрыва «плантарной» пластинки плюснефалангового сустава вследствие перегрузочной метатарзалгии на основании ультразвукового исследования

При проведении УЗИ, нами было отмечено, что структурная целостность тканей «плантарной» пластинки, направление волокон, отёк окружающих тканей, изменения оболочек сухожилия длинного сгибателя пальцев, дислокация фаланги пальца, отличаются при различных типах дислокации в плюснефаланговом суставе по классификации Hamilton WG – Thompson FM.

Результаты (картина) УЗИ, представленные на рисунке 29, соответствующие степени G (Graduate) 0 типа по классификации Hamilton-Thompson, были следующими:

- отсутствие истончения слоя волокон в структуре «плантарной» пластинки (а), наличие умеренных отечно-инфильтративных изменений подошвенной пластинки (б), отсутствие отечно-инфильтративных изменений оболочек сухожилия длинного сгибателя пальца (в) и дислокации основной фаланги пальца (г).

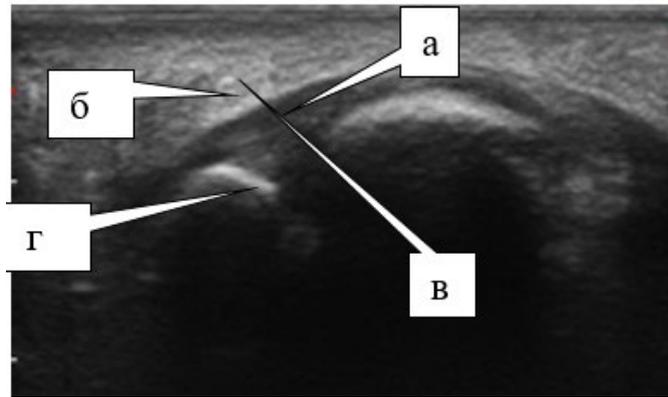


Рисунок 29 – картина УЗИ справа соответствует G0: отсутствие истончения слоя волокон в структуре «плантарной» пластинки (а), наличие умеренных отеочно-инфильтративных изменений подошвенной пластинки (б), отсутствие отеочно-инфильтративных изменений оболочек сухожилия длинного сгибателя пальца (в), отсутствие дислокации и/или подвывиха основной фаланги пальца (г)

Результаты (картина) УЗИ, представленные на рисунке 30, соответствующие степени G1 по классификации Hamilton-Thompson; были следующими:

- истончение слоя волокон в структуре «плантарной» пластинки, прилежащих к головке плюсневой кости и нарушение их параллельного расположения (а), отеочно-инфильтративные изменения подошвенной пластинки (б) и умеренные отеочно-инфильтративные изменения оболочек длинного сгибателя (в), отсутствие дислокации и/ил подвывиха основной фаланги пальца.

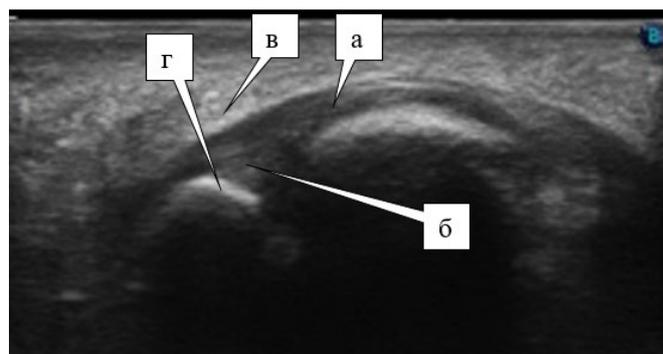


Рисунок 30 – картина УЗИ справа соответствует G1: истончение слоя волокон в структуре «плантарной» пластинки, прилежащих к головке плюсневой кости и нарушение их параллельного расположения (а), отеочно-инфильтративные изменения подошвенной пластинки (б), умеренные отеочно-инфильтративные изменения оболочек длинного сгибателя (в), отсутствие дислокации и/или подвывиха основной фаланги пальца (г)

Результаты (картина) УЗИ, представленные на рисунке 31, соответствующие степени G (Graduate) 2 типа по классификации Hamilton-Thompson; были следующими:

- повреждение прилежащих к головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки менее 50% (а), выраженные отечно-инфильтративные изменения «плантарной» пластинки (б) и отечно-инфильтративных изменений оболочек длинного сгибателя 2 пальца (в), дислокация основной фаланги пальца на 30%, соответствующей клинически подвывиху в плюснефаланговом суставе (г).

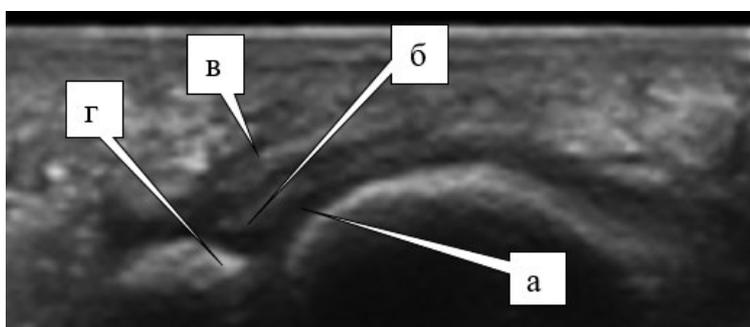


Рисунок 31 – картина УЗИ соответствует G2 по тесту Hamilton-Thompson: повреждение прилежащих к головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки менее 50% (а), выраженные отечно-инфильтративные изменения «плантарной» пластинки (б), отечно-инфильтративных изменений оболочек длинного сгибателя 2 пальца (в), дислокация основной фаланги пальца на 30%, соответствующей клинически подвывиху в плюснефаланговом суставе (г)

Результаты УЗИ, представленные на рисунке 32, соответствующие степени G3 типа по классификации Hamilton-Thompson были следующими:

- повреждение более чем 50% прилежащих к головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки (а), выраженные отечно-инфильтративные изменения подошвенной пластинки (б) и оболочек длинного сгибателя 2 пальца (в), переразгибание в плюснефаланговом суставе – дислокация основной фаланги на 50% и более при условии возможности полного вправления вывиха в плюснефаланговом суставе (г).

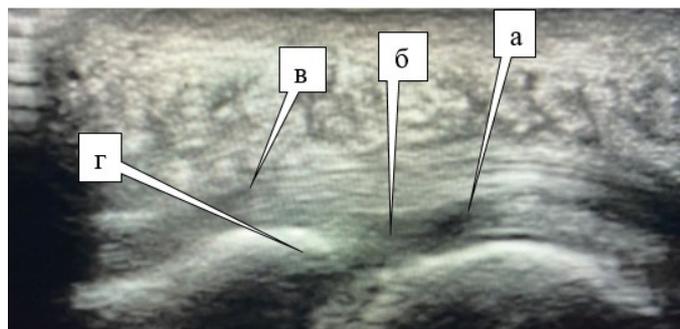


Рисунок 32 – картина УЗИ слева соответствует G3: повреждение более чем 50% прилежащих головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки (а), выраженные отёчно-инфильтративные изменения подошвенной пластинки (б) и оболочек длинного сгибателя 2 пальца (в), переразгибание в плюснефаланговом суставе – дислокация основной фаланги на 50% и более (г)

- при выявлении: полного повреждения (100%) прилежащих головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки, отёчно-инфильтративных изменений подошвенной пластинки (а), отёчно-инфильтративных изменений оболочек длинного сгибателя 2 пальца (б), вывих в плюснефаланговом суставе с дислокацией основания пальца (в), определяют наличие полного неврального вывиха в плюснефаланговом суставе, соответствующего типу повреждения как G (Graduate) 4 типа по классификации Hamilton-Thompson представлены на рисунке 33.

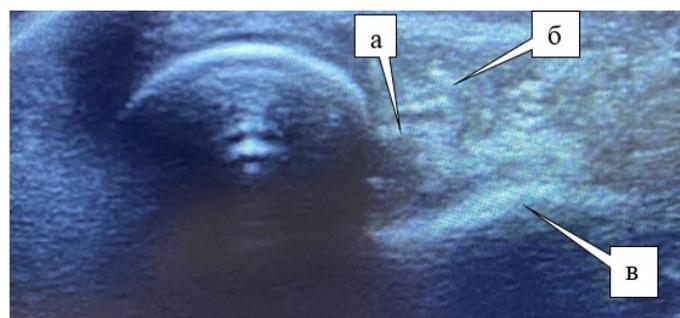


Рисунок 33 – картина УЗИ слева соответствует G4: полное повреждения (100%) прилежащих головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки, (а), отёчно-инфильтративных изменений оболочек длинного сгибателя 2 пальца (б), вывих в плюснефаланговом суставе с дислокацией основания пальца (в)

Сопоставление картины УЗИ, позволяющего точно определить тип дегенеративного разрыва «плантарной» пластинки плюснефалангового сустава вследствие перегрузочной метатарзалгии и результатов клинического

исследования степени G (Graduate) 0 типа по классификации Hamilton-Thompson, позволили объективизировать показания к хирургическому лечению, на предложенный метод УЗИ исследования был получен Патент РФ № 2699383.

### **3.2 Усовершенствованная технология лечения пациентов с многоплоскостной статической деформацией стопы, сопровождающейся развитием молокообразной деформации «малых» пальцев стопы**

Задачу, которую мы ставили перед собой заключалась в том, чтобы разработать надёжную технологию восстановления главного стабилизатора плюснефалангового сустава, обеспечивающую раннюю мобилизацию движений в суставе, контролируруемую плантофлексию пальца, отсутствие необходимости трансартикулярной фиксации.

Разработанный нами способ (Патент на изобретение № 2673382. «Способ хирургического восстановления «плантарной» пластинки малого плюснефалангового сустава прямым подошвенным доступом при травматических разрывах её вследствие перегрузочной метатарзалгии»), предполагает восстановление главного стабилизатора малого плюснефалангового сустава – «плантарной» пластинки прямым подошвенным доступом, и укрепления зоны шва с помощью перекрытия данной зоны оболочкой сухожилия глубокого сгибателя пальца.

В первую очередь выполняли остеотомию плюсневой кости по Weil, что позволяет устранить причину разрыва «плантарной» пластинки, исключить компрессию зоны расположения «плантарной» пластинки костным блоком головки малой плюсневой кости.

Затем поэтапно производили восстановление «плантарной» пластинки (Рисунок 34), как представлено на схеме и на фото этапов операции.

1) Производили разрез кожи в подошвенной зоне малого плюснефалангового сустава (Рисунок 34, изображение 1), путём диссекции мягких тканей выделяют субкапитальную область, обнажают сухожильное влагалище длинного сгибателя пальца (Рисунок 34, изображение 2).

2) Рассекали сухожильное влагалище длинного сгибателя пальца продольно с оставлением равных промежутков по обеим сторонам от линии рассечения (Рисунок 34, изображение 3).

3) Брали сухожилие глубокого сгибателя на держалки и отводили его медиально, тем самым обнажая зону разрыва основного стабилизатора плюснефалангового сустава – «плантарной» пластинки, осуществляли подготовку к восстановлению «плантарной» пластинки посредством иссечения рубцовых тканей в зоне дефекта «плантарной» пластинки при оптимальной плантофлексии пальца.

Подошвенный доступ позволял визуально идентифицировать необходимую зону иссечения (Рисунок 34, изображение 4).

4) Далее сшивали «плантарную» пластинку узловыми швами «конец в конец» (Рисунок 34, изображение 5) в положении подошвенного сгибания пальца, и укрывали линию шва продольно рассечённой оболочкой сухожилия длинного сгибателя пальца, которую подшивали к «плантарной» пластинке также узловыми швами, расположенными перпендикулярно по отношению к швам пластинки (Рисунок 34, изображение 6), после чего производили ушивание раны.

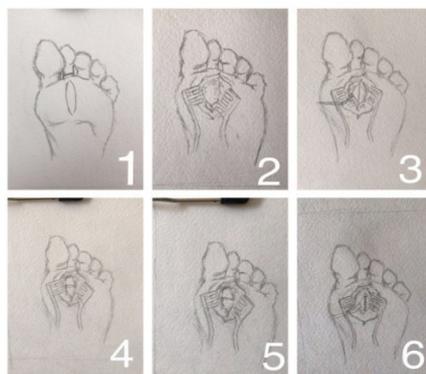
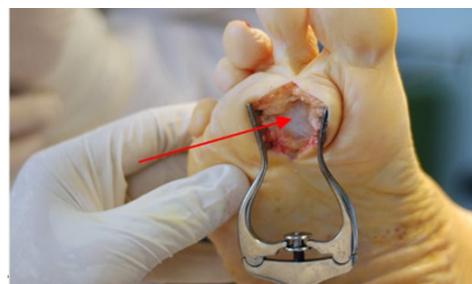


Рисунок 34 – Схема выполнения этапов хирургического вмешательства направленных на восстановление «плантарной» пластинки

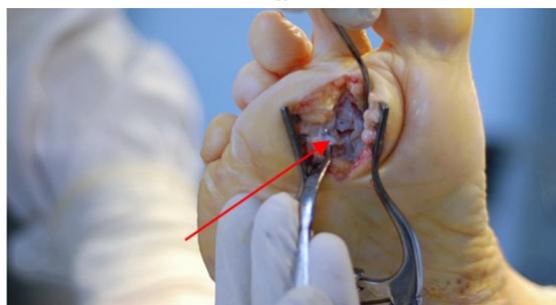
Этапы хирургического вмешательства, направленного на восстановление «плантарной» пластинки представлены на рисунке 35а – 35д.



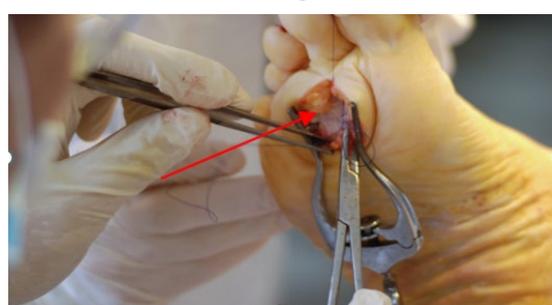
а



б



в



г



д

Рисунок 35 – этапы хирургического вмешательства, направленного на восстановление «плантарной» пластинки

- а) разрез кожи в подошвенной области, с целью обеспечения доступа к «плантарной» пластинки
- б) обнажение зоны оболочек длинного сгибателя пальца, разметка зоны вскрытия оболочек длинного сгибателя пальца;
- в) вид разорванной «плантарной» пластинки после иссечения рубцовой ткани;
- г) восстановление «плантарной» пластинки предложенным методом;
- д) укрепляющая «плантарную» пластинку, подшитая к ней оболочка сухожилия длинного сгибателя пальца

На вторые сутки после операции разрешали ходьбу с дозированной нагрузкой в туфлях Барука с ригидной подошвой, пассивная разработка

второго плюснефалангового сустава начиналась со 2 суток после операции, через 7 суток, после купирования болевого синдрома пациентам разрешали активные движения оперированными пальцами.

В течение 3 недель разрешали ходьбу на ограниченные расстояния, швы снимали через 3 недели после операции.

Таким образом, разработанный нами способ восстановления «плантарной» пластинки позволяет избежать трансартикулярной фиксации плюснефалангового сустава спицами Киршнера, достаточно прост, не нуждается в специальном оборудовании и оснащении операционной.

## ГЛАВА 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ  
И ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ «ПЛАНТАРНОЙ» ПЛАСТИНКИ4.1 Результаты применения нового способа определения типа  
дегенеративного разрыва плантарной пластинки плюснефалангового  
сустава вследствие перегрузочной метатарзалгии на основании  
ультразвукового исследования

При сравнении результатов исследования 88 пациентов группы 1, полученных при УЗИ и клиническом осмотре получены следующие результаты, представленные в таблице 7.

**Таблица 7 – результаты сравнительного анализа степени повреждения «плантарной» пластинки по данным УЗИ и клиническим признакам классификации Hamilton-Thompson**

Типы повреждения плантарной пластинки G-graduate Hamilton- Thompson	Количество больных абс. число/% (n=88/100,0%) по критериям определения типа разрыва «плантарной» пластинки				
	Клинический тест степени разрыва «плантарной» пластинки	Ложные результаты при оценке степени разрыва «плантарной» пластинки при клиническом тесте		Степень повреждения «плантарной» пластинки по данным УЗИ	Критерий достоверности
		абс.	абс.		
G0	4	0	0	4	-
G1	17	G2 - 6	35,3	13	$\chi^2=5,3$ , p=0,021
G2	27	G1 - 2 G3 - 7	33,3	29	$\chi^2=10,3$ , p=0,002
G3	35	G2 - 5	14,2	37	$\chi^2=5,6$ , p=0,018
G4	5	0	0	5	-
Итого	88	20	22,7	88	-

Результаты анализа, представленные в таблице 7, позволяют прийти к следующему заключению:

1. При сравнительном анализе результатов исследования пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки G0 и G4 достоверная статистическая разница между результатами клинического обследования и УЗИ (табл. 7) отсутствует, результат клинического обследования совпал с данными УЗИ в 100% наблюдений.

2. У пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки по данным клинического обследования G1 из 17 пациентов (табл. 7), после УЗИ у 6 (35,3%) был выявлен разрыв «плантарной» пластинки G2 (Рисунок 31), что явилось показанием к выполнению шва «плантарной» пластинки в плановом порядке.

3. У пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки по данным клинического обследования G2 из 27 пациентов (табл. 7), после УЗИ у 7 был выявлен разрыв «плантарной» пластинки G3 (Рисунок 32), что явилось показаниями к срочному оперативному вмешательству и позволило избежать перехода разрыва в G4.

4. В тоже время у 2 пациентов установлено, что разрыв «плантарной» пластинки, определенный клинически, как G2 по результатам УЗИ исследования был оценён, как G1, что позволило сократить объём хирургического вмешательства. В целом при клинической оценке степени разрыва «плантарной» пластинки, ошибки встретились в 29,6% наблюдений (табл. 7).

5. У пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки по данным клинического обследования G3 из 35 пациентов, после УЗИ у 5 (14,3% наблюдений) был выявлен разрыв «плантарной» пластинки G2, что явилось показаниями к оперативному вмешательству в плановом порядке.

Таким образом, в результате проведённого анализа установлено (табл. 7), что диагностические ошибки при использовании только клинических методов оценки степени разрыва «плантарной» пластинки наблюдаются в 22,7% наблюдений, следствием чего может стать или необоснованное

расширение показаний к хирургическому лечению или отказу от их выполнения, что может привести к ухудшению результатов лечения.

Клиническое исследование, определяющее степень повреждения как G1, 2, 3, 4 по классификации Hamilton-Thompson является субъективным и может являться причиной для диагностических и тактических ошибок при лечении таких пациентов.

Показанием к хирургическому восстановлению «плантарной» пластинки у пациентов с неригидной деформацией «малых» плюсно-фаланговых суставах являются повреждения G2, 3 объективно, подтверждённые данными УЗИ.

На основании полученных результатов, нам удалось усовершенствовать технологию лечения пациентов с многоплоскостной статической деформацией стопы, сопровождающейся развитием неригидной молокообразной деформации «малых» пальцев стопы:

Обязательным элементом предоперационного обследования помимо клинического осмотра, рентгенографии стоп под нагрузкой в 2-х проекциях, является УЗИ «плантарных» пластинок по разработанной нами методике.

После того как сформулирован точный клинический диагноз осуществляют планирование хирургического вмешательства, которое состоит из нескольких этапов:

- на первом этапе – устранение с помощью корригирующих остеотомий, вальгусной деформации 1 пальца стопы (*hallux valgus*) и варусного отклонения I плюсневой кости (*metatarsus primus varus*), различными общеизвестными, традиционными способами: SCARF, Chevron, MICA, Slide down osteotomy, дающими наименьшее количество рецидивов и осложнений;

- на втором этапе – восстановление параболы Леливьера традиционными общеизвестными способами с помощью разгрузочных корригирующих остеотомий II, III, реже IV плюсневых костей, целью этих остеотомий является достижение соотношений между головками плюсневых костей, соответствующих «римской стопе».

- на третьем этапе – в зависимости от степени повреждения – объективно подтверждённой с помощью УЗИ разработанным способом, восстанавливают, при наличии показаний, «плантарную» пластинку:

- G1 – нет показаний к восстановлению «плантарной» пластинки;
- G2 – восстановление «плантарной» пластинки, разработанным нами способом в плановом порядке;
- G3 – срочное восстановление «плантарной» пластинки, разработанными нами способом, с целью профилактики её полного разрыва;
- G4 – нет показаний к восстановлению «плантарной» пластинки.

#### **4.2 Сравнительный анализ результатов традиционного и разработанного методов хирургического лечения**

После доказательства статистической сопоставимости групп исследования в группе больных №2, разделённой на две подгруппы (А и В) был произведён сравнительный статистический анализ результатов лечения через 12 месяцев после его завершения (табл. 8) по следующим признакам:

- степени выраженности Hallux valgus по изменению угла между M1-M2;
- наличие или отсутствию при визуальном осмотре молоткообразной деформации 2 пальца;
- наличие или отсутствию при выполнении пальпации в области II плюснефалангового сустава симптома «плавающего» пальца;
- наличие или отсутствию контрактуры II, III плюснефалангового сустава 2, 3 ст. при клиническом осмотре;
- объективному критерию улучшения или ухудшения качества жизни пациентов по шкале AOFAS и шкале Groulier P.

**Таблица 8 – сравнительный анализ результатов проведённого хирургического лечения в подгруппах А и В**

Показатели	Период	Группы пациентов		Критерий сравнения	Уровень значимости, р
		Подгруппа А (n=51)	Подгруппа В (n=56)		
Степень выраженности Hallux valgus (угол М1-М2), градусы	До лечения	15,3±0,7	15,1±0,9	критерий Манна-Уитни U=191,0	p=0,348
	Через 12 мес. после лечения	8,1±1,1	8,3±1,2		
Наличие при осмотре видимой молоткообразной деформации 2, 3 пальца (абс. число/%)	До лечения	93 (100,0%)	95 (100,0%)	точный критерий Фишера F=1	p>0,05
	Через 12 мес. после лечения	0 (0,0%)	0 (0,0%)		
Наличие «плавающего» пальца (абс. число/%)	До лечения	0	0	точный критерий Фишера F=0,02	p<0,001
	Через 12 мес. после лечения	26 (27,9%)	0		
Контрактура 2, 3 ст. второго плюснефалангового сустава (абс. число/%)	До лечения	0	0	точный критерий Фишера F=0,01	p<0,001
	Через 12 мес. после лечения	41 (44,1%)	4 (4,2%)		
Баллы шкалы AOFAS	До лечения	20,2±0,8	20,4±0,9	критерий Манна-Уитни U=193,0	p=0,387
	Через 12 мес. после лечения	58,1±9,3	86,3±3,9		
Баллы шкалы Groulier P.	До лечения	36,6±10,4	38,6±9,9	критерий Манна-Уитни U=3,4	p<0,001
	Через 12 мес. после лечения	62,8 ±11,9	43,4±12,8		

Сравнительный анализ результатов лечения, был проведён через 12 месяцев после выполнения хирургического вмешательства, результаты, представленные в таблице 8, позволяют прийти к заключению о том, что:

- традиционная технология хирургического лечения, применённая у пациентов подгруппы А, а также усовершенствованная нами технология хирургического лечения, применённая у пациентов группы В, позволяют:

- уменьшить угол между М1-М2 на  $7,2 \pm 1,1$  градуса,
- устранить визуальные проявления молоткообразной деформации второго пальца у всех пациентов исследуемых групп.

Необходимо отметить, что таких последствий хирургического лечения как:

- «плавающий» палец среди пациентов подгруппы В не отмечено, а в подгруппе А, подобная деформация диагностирована у 26 (27,9%) оперированных стоп пациентов;

- контрактура 2, 3 ст. второго плюснефалангового сустава среди пациентов подгруппы В отмечена у 4 (4,2%) стопы пациента, а в подгруппе А диагностирована у 41 (44,1%) оперированной стопы пациентов, что на 39,9% больше;

- через 12 месяцев после проведённого хирургического лечения, оценка качества жизни по шкале AOFAS у пациентов подгруппы А составила  $58,7 \pm 3,5$  балла, а у пациентов подгруппы В –  $87,4 \pm 9,5$ , таким образом, при выполнении разработанной нами технологии хирургического лечения качество жизни пациентов подгруппы В улучшилось на  $28,7 \pm 2,4$  баллов по сравнению с пациентами подгруппы А.

Исходя из анализа результатов проведённого лечения, представленного в таблице 4 возможно прийти к заключению о том, что улучшение качества жизни пациентов по шкале AOFAS на  $28,7 \pm 2,4$  баллов при сравнении пациентов подгрупп А и В связано с отсутствием таких последствий хирургического лечения, как «плавающий» палец, и контрактура в плюснофаланговом суставе.

Отсутствие таких последствий хирургического лечения, обусловлены восстановлением функции и стабильности плюснефалангового сустава, что достигнуто восстановлением целостности «плантарной» пластинки,

способствующей восстановлению баланса связок и сухожилий плюснефалангового сустава, нормализации функции переката стопы при реализации шагового цикла.

При осмотре через 12 месяцев после хирургического лечения метатарзалгия купирована у всех больных подгруппы В, проблемы с подбором обуви также отсутствовали.

Нестабильность плюснефалангового сустава, определяемая тестом Hamilton-Thompson, и её корреляция со степенью повреждения «плантарной» пластинки может быть объективизирована методом УЗИ.

С целью подтверждения нашего заключения, мы выполнили УЗИ исследование состояния «плантарных» пластинок II плюснефалангового сустава и оценку выраженности теста Hamilton-Thompson (G 0, 1, 2, 3) у пациентов подгрупп А и В перед хирургическим лечением и через 12 месяцев после операции, результаты представлены в таблице 9.

**Таблица 9 – Сравнительный анализ результатов проведенного лечения в группах А и В**

G-Graduate	Группы пациентов				Критерий сравнения ( $\chi^2$ для произвольных таблиц)	Уровень значимости, р
	Подгруппа А		Подгруппа В			
	До лечения	Через 12 мес. после лечения	До лечения	Через 12 мес. после лечения		
G0	0	0	0	83 (87,4%)	$\chi^2=38,1$ , df3	p<0,001
G1	0	10 (10,7%)	0	11 (11,6%)		
G2	41 (43,8%)	57 (60,6%)	38 (40,0%)	0		
G3	51 (54,7%)	25 (26,9%)	57 (60,0%)	0		

Данные, представленные в таблице 9, позволяют прийти к заключению о том, что у пациентов подгруппы В, в которой реализована разработанная технология хирургического лечения, удалось полностью устранить степень нестабильности G3 – у 57 (60,0%) стоп; G2 – у 38 (40,0%) стоп, и перевести этих больных по клиническим и УЗИ проявлениям нестабильности плюснефалангового сустава в G1 – у 11 (11,6%) стоп, G0 – у 83 (87,4%) стоп пациентов.

Соответственно, у пациентов в подгруппе А, лечение которых проводили по стандартной методике, удалось уменьшить проявления нестабильности G3 – с 51 (54,7%) до 25 (26,9%) стоп и перевести 25 (2,9%) пациентов в группы G2 и G1, что увеличило группу G2 с 41 (43,8%) до 57 (60,6%) стопы, а группу G1 с 0 до 10 (10,7%) стоп, состояние стабильности плюснефалангового сустава, которое возможно было бы определить, как G0 не было достигнуто ни в одном из наблюдений (табл. 9).

Таким образом, исходя из данных представленных в таблице 9, показанием к хирургическому лечению является повреждение G2, 3 по Hamilton-Thompson объективизированные данными УЗИ, задачей хирургического лечения является достижение стабильности в плюснефаланговом суставе и восстановление «плантарной» пластинки подтверждённое УЗИ до степени G 1, что позволяет значительно улучшить результаты лечения, подтверждённые баллами шкалы AOFAS (табл. 8).

При оценке отдалённых результатов, через 12 и 24 месяца после оперативного лечения, была проведена оценка функционального состояния пациентов и сравнения субъективных параметров, таких как возможность выполнения физических нагрузок, возможность заниматься спортом, требование к повседневной обуви, а также для оценки статодинамической функции переднего отдела стопы в работе использовали шкалу Groulier P, данные представлены в таблице 10.

**Таблица 10 – сравнительный анализ результатов хирургического лечения в группах А и В по шкале Groulier P. через 12 месяцев**

Группы	Groulier P., баллы (M±STD)	Критерий достоверности, t-критерий Стьюдента*
Подгруппа А	62,8 ±11,9	p<0,005
Подгруппа В	43,4±12,8	
* - нормальное распределение числовых значение, критерий равенства дисперсий Ливиня – 0,006 (p=0,939)		

Данные, представленные в таблице 10 показывают, что пациенты, исследуемой группы имели лучшие отдалённые результаты лечения на

основании оценки по шкале Groulier P., данные по этому показателю статистически значимы.

Результаты лечения через 24 месяца представлены в таблице 11.

**Таблица 11 – сравнительный анализ результатов хирургического лечения в подгруппах А и В по шкале Groulier P. через 24 месяца**

Группы	Groulier P., баллы (M±STD)	Критерий достоверности, U-критерий Манна-Уитни*
Подгруппа А	71,2 ±9,3	p<0,005
Подгруппа В	51,4±12,8	
* - ненормальное распределение числовых значение, критерий равенства дисперсий Ливиня – 9,9 (p=0,002)		

Результаты, представленные в таблице 11 показывают, что через 24 месяца у пациентов, исследуемой группы и группы сравнения сохраняется тенденция, свидетельствующая об улучшении статодинамической функции переднего отдела стопы.

Динамика улучшения статодинамической функции переднего отдела стопы после проведённого оперативного лечения, оценённая по шкале Groulier P. представлена на рисунке 36.

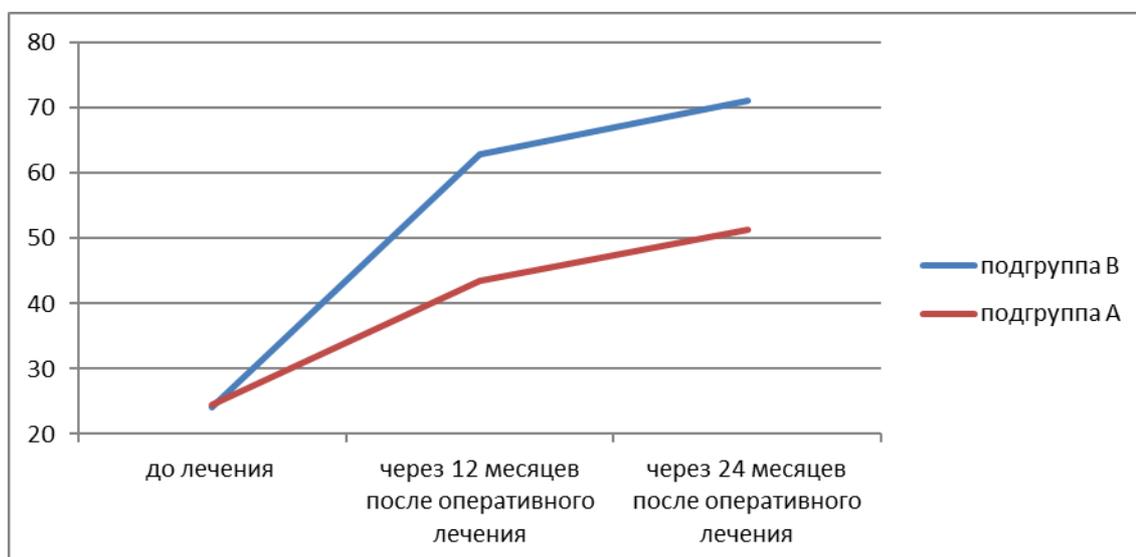


Рисунок 36 – динамика улучшения статодинамической функции переднего отдела стопы после произведённого хирургического лечения

Исходя из результатов, представленных на рисунке 36 и таблицах 10, 11, возможно прийти к заключению о том, что технология восстановления

«плантарной» пластинки «малых» пальцев стопы позволяет статистически значимо улучшить результаты лечения пациентов с этой тяжёлой, социально значимой патологией.

### **Клинические примеры результатов хирургического лечения по традиционной и усовершенствованной технологии лечения**

#### **Клинический пример №1**

Пациентка С., 53 года, клинический диагноз: сложная статическая многоплоскостная деформация правой и левой стопы: поперечное плоскостопие 3 ст. справа и слева; вальгусная деформация 1 пальцев обеих стоп 3 степени; неригидная молоткообразная деформация 2 пальца левой стопы (нестабильность G3 степени по тесту Hamilton WG-Thompson FM).

Жалобы на деформацию обеих стоп, затруднение в подборе обуви, боли в области 1-х плюснефаланговых суставов обеих стоп, выраженные боли по подошвенной поверхности 2, 3 плюснефаланговых суставов, межфаланговых суставах 2 пальца левой стопы при ношении обуви; периодически возникающие боли в области 2, 3 пальцев правой стопы.

Болеет в течение 30 лет, деформация 1 пальца начала развиваться в 23 года, заметный прогресс деформации отмечает в течение последних 3 лет после наступления менопаузы.

В течение последних 8 месяцев отмечает появление молоткообразной деформации 2 пальца левой стопы.

Использует для ходьбы ортопедическую обувь и стельки.

Эффекта от консервативного лечения нет.

**Данные объективного осмотра:** отмечается нарушение походки, хромота, обусловленная нарушениями фаз переката шагового цикла. Имеется вальгусное отклонение 1 пальцев обеих стоп, молоткообразная деформация 2 пальца левой стопы, медиализация «малых» пальцев левой стопы (Рисунок 37).

При нагрузке на стопы распластанность переднего отдела усиливается. (при измерении левой стопы без нагрузки ширина переднего отдела 10 см при

нагрузке – 12,5 см.). Под головкой II плюсневой кости локальный гиперкератоз.

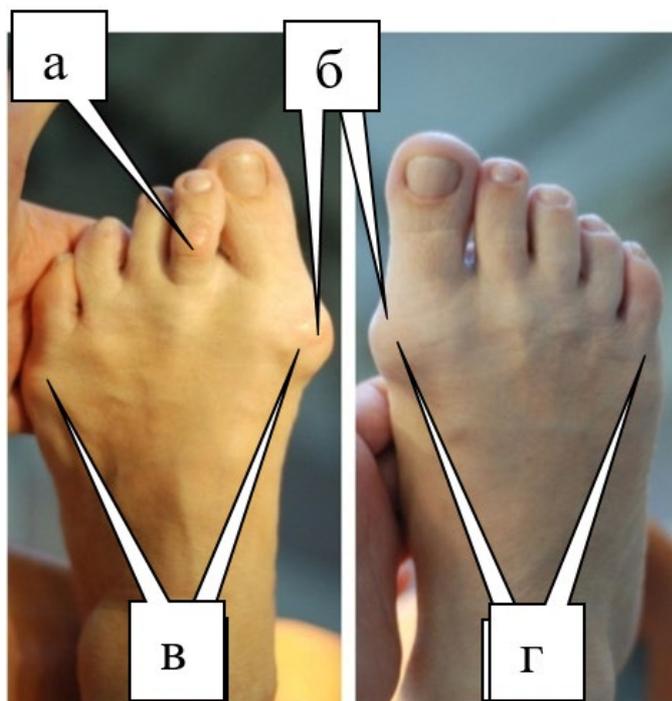


Рисунок 37 – фотографии стоп до проведения хирургического вмешательства: а – молоткообразная деформация 2 пальца справа; б – бурсит и экзостоз в области 1 плюснефалангового сустава справа и слева; в, г – клинически определяемая поперечная распластанность правой и левой стопы

При пальпации отмечается фиксированное ригидное отклонение 1 пальцев правой и левой стопы; неригидная, эластичная деформация 2 пальца левой стопы, во втором плюснефаланговом суставе отмечается полный неригидный (вправимый) вывих. Эластичность стоп – второго типа. Клинический тест Hamilton WG-Thompson FM соответствует типу G3 слева и G2 справа.

Под данным УЗИ определяется повреждение «плантарной» пластинки слева соответствующее типу G3, справа – G1 (Рисунок 38, 39).

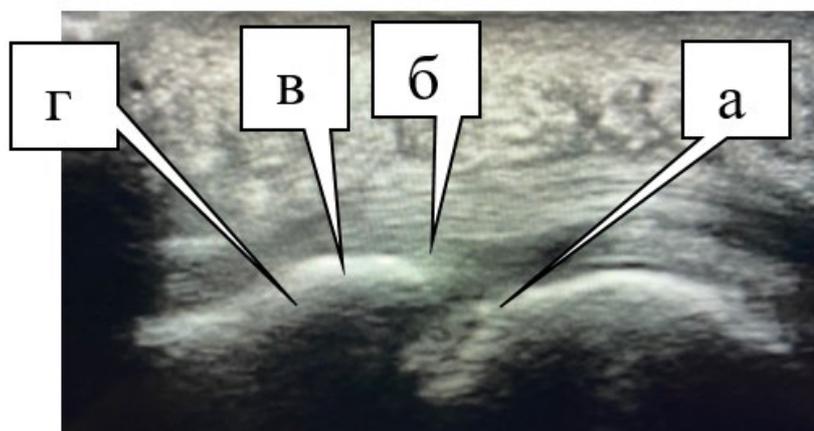


Рисунок 38 – картина УЗИ слева соответствует G3: повреждение более чем 50% прилежащих головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки (а), выраженные отечно-инфильтративные изменений подошвенной пластинки (б) и оболочек длинного сгибателя 2 пальца (в), переразгибание в плюснефаланговом суставе – дислокация основной фаланги на 50% и более (г)

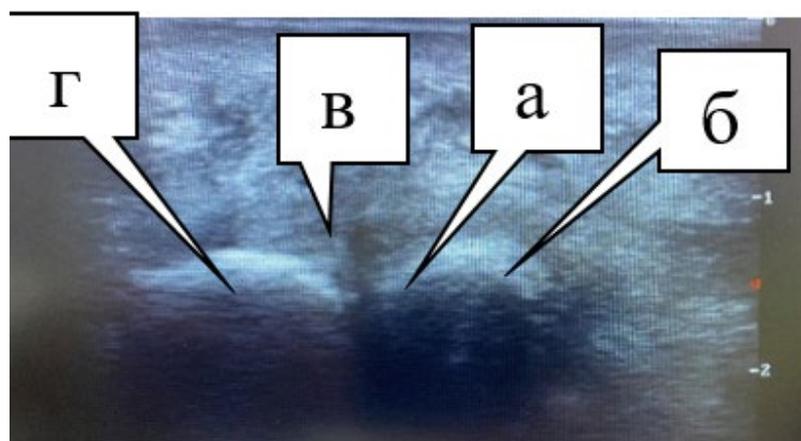


Рисунок 39 – картина УЗИ справа соответствует G1: истончение слоя волокон в структуре «плантарной» пластинки, прилежащих к головке плюсневой кости и нарушение их параллельного расположения (а), отечно-инфильтративные изменения подошвенной пластинки (б) и умеренные отечно-инфильтративные изменения оболочек длинного сгибателя (в), отсутствие дислокации и/или подвывиха основной фаланги пальца (г)

Рентгенологическая картина правой и левой стопы в прямой проекции соответствует поперечной распластанности стопы 3 ст., Hallux valgus 3 степени (Рисунок 40, 41).

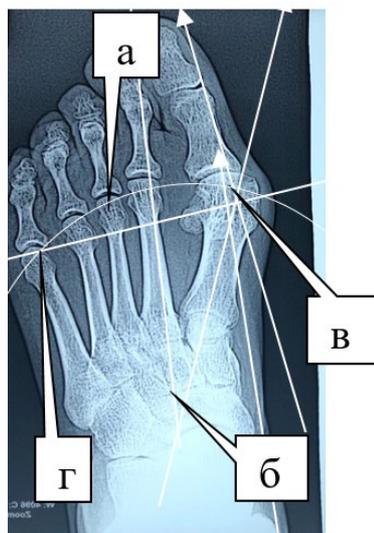


Рисунок 40 – рентгенограммы левой стопы в прямой проекции под нагрузкой до оперативного лечения: (а) – угол MI PI, (б) - угол MI/MII, (в) - DMAA или PASA угол, (г) – парабола Леливьера

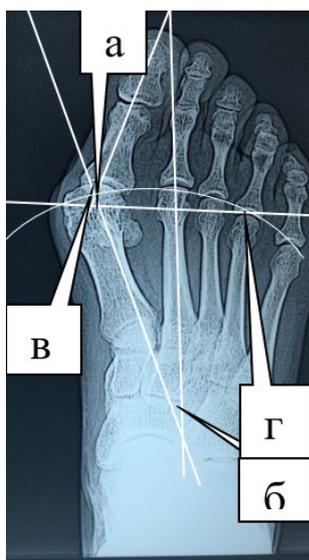


Рисунок 41 – рентгенограммы правой стопы в прямой проекции под нагрузкой до оперативного лечения. (а) – угол MI PI, (б) – угол MI/MII, (в) – DMAA или PASA угол, (г) – парабола Леливьера

Угловые измерения рентгенограмм перед хирургическим лечением: HVA (hallux valgus angle) или угол MI-PI: слева – 37 градусов, справа – 35 градусов; MI/MII- первый межплюсневый угол: слева – 36 градусов, справа – 35 градусов; DMAA или PASA: слева – 12 градусов, справа – 11 градусов (Рисунок 41, 42).

Оценка функции стопы по шкале Groulier P. – 36 баллов.

**Хирургическое лечение** оперативное вмешательство выполнено под спинномозговой анестезией и турникетом на обеих стопах.

**На правой стопе** выполнена остеотомия SCARF первой плюсневой кости, осуществлена коррекция деформации и фиксация 2 канюлированными винтами, учитывая обнаруженное повреждение «плантарной» пластинки при УЗИ правой стопы – G1 степени, несмотря на клинически выявленное повреждение G2 типа по тесту Hamilton WG-Thompson FM, решено воздержаться от шва «плантарной» пластинки и остеотомии «малых» плюсневых костей.

**На левой стопе** этапно выполнены: остеотомии SCARF плюсневой кости, остеотомия по Weil 2, 3 плюсневых костей, выполнен шов «плантарной» пластинки на уровне 2 плюснефалангового сустава, разработанным нами методом.

**1 этап операции:** осуществлена укорачивающая диафизарная остеотомия SCARF и фиксация фрагментов 2 канюлированными винтами.

**2 этап операции:** проведена остеотомия по Weil 2, 3 плюсневых костей, выполнена фиксация канюлированными винтами. После остеотомии по Weil плюсневых костей, коррекции позиции 2 пальца не достигнута, сохраняется его молоткообразная деформация (Рисунок 42).



Рисунок 42 – вид стопы на операции после выполнения остеотомий SCARF, Weil 2, 3; Второй палец по-прежнему находится в положении подвывиха (а)

**3 этап операции:** по разработанной нами методике выполнен узловой поперечный шов «плантарной» пластинки и осуществлено его укрепление элементами оболочки сухожилия сгибателя второго пальца.

После восстановления «плантарной» пластинки, тенденции к дислокации пальца нет, необходимость дополнительной трансартикулярной фиксации пальца спицей Киршнера отсутствует (Рисунок 43).



Рисунок 43 – вид стопы на операционном столе после восстановления «плантарной» пластинки

Угловые измерения рентгенограмм правой и левой стопы после хирургического лечения: HVA (hallux valgus angle) или угол MI-PI – слева 15 градусов, справа – 14 градусов; MI/MII – первый межплюсневый угол – слева 15 градусов, справа – 14 градусов; DMAA или PASA – слева 15 градусов, справа – 14 градусов (Рисунок 44).

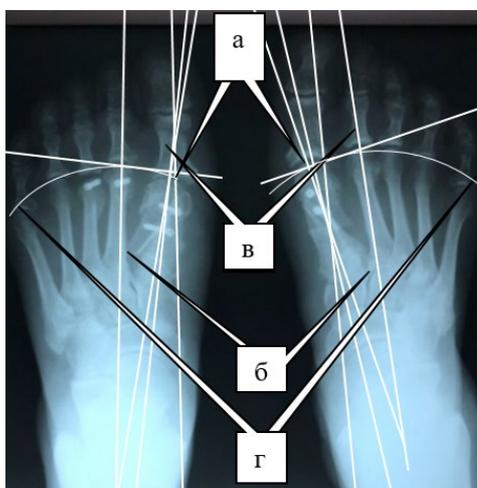


Рисунок 44 – рентгенограммы: правой и левой стопы в прямой проекции через 12 мес. после оперативного лечения. (а) – угол MI PI, (б) – угол MI/MII, (в) – DMAA или PASA угол, (г) – восстановлена парабола Леливьера

Картина УЗИ, произведённого через 12 месяцев после операции:

- изменения «плантарных» пластинок вторых плюснефаланговых суставов правой и левой стопы после пластижки представлены на рисунках 45, 46 соответствуют типу G1, описанному в разделе 3.1. на рисунке 30.



Рисунок 45 – УЗИ через 12 мес. после операции, изменения «плантарной» пластижки соответствуют степени G1



Рисунок 46 – УЗИ через 12 мес. после операции, изменения «плантарной» пластижки соответствуют степени G1

Через 12 месяцев после хирургического лечения (Рисунок 47) во время контрольного осмотра больная жалоб не предъявляет, болевой синдром отсутствует, пользуется обычной обувью. Оценка по шкале Groulier P. – 65 баллов.



Рисунок 47 – вид правой и левой стопы в прямой проекции через 12 мес. после оперативного лечения

Клинический пример №1 демонстрирует результат успешного хирургического лечения многоплоскостной статической деформации левой стопы с разрывом «плантарной» пластинки G3 и образованием неригидного молоткообразного 2 пальца. по предложенной нами технологии, а также результат обоснованного отказа от восстановления «плантарной» пластинки 2 плюснефалангового сустава правой стопы, обусловленного тем что, несмотря на нестабильность G2 степени по тесту Hamilton WG-Thompson FM, при УЗИ обнаружено повреждение «плантарной» пластинки G1 степени, что позволило отказаться от шва «плантарной» пластинки, уменьшить объем операции и добиться хорошего результата лечения.

### **Клинический пример №2.**

Пациентка Х., 62 года. Диагноз: сложная статическая деформация левой стопы, вальгусная деформация 1 пальца левой стопы 3 степени, центральная метатарзалгия, неригидный вывих второго пальца в плюснефаланговом суставе G3 типа, (неригидная молоткообразная деформация).

Обратилась в клинику 30.05.2018 г. с жалобами на боли в области переднего отдела левой стопы во время ходьбы, боли в области головок II, III плюсневых костей, боли во 2 пальце при ходьбе в жёсткой обуви, считает себя больной с 25-летнего возраста, когда появилась вальгусная деформация 1 пальцев обеих стоп, лечением которой пациентка не занималась в связи с отсутствием болевого синдрома.

Спустя 3 года после наступления менопаузы отмечает появление болевого синдрома в области головок I плюсневых костей, а также в зоне подголовчатого пространства II, III плюсневых костей, использовала ортопедическую обувь, индивидуальные ортезы.

В течение последнего полугодия эффект от лечения значительно снизился, болевой синдром сохраняется при ношении индивидуальных ортезов, появился дискомфорт, связанный с компрессией 2 пальца обувью.

При осмотре левой стопы (Рисунок 48) походка гипофлекторная за счёт нарушения фазы переката шагового цикла, хромота, имеется вальгусное отклонение первого пальца, латерализация «малых» пальцев, болезненные гиперкератозы на подошвенной поверхности в проекции головок II, III плюсневых костей, пальпаторно определяется эластичная неригидная деформация 2 пальца левой стопы, соответствующий типу G3 теста Hamilton WG-Thompson FM. Повреждение «плантарной» пластинки по данным УЗИ – G3 степени. Качество жизни по шкале Groulier P. составило 38 баллов.

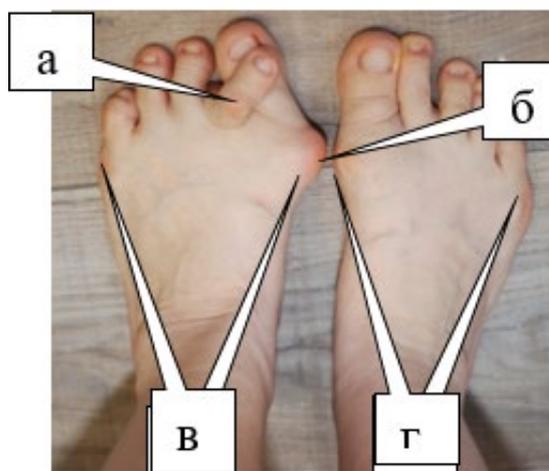


Рисунок 48 – вид стоп до проведения хирургического вмешательства: (а) – молоткообразная деформация 2 пальца справа; (б) – бурсит и экзостоз в области 1 плюсно-фалангового сустава справа и слева; (в), (г) – клинически определяемая поперечная распластанность правой и левой стопы

Угловые измерения рентгенограмм левой стопы перед хирургическим лечением: HVA (hallux valgus angle) или угол MI-PI – 56 градусов; MI/MIП-первый межплюсневый угол - 36 градусов; DMAA или PASA – 12 градусов, (Рисунок 49).

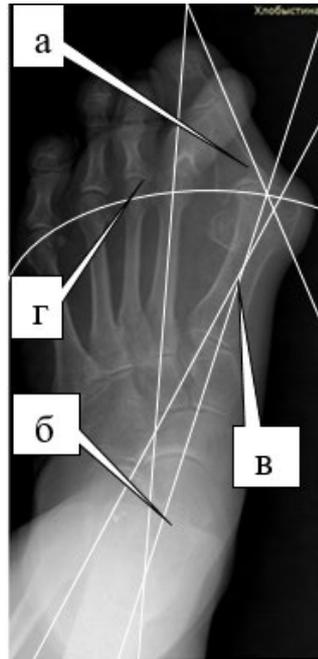


Рисунок 49 – рентгенограммы левой и правой стопы в прямой проекции под нагрузкой, до оперативного лечения. слева:(а) – угол MI PI, (б) – угол MI/MII, (в) – DMAA или PASA угол, (г) – парабола Леливьера

Картина УЗИ «плантарных» пластинок перед хирургическим лечением представлена на рисунке 50.

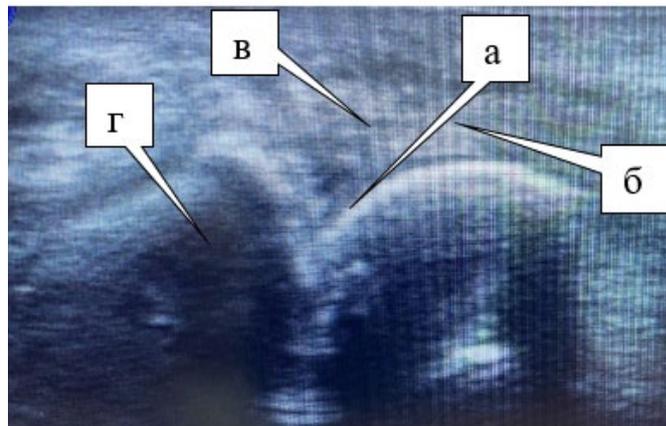


Рисунок 50 – картина УЗИ слева перед операцией соответствует G3: повреждение более чем 50% прилежащих головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки (а), выраженные отечно-инфильтративные изменения подошвенной пластинки (б) и оболочек длинного сгибателя 2 пальца (в), переразгибание в плюснефаланговом суставе – дислокация основной фаланги на 50% и более (г)

Плантоскопия подтвердила наличие зоны перегрузки в проекции головок 2, 3 головок плюсневых костей (Рисунок 51).



Рисунок 51 – плантоскопия, определяется зона перегрузок в проекции головок 2, 3 плюсневых костей (а).

### **Хирургическое лечение.**

Оперативное вмешательство выполнено под спинномозговой анестезией и турникетом, выполнена остеотомия SCARF, дистальный отломок I плюсневой кости латерализован, проведена фиксация канюлированными винтами.

Хирургическим доступом длиной 2 см в области 2 межпальцевого промежутка по тылу стопы, осуществлен доступ к головкам II и III плюсневых костей. Затем проведена остеотомия головок II, III плюсневых костей по Weil. Молоткообразная деформация 2 пальца устранена посредством традиционной (классической) методики Hohmann.

На контрольной рентгенограмме (Рисунок 52) видна достигнутая коррекция, фиксация стабильная.

Угловые измерения рентгенограмм левой стопы перед хирургическим лечением: HVA (hallux valgus angle) или угол MI-PI – 10 градусов; MI/МII-первый межплюсневый угол – 8 градусов; DMAA или PASA – 3 градусов, (Рисунок 52).

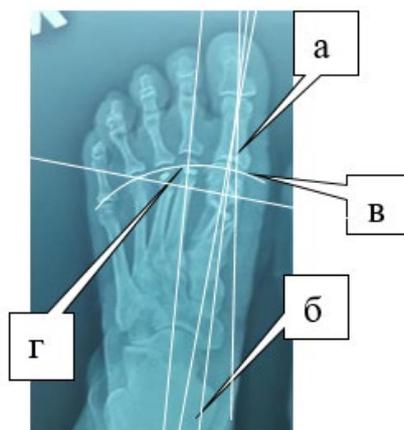


Рисунок 52 – Рентгенограммы правой и левой стопы в прямой проекции через 12 мес. после оперативного лечения. (а) – угол MI PI, (б) – угол MI/MIП, (в) – DMAA или PASA угол, (г) – восстановлена парабола Леливьера

Физиолечение начато через 2 суток после операции. Пациентка активизирована в специальной обуви со вторых суток.

Режим ходьбы – с постепенным увеличением дальности и интенсивности нагрузки до 3 недель после операции. Разработка 1 пальцев стопы начата со 2 суток после операции. Течение послеоперационного периода гладкое. Швы сняты на 12-е сутки после операции. Использовалась послеоперационная компрессия сетчатыми повязками. Спицы удалены через 5 недель. После удаления спиц 9 (через 5 недель после операции) начата разработка малых пальцев стоп.

Несмотря на отсутствие осложнений в послеоперационном периоде у данной пациентки возник синдром floating toe «плавающий палец». Во время реабилитации пациентка ходила с полной нагрузкой на оперированные стопы в разгрузочных туфлях на ригидной подошве. Нагрузка в данной обуви разрешалась на 2 сутки после операции.

Качество жизни через 12 месяцев после хирургического лечения по шкале Groulier P. составило 49 баллов.

Клинический пример №2 (Рисунок 52, 53, 54) демонстрирует результат хирургического лечения многоплоскостной статической деформации левой стопы с разрывом плантарной пластинки G3 и образованием неригидного

молоткообразного 2 пальца по традиционной технологии, осложнившегося развитием синдрома floating toe «плавающий палец».



Рисунок 53 – левая стопа в прямой проекции через 12 месяцев после операции, отмечается синдром Floating toe «плавающего пальца» (а)

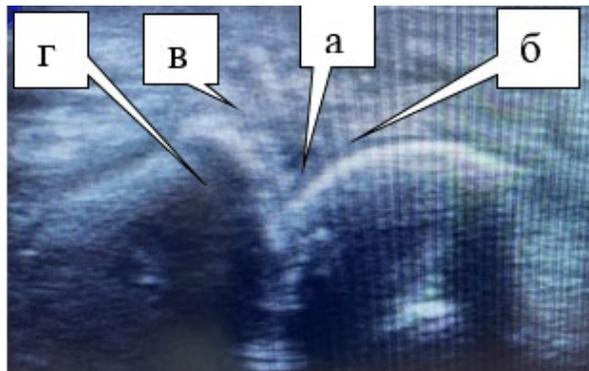


Рисунок 54 – картина УЗИ слева после операции не изменилась соответствует G3: повреждение более чем 50% прилежащих головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки (а), выраженные отечно-инфильтративные изменений подошвенной пластинки (б) и оболочек длинного сгибателя 2 пальца (в), переразгибание в плюснефаланговом суставе – дислокация основной фаланги на 50% и более (г)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным современных исследователей в структуре всех ортопедических заболеваний стопы, сложные многоплоскостные статические деформации переднего отдела встречаются во всех возрастных группах населения и составляют от 72% до 80% [1, 53, 56, 92].

Данное заболевание значительно снижает качество жизни этих пациентов, в связи с развитием болевого синдрома (метатарзалгии), образования подошвенных гиперкератозов, трудностей в подборе обуви, эстетических проблем [2, 3, 49, 52, 77, 112].

При формирующейся многоплоскостной статической деформации передних отделов стопы: последовательно развивается вальгусная деформация 1 пальца (*hallux valgus, metatarsus primus varus*), поперечная распластанность стопы, результатом которой является перегрузка плюснефаланговых суставов, приводящая к дегенеративному истончению, а затем разрыву «плантарных» пластинок плюснефаланговых суставов «малых пальцев» (II, III, реже IV), приводящая к формированию комплекса молоткообразного пальца (подвывиху и/или вывиху пальца, дислокации сухожилий сгибателей, изменению оси тяги червеобразных мышц стопы, гиперэкстензии пальца) [4, 5].

Постепенно нарушается функция ходьбы в связи с тем, что становится невозможным нормальное положение и функция пальцев при ходьбе, стабильная фиксация плюснефаланговых суставов во время осуществления «шагового цикла» обусловленная дисбалансом мышц стопы и повреждением статических суставных ограничителей или стабилизаторов сустава («плантарной» пластинки, коллатеральных связок, сухожилий) [15, 86, 119].

Целью хирургического лечения является устранение метатарзалгии, посредством восстановления биомеханики переднего отдела стопы,

посредством реконструкции оптимальной параболы Леливьера [25, 31, 120] и устранение молоткообразной деформации «малых» пальцев стопы [7, 75, 95].

Параболу Леливьера восстанавливают с помощью корригирующих остеотомий, направленных на устранение вальгусной деформации I пальца стопы (*hallux valgus*) и варусного отклонения I плюсневой кости (*metatarsus primus varus*), разгрузочных корригирующих остеотомий II, III, реже IV плюсневых костей, целью этих остеотомий является достижение соотношений между головками плюсневых костей, соответствующих «римской стопе» [6, 75, 87, 97].

Во второй половине XX и начале XXI века стандартом хирургического лечения для коррекции вальгусной деформации первого пальца стопы стали остеотомии способами: SCARF, Chevron, MICA, Slide down osteotomy, дающими наименьшее количество рецидивов и осложнений [9, 26, 27, 61, 131].

Они позволяют устранить варусное отклонение I плюсневой кости и уменьшить угол между I и II плюсневыми костями, тем самым частично решить проблему.

В то же время, результаты лечения молоткообразной неригидной деформации «малых» пальцев стоп, несмотря на множество хирургических способов коррекции (корригирующих остеотомий плюсневых костей и фаланг пальцев, мягкотканых и комбинированных вмешательств), описанных в специальной медицинской литературе [13, 15, 25, 80, 86, 93] нельзя признать удовлетворительными, различные исследователи отмечают рецидив молоткообразной деформации пальцев, развитие синдрома «плавающего пальца» и прогрессированию метатарзалгии в 61-76% наблюдений [25, 104, 107, 113, 116].

По мнению некоторых авторов [13, 25, 80, 86, 93], причиной неудовлетворительных исходов лечения является то, что современные известные технологии хирургического лечения молоткообразной деформации пальцев, или:

- не предусматривают восстановление «плантарных» пластинок (основных стабилизаторов плюснефалангового сустава) при молоткообразной неригидной деформации пальцев,

- а если предполагают восстановление «плантарных» пластинок, то разработанные хирургические вмешательства достаточно травматичны, требуют специального оснащения и расходных материалов, не учитывают тип, характер, степень деформации пальцев, степень разрыва «плантарной» пластинки.

Таким образом, для улучшения результатов лечения, актуальным является разработка технологии лечения сложной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы, которая позволила, восстановив параболу Леливьера известными, оправдавшими себя способами, дифференцированно с учётом типа и степени разрыва стабилизаторов плюснефалангового сустава («плантарной» пластинки) и разновидности подвывиха и/или вывиха в плюснефаланговом суставе устранять молоткообразную деформацию «малых» пальцев стопы.

### **Материалы, методы и этапы исследования**

Настоящее исследование построено на анализе результатов лечения 195 пациентов с многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождаемых неригидной молоткообразной деформацией «малых» пальцев стоп, пролеченных в период с 2016 по 2020 гг.

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (World Medical Association Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) и «Правилами клинической практики в Российской Федерации» (Приказ Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266).

С целью решения задач исследования, 195 пациентов разделили на 2 группы.

**Группа №1 (n=88)** сформирована с целью разработки метода объективизации степени повреждения «плантарной» пластинки.

Критериями включения в группу 1 исследование было наличие у пациентов моно и/или билатеральной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы.

Критерии невключения в группу 1:

- наличием тяжёлой сопутствующей соматической патологии, которая могла бы повлиять на результаты лечения ревматоидный артрит, подагра, сахарный диабет.

- наличие специфического поражения стоп, например ревматоидный или подагрический артрит.

Были привлечены к исследованию пациенты с многоплоскостной статической деформацией передних отделов стопы (*hallux valgus*, *metatarsus primus varus*, поперечная распластанность стопы), подтверждённой методами рентгеновского исследования и наличие клинических признаков нестабильности плюснефаланговых суставов, так называемых «малых» (2, 3, 4) пальцев стопы, таких как:

- нестабильность плюснефаланговых суставов без явной молоткообразной деформации пальцев стопы (n=4),

- подвывих и/или вывих 2 и/или 3, и/или 4 пальцев стопы, дислокация сухожилий сгибателей, гиперэкстензии пальца (n=78),

- ригидная молоткообразная деформация пальцев типа «коготь» (n=6).

С целью объективизации степени повреждения «плантарной» пластинки мы сравнили результаты клинического обследования по тесту Hamilton-Thompson, где определяли тип «G-Graduate», с последующим сопоставлением полученных результатов с данными УЗИ у 88 больных с многоплоскостной статической деформацией стопы, используя следующие критерии:

«G-Graduate» 0 тип – стабильный плюснефаланговый сустав;

«G-Graduate» 1 тип – нестабильный плюснефаланговый сустав;

«G-Graduate» 2 тип – подвывих плюснефалангового сустава;

«G-Graduate» 3 тип – полный вывих в суставе;

«G-Graduate» 4 тип – ригидная молоткообразная деформации «малых» пальцев.

**Группа №2 (n=107)** сформирована с целью проведения сравнительного анализа результатов лечения при реализации разработанного нами способа лечения молоткообразной деформации «малых» (2 и/или 3) пальцев стопы с традиционными технологиями лечения.

Критериями включения в группу 1 исследование были:

- наличие у пациентов моно и/или билатеральной многоплоскостной статической деформации переднего отдела стопы (Hallux valgus III ст. с наличием неригидной молоткообразной деформации 2 и/или 3 пальцев стопы);
- объективно подтверждённый с помощью УЗИ разрыв «плантарной» пластинки 2, 3 пальца «G-Graduate» 2-3 типа по классификации Hamilton-Thompson.

Критерии невключения в группу 1:

- объективно подтверждённым с помощью УЗИ повреждением «плантарной» пластинки 2 и/или 3 пальца «G-Graduate» 0, 1 типа по классификации Hamilton-Thompson (неполное повреждение – нет молоткообразной деформации пальца) хирургическое восстановление «плантарной» пластинки не производили;
- объективно подтверждённым с помощью УЗИ повреждением «плантарной» пластинки 2 и/или 3 пальца «G-Graduate» 4 типа по классификации Hamilton-Thompson (ригидная когтеобразная деформация малых пальцев с полным разрывом «плантарной» пластинки);
- наличием тяжёлой сопутствующей соматической патологии, которая могла бы повлиять на результаты лечения ревматоидный артрит, подагра, сахарный диабет.
- наличие специфического поражения стоп, например ревматоидный или подагрический артрит.

В зависимости от применённой тактики лечения **группа №2 (n=107)** пациентов, была разделена на 2 подгруппы (А и В).

**Подгруппа А** – состояла из 51 пациента (94 стопы – 43 пациентов (84,3%) имели билатеральное поражение стоп), у которых применена традиционная технология хирургического лечения: с использованием остеотомия SCARF остеотомия по Weil, операция Hohmann с последующей трансартикулярной фиксацией спицей Киршнера; этим больным на 2 сутки разрешали ходьбу с дозированной нагрузкой в туфлях Барука, по истечению 3 недель после операции разрешали ходьбу на ограниченные расстояния, швы снимали через 3 недели после операции.

**Подгруппа В** – состояла из 56 пациентов (101 стопа – 45 пациентов (80,3%) имели билатеральное поражение стоп), у которых выполнена остеотомия SCARF, остеотомия по Weil и восстановление «плантарной» пластинки разработанным нами способом («Способ хирургического восстановления «плантарной» пластинки малого плюснефалангового сустава прямым подошвенным доступом при разрывах её вследствие перегрузочной метатарзалгии» патент на изобретение РФ №2673782, от 26.11.2018 г).

Исследование было разделено на 4 этапа.

На первом этапе разработана технология УЗ исследования, позволяющей объективно оценить степень повреждения «плантарной» пластинки плюснефаланговых суставов «малых» пальцев стопы.

На втором этапе разработана технология хирургического лечения дегенеративных разрывов «плантарной» пластинки, приводящих к формированию комплекса молоткообразного пальца,

На третьем этапе в клиническую практику интегрированы результаты, полученные на первых двух этапах исследования, следствием чего появилась возможность усовершенствовать технологию лечения пациентов с многоплоскостной статической деформацией стопы, сопровождающейся развитием неригидной молоткообразной деформации «малых» пальцев.

На четвёртом этапе произведён сравнительный анализ результатов традиционного и разработанного методов хирургического лечения молоткообразной деформации «малых» пальцев стопы.

Статистическую обработку и анализ клинических результатов проводили с помощью методов описательной статистики. Проверку исследуемых совокупностей на нормальность распределения значений проводили при помощи Z-критерия Колмогорова-Смирнова (непараметрический критерий согласия).

В случаях, когда распределение числовых значений соответствовали нормальному закону распределения применяли параметрические методы исследования (t-критерий Стьюдента), а в случаях несоответствия числовых значений нормальному закону распределения для доказательства сопоставимости значений применяли методы непараметрической статистики U-критерий Манна-Уитни для выявления различий показателей в двух несвязных выборках и H-критерий Краскела-Уоллиса, предназначенный для выявления различий показателей в трёх и более несвязных выборках, данные которых имели количественный характер. Для оценки результатов исследования, имевших качественный характер, использовали критерий  $\chi^2$  с поправкой Йейтса и точный критерий Фишера [11].

Значимыми признавали результаты, при которых уровень статистической значимости «р» был меньше или равен 0,05. При проведении статистического анализа материала использовали персональный компьютер с набором необходимого программного обеспечения (табличный процессор Microsoft Excel 2010 и программа для статистической обработки данных SPSS-22.0 для Windows).

### **Технология УЗ исследования, позволяющая объективно оценить степень повреждения «плантарной» пластинки.**

При проведении УЗ исследования, нами было отмечено, что структурная целостность тканей «плантарной» пластинки, направление волокон, отёк окружающих тканей, изменения оболочек длинного сгибателя пальцев, дислокация фаланги пальца, отличаются при различных типах дислокации в плюснефаланговом суставе по классификации Hamilton WG – Thompson FM.

G (Graduate) 0 типа - отсутствие истончения слоя волокон в структуре «плантарной» пластинки, наличие умеренных отёчно-инфильтративных изменений окружающих тканей, отсутствие отёчно-инфильтративных изменений оболочек сухожилия длинного сгибателя пальца и дислокации основной фаланги пальца.

G (Graduate) 1 типа – истончение слоя волокон в структуре «плантарной» пластинки, прилежащих к головке плюсневой кости и нарушение их параллельного расположения, отёчно-инфильтративные изменения прилегающих мягких тканей и умеренные отёчно-инфильтративные изменения оболочек длинного сгибателя, отсутствие дислокации и/или подвывиха основной фаланги пальца.

G (Graduate) 2 типа – повреждение прилежащих к головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки менее 50%, выраженные отёчно-инфильтративные изменения «плантарной» пластинки и отёчно-инфильтративных изменений оболочек длинного сгибателя 2 пальца, дислокация основной фаланги пальца на 30%, соответствующей клинически подвывиху в плюснефаланговом суставе.

G (Graduate) 3 типа – повреждение более чем 50% прилежащих к головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки, выраженные отёчно-инфильтративные изменения подошвенной пластинки и оболочек длинного сгибателя 2 пальца, переразгибание в плюснефаланговом суставе – дислокация основной фаланги на 50% и более при условии возможности полного вправления вывиха в плюснефаланговом суставе.

G (Graduate) 4 типа – полное повреждение (100%) прилежащих к головке плюсневой кости волокон «плантарной» пластинки, отёчно-инфильтративных изменения подошвенной пластинки, отёчно-инфильтративных изменения оболочек длинного сгибателя 2 пальца, вывих в плюснефаланговом суставе с дислокацией основания пальца, полный невривимый вывих в плюснефаланговом суставе.

При сравнении результатов исследования 88 пациентов группы 1, полученных при УЗИ и клиническом осмотре получены следующие результаты:

- при сравнительном анализе результатов исследования пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки G0 и G4 достоверная статистическая разница между результатами клинического обследования и УЗИ отсутствует;
- у пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки по данным клинического обследования G1 из 17 пациентов после УЗИ у 6 (35,3%) был выявлен разрыв «плантарной» пластинки G2 что явилось показанием к выполнению шва «плантарной» пластинки.
- у пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки по данным клинического обследования G2 из 27 пациентов после УЗИ у 7 был выявлен разрыв «плантарной» пластинки G3 что явилось показаниями к срочному оперативному вмешательству и позволило избежать перехода разрыва в G4.
- у 2 пациентов установлено, что разрыв «плантарной» пластинки оценённый клинически как G2 по результатам УЗИ исследования был оценён, как G1, что позволило сократить объем оперативного вмешательства.
- у пациентов со степенью повреждения «плантарной» пластинки по данным клинического обследования G3 из 35 пациентов, после УЗИ у 5 (14,3% наблюдений) был выявлен разрыв «плантарной» пластинки G2, что явилось показаниями к плановому оперативному вмешательству и позволило избежать перехода в полный разрыв «плантарной» пластинки G3.

В результате проведённого анализа установлено, что диагностические ошибки при использовании только клинических методов оценки типа разрыва «плантарной» пластинки наблюдаются в 22,7% наблюдений, следствием чего может стать или необоснованное расширение показаний к хирургическому лечению или отказу от их выполнения, что может привести к ухудшению результатов лечения.

**Хирургическое лечение дегенеративных разрывов «плантарной» пластинки, приводящих к формированию комплекса молоткообразного пальца.**

Задачу, которую мы ставили перед собой заключалась в том, чтобы разработать надёжную технологию восстановления главного стабилизатора плюснефалангового сустава обеспечивающую раннюю мобилизацию движений в суставе, контролируемую плантофлексию пальца, отсутствие необходимости трансартикулярной фиксации.

Разработанный нами способ (Патент № 2673382. «Способ хирургического восстановления «плантарной» пластинки малого плюснефалангового сустава прямым подошвенным доступом при травматических разрывах её вследствие перегрузочной метатарзалгии») предполагает восстановление главного стабилизатора малого плюснефалангового сустава – «плантарной» пластинки прямым подошвенным доступом, и укрепления зоны шва с помощью перекрытия данной зоны оболочкой сухожилия глубокого сгибателя пальца.

В первую очередь выполняли остеотомию плюсневой кости по Weil, что позволяет устранить причину разрыва «плантарной» пластинки, исключить компрессию зоны расположения «плантарной» пластинки костным блоком головки малой плюсневой кости.

Затем поэтапно производили восстановление «плантарной» пластинки (Рисунок 34), как представлено на схеме и на фото этапов операции.

1). Производили разрез кожи в подошвенной зоне малого плюснефалангового сустава (Рисунок 34, изображение 1), путём диссекции мягких тканей выделяют субкапитальную область, обнажают сухожильное влагалище длинного сгибателя пальца (Рисунок 34, изображение 2)

2). Рассекали сухожильное влагалище длинного сгибателя пальца продольно с оставлением равных промежутков по обеим сторонам от линии рассечения (Рисунок 34, изображение 3)

3). Брали сухожилие глубокого сгибателя на держалки и отводили его медиально, тем самым обнажая зону разрыва основного стабилизатора плюснефалангового сустава – «плантарной» пластинки, осуществляли подготовку к восстановлению «плантарной» пластинки посредством иссечения рубцовых тканей в зоне дефекта «плантарной» пластинки при оптимальной плантофлексии пальца.

Подошвенный доступ позволял визуально идентифицировать необходимую зону иссечения (Рисунок 34, изображение 4).

4). Далее сшивали «плантарной» пластинку узловыми швами «конец в конец» (Рисунок 34, изображение 5) в положении подошвенного сгибания пальца, и укрывали линию шва продольно рассечённой оболочкой сухожилия длинного сгибателя пальца, которую подшивали к «плантарной» пластинке также узловыми швами, расположенными перпендикулярно по отношению к швам пластинки (Рисунок 34, изображение 6), после чего производили ушивание раны.

На вторые сутки после операции разрешали ходьбу с дозированной нагрузкой в туфлях Барука с ригидной подошвой, пассивная разработка второго плюснефалангового сустава начиналась со 2 суток после операции, через 7 суток, после купирования болевого синдрома пациентам разрешали активные движения оперированными пальцами.

В течение 3 недель разрешали ходьбу на ограниченные расстояния, швы снимали через 3 недели после операции.

Таким образом, разработанный нами способ восстановления «плантарной» пластинки позволяет избежать трансартикулярной фиксации плюснефалангового сустава спицами Киршнера, достаточно прост, не нуждается в специальном оборудовании и оснащении операционной.

**Усовершенствованная технология лечения пациентов с многоплоскостной статической деформацией стопы, сопровождающейся развитием молокообразной деформации «малых» пальцев стопы.**

Интегрировав полученные результаты на первых двух этапах исследования, нам удалось усовершенствовать технологию хирургического лечения пациентов с многоплоскостной статической деформацией стопы, сопровождающейся развитием неригидной молокообразной деформации «малых» пальцев стопы.

Клиническое исследование, определяющее степень повреждения как G1, 2, 3, 4 по классификации Hamilton-Thompson является субъективным и может являться причиной для диагностических и тактических ошибок при лечении таких пациентов.

В связи с этим, обязательным элементом предоперационного обследования помимо клинического осмотра, рентгенографии стоп под нагрузкой в 2-х проекциях, является УЗИ «плантарных» пластинок по разработанной нами методике.

После того как сформулирован точный клинический диагноз осуществляют планирование хирургического вмешательства, которое состоит из нескольких этапов:

- на первом этапе - устранение с помощью корригирующих остеотомий, вальгусной деформации I пальца стопы (*hallux valgus*) и варусного отклонения I плюсневой кости (*metatarsus primus varus*), различными общеизвестными, традиционными способами: SCARF, Chevron, MICA, Slide down osteotomy, дающими наименьшее количество рецидивов и осложнений;

- на втором этапе – восстановление параболы Леливьера традиционными общеизвестными способами с помощью разгрузочных корригирующих остеотомий II, III, реже IV плюсневых костей, целью этих остеотомий является достижение соотношений между головками плюсневых костей, соответствующих «римской стопе».

- на третьем этапе – в зависимости от степени повреждения – объективно обоснованный подход к восстановлению «плантарной» пластинки если УЗИ выявило повреждение:

- G1 (Graduate) – нет показаний к восстановлению «плантарной» пластинки;
- G2 (Graduate) – восстановление «плантарной» пластинки, разработанным нами способом в плановом порядке;
- G3 (Graduate) – срочное восстановление «плантарной» пластинки, разработанными нами способом, с целью профилактики её полного разрыва;
- G4 (Graduate) – нет показаний к восстановлению «плантарной» пластинки.

### **Сравнительный анализ результатов традиционного и разработанного методов хирургического лечения**

После доказательства статистической сопоставимости групп исследования в группе больных №2, разделённой на две подгруппы (А и В) был произведён сравнительный статистический анализ результатов лечения через 12 месяцев после его завершения (табл. 8) по следующим признакам:

- степени выраженности Hallux valgus по изменению угла между М1-М2;
- наличию или отсутствию при визуальном осмотре молоткообразной деформации 2 пальца;
- наличию или отсутствию при выполнении пальпации в области 2 плюснефалангового сустава симптома «плавающего» пальца;
- наличию или отсутствию контрактуры 2, 3 плюснефалангового сустава 2, 3 ст. при клиническом осмотре;
- объективному критерию улучшения или ухудшения качества жизни пациентов по шкале AOFAS и шкале Groulier P.

Результаты сравнительного анализа представленные в таблице 8 позволяют прийти к заключению о том, что:

- традиционная технология хирургического лечения, применённая у пациентов подгруппы А, а также усовершенствованная нами технология хирургического лечения, применённая у пациентов группы В, позволяют:
  - уменьшить угол между М1-М2 на  $7,2 \pm 1,1$  градуса,

- устранить визуальные проявления молоткообразной деформации второго пальца у всех пациентов исследуемых групп.

Необходимо отметить, что таких последствий хирургического лечения как:

- «плавающий» палец среди пациентов подгруппы В не отмечено, а в подгруппе А, подобная деформация диагностирована у 26 (27,9%) оперированных стоп пациентов;

- контрактура 2, 3 ст. второго плюснефалангового сустава среди пациентов подгруппы В отмечена у 4 (4,2%) стопы пациента, а в подгруппе А диагностирована у 41 (44,1%) оперированной стопы пациентов, что на 39,9% больше;

- через 12 месяцев после проведенного хирургического лечения, оценка качества жизни по шкале AOFAS у пациентов подгруппы А составила  $58,7 \pm 3,5$  балла, а у пациентов подгруппы В –  $87,4 \pm 9,5$ , таким образом, при выполнении разработанной нами технологии хирургического лечения качество жизни пациентов подгруппы В улучшилось на  $28,7 \pm 2,4$  баллов по сравнению с пациентами подгруппы А.

Улучшение качества жизни пациентов по шкале AOFAS на  $28,7 \pm 2,4$  баллов при сравнении пациентов подгрупп А и В связано с отсутствием таких последствий хирургического лечения, как «плавающий» палец, и контрактура в плюснефаланговом суставе.

Отсутствие таких последствий хирургического лечения, обусловлены восстановлением функции и стабильности плюснефалангового сустава, что достигнуто восстановлением целостности «плантарной» пластинки, способствующей восстановлению баланса связок и сухожилий плюснофалангового сустава, нормализации функции переката стопы при реализации шагового цикла.

При осмотре через 12 месяцев после хирургического лечения метатарзалгия купирована у всех больных подгруппы В, проблемы с подбором обуви также отсутствовали.

При оценке отдалённых результатов, через 12 и 24 месяца после оперативного лечения, была проведена оценка функционального состояния пациентов и сравнения субъективных параметров, таких как возможность выполнения физических нагрузок, возможность заниматься спортом, требование к повседневной обуви, а также для оценки статодинамической функции переднего отдела стопы в работе использовали шкалу Groulier P, данные представлены в таблице 10.

Данные, представленные в таблице 10 показывают, что пациенты, исследуемой подгруппы В имели лучшие отдалённые результаты лечения на основании оценки по шкале Groulier P., данные по этому показателю статистически значимы, что свидетельствует об эффективности предложенного способа лечения.

Результаты лечения через 24 месяца представлены в таблице 11. показывают, что у пациентов исследуемой группы и группы сравнения сохраняется тенденция, свидетельствующая об улучшении статодинамической функции переднего отдела стопы.

Динамика улучшения статодинамической функции переднего отдела стопы после проведённого оперативного лечения, оценённая по шкале Groulier P. представлена на рисунке 30.

Исходя из результатов, представленных на рисунке 36 и таблицах 10, 11, возможно прийти к заключению о том, что технология восстановления «плантарной» пластинки «малых» пальцев стопы позволяют статистически значимо улучшить результаты лечения пациентов с этой тяжёлой, социально значимой патологией.

## ВЫВОДЫ

1. Применяемый УЗ метод объективной диагностики типа дегенеративных разрывов плантарной пластинки плюснефаланговых суставов стопы, позволяет уменьшить на 22,7% ( $p < 0,021$ ) частоту встречаемости диагностических ошибок в сравнении с клиническим способом оценки нестабильности плюснефаланговых суставов по «G-Graduate» Hamilton-Thompson.
2. Предложенный способ хирургического восстановления плантарной пластинки «малых» плюснефаланговых суставов при «G-Graduate» 2, 3 степени дегенеративных разрывов позволил избежать такого осложнения как «плавающий палец», в отличие от подгруппы сравнения А (без использования шва плантарной пластинки), где данное осложнение было выявлено в 27,9% ( $p < 0,001$ ) наблюдений и уменьшить частоту развития такого осложнения, как контрактура при 2, 3 ст. оперированных плюснефаланговых суставов на 39,9% в сравнении с группой сравнения.
3. В разработанном способе лечения многоплоскостной статической деформации стоп, сопровождаемой неригидной молоткообразной деформацией «малых» пальцев стопы приоритетным является объективизации с помощью УЗИ степени повреждения плантарных пластинок «малых пальцев» и уточнение показаний к хирургическому лечению; хирургическое лечение показано при дегенеративных разрывах 2 степени по «G-Graduate» в плановом порядке, а при дегенеративных разрывах 3 степени – в кратчайшие сроки, чтобы предотвратить дегенеративный разрыв 4 степени, сопровождающийся ригидной деформацией, при дегенеративных разрывах 1 и 4 степени (ригидном типе деформации) по «G-Graduate» хирургическое лечение не показано.
4. Используемая система лечения многоплоскостной статической деформации стоп, сопровождаемой неригидной, молоткообразной

деформацией «малых» пальцев стопы, позволила улучшить результаты лечения через 12 месяцев после выполнения хирургического вмешательства по сравнению с традиционной технологией лечения по шкале AOFAS на  $28,7 \pm 2,4$  баллов, по шкале Groulier P. на  $19,4 \pm 2,1$  баллов ( $p < 0,005$ ).

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Лечение пациентов со сложными многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождающимися неригидными молоткообразными деформациями «малых» пальцев стопы необходимо начинать с проведения с дифференциальной диагностики с метатарзалгией Мортона и болезнью Дойчлендера (стресс переломами дистальных отделов плюсневых костей малых пальцев стопы).

2. При отсутствии убедительных данных за метатарзалгию Мортона и повреждение «плантарной» пластинки G2, 3 типа по классификации Hamilton-Thompson, при УЗИ и на рентгенограммах стопы, необходимо выполнить МРТ стопы, на которой возможно определить зоны трабекулярного остеонекроза плюсневых костей, ещё до того, как разовьётся стресс перелом и наступит смещение отломков плюсневых костей и назначить обоснованное лечение.

3. Обязательным элементом предоперационного обследования помимо традиционных методов должно быть УЗИ, позволяющее объективно оценить тип дегенеративного разрыва «плантарной» пластинки плюснефалангового сустава, и выбрать оптимальную тактику хирургического лечения

4. Отказ от восстановления «плантарной» пластинки у пациентов со сложными многоплоскостными статическими деформациями стоп, сопровождающимися неригидными молоткообразными деформациями «малых» пальцев стопы возможно считать тактической ошибкой, которая может привести или к развитию рецидива молоткообразной деформации пальца, или феномена плавающего пальца, или контрактуры в плюснефаланговом суставе.

5. При повреждении G3 типа по классификации Hamilton-Thompson, объективно подтверждённым данными УЗИ необходимо восстановление «плантарной» пластинки в срочном порядке, в связи с тем, что существует угроза полного разрыва «плантарной» пластинки и формирование ригидной

деформации (типа «коготь») в плюснефаланговом суставе, что существенно нарушает функцию переката стопы при ходьбе и способствует усилению болевого синдрома.

6. При повреждении G2 типа по классификации Hamilton-Thompson, объективно подтверждёнными данными УЗИ необходимо восстановление «плантарной» пластинки в плановом порядке при выполнении хирургических реконструктивных операций на передних отделах стопы.

7. При повреждении «плантарных» пластинок G1, 4 типов Hamilton-Thompson, её восстановление не показано.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

МПС – «малые» пальцы стопы (2, 3, 4 пальцы стопы);

МРТ – магнитно-резонансная томография;

ПП («плантарная» пластинка) – стабилизатор плюснефалангового сустава;

ПФС – плюснефаланговый сустав;

УЗИ – ультразвуковое исследование;

DMAA или PASA – угол наклона суставной поверхности головки первой плюсневой кости;

G – тип «Graduate» по тесту Hamilton-Thompson;

HVA – угол вальгусного отклонения первого пальца (hallux valgus angle или угол MI PI);

MI MII – первый межплюсневый угол;

MI MIV – угол между первой и пятой плюсневыми костями.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аверин С.О. Плоскостопие и заболевания костно-мышечной системы человека / С.О. Аверин, Е.В. Шишина // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – 2 (2). – С. 23-24.
2. Безгодков Ю.А. Биомеханические исследования у больных с деформациями стоп / Ю.А. Безгодков, И.Х. Аль Двеймер, А.Г. Осланова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С.308.
3. Безгодков Ю.А. Совершенствование хирургического лечения hallux valgus / Ю.А. Безгодков, И.Х. Аль Двеймер // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6. – С. 194.
4. Бережной С.Ю. Артроз первого плюснефалангового сустава: чрескожное оперативное лечение, выбор хирургической методики, клинко-рентгенологическая классификация / С.Ю. Бережной // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23. – № 1. – С. 8-22.
5. Бережной С.Ю. Чрескожные операции в лечении статических деформаций переднего отдела стопы: дис. на соиск. учен. степ. д-ра мед. наук: 14.01.15 / Бережной Сергей Юрьевич. – М., 2015. – 247с.
6. Бобров Д.С. Результаты хирургического лечения перегрузочной метатарзалгии с использованием минимально инвазивных методик / Д.С. Бобров, А.А. Шубкина, А.В. Лычагин, Л.Ю. Слияков, А.Р. Дрогин, Е.Ю. Целищева и др. // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2018. – №4 (34). – С. 7-15.
7. Богданов А.А. Новое в хирургическом лечении поперечной распластанности стопы: автореферат дис. ... канд. мед. наук. 14.01.15 / Богданов Антон Андреевич. – Самара, – 2018. – С. 3-18.
8. Бойченко А.В. Сравнение результатов односторонней и двусторонней хирургической коррекции hallux valgus / А.В. Бойченко, Л.Н. Соломин, С.Г.

- Парфеев, И.Э. Обухов, М.С. Белокрылова, Т.А. Пашукова // Травматология и ортопедия России. – 2014. – № 3 (73). – С. 44-51.
9. Брижань Л.К. Результаты применения нового метода лечения пациентов с вальгусной деформацией 1 пальца стопы / Л.К. Брижань [и др.] // Клиническая медицина. – 2016. – Т. 94, № 6. – С. 458-462.
10. Гацкан О.В. Формирование плоскостопия, его профилактика и лечение при различных формах / О.В. Гацкан // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – №65 (1). – С. 60-65.
11. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Перевод с английского. / С. Гланц. – М.: Практика, – 1999. – С. 27-45.
12. Голядкина А.А. Анализ биомеханических параметров остеотомии первой плюсневой кости / А.А. Голядкина, А.В. Полиенко, С.И. Киреев, А.Г. Курманов, В.С. Киреев // Российский журнал биомеханики. 2019. – Т. 23, № 3. – С. 400-410.
13. Гуди С.М. Пластика медиального капсулолигаментарного комплекса второго плюснефалангового сустава при лечении статических деформаций стопы / С.М. Гуди, В.В. Елишин, И.А. Пахомов, В.В. Кузнецов, А.Г. Самохин, С.О. Дрантусов // Гений ортопедии. – 2019. – №25 (4). – С. 468-473.
14. Жминда М.М. Использование различных методов хирургического лечения вальгусной деформации первого пальца стопы / М.М. Жминда, А.В. Федюк, Е.Ю. Авдеева. – Сборник материалов конференции, посвященный 95-летию со дня рождения профессора Обухова Геннадия Алексеевича. – Гродно, ГрГМУ. – 2019. – №1. – С. 163-164.
15. Загородний Н.В. Оперативная коррекция ригидных вывихов пальцев стоп / Н.В. Загородний, В.Г. Процко, М.С. Кетов, А.А. Панов, А.В. Мазалов // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2016. – №4 (20). – С. 33-36.
16. Затравкина Т.Ю. Плоскостопие у детей: этиопатогенез и диагностика (обзор) / Т.Ю. Затравкина, С.А. Рубашкин, М.М. Дохов // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2018. – №14 (3). – С. 389-395.

17. Зедгенидзе Г.А. Краткий курс рентгенологии и радиологии: книга / Г.А. Зедгенидзе, Л.Д. Линденбратен. – М.: Издательство Медгиз, 1963. – 304 с.
18. Знатнова Е.В. Анализ состояния свода стопы и коррекционно-компенсирующих методик ее формирования / Е.В. Знатнова // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина. – 2014. – №3. – С. 24-30.
19. Золотова Н.Н. Статическое плоскостопие в его историческом развитии / Н.Н. Золотова, Г.В. Ни, М.Н. Буриев, Ш.М. Норбекова // Молодой ученый. – 2016. – №22. – С. 99-102.
20. Ильченко Д.В. Отдаленные функциональные результаты после артротомии первого плюснефалангового сустава при деформирующем остеоартрозе / Д.В. Ильченко, А.В. Королев, А.А. Карданов // Гений ортопедии. 2020. – Т. 26, № 1. – С. 30-36.
21. Имамов А.М. Комплексная оценка качества жизни пациентов с деформациями переднего отдела стоп / А.М. Имамов, С.И. Киреев, А.Г. Курманов, М.С. Эдиев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №6. – С. 47.
22. Кавалерский Г.М., Бобров Д.С., Ригин Н.В., Слияков Л.Ю., Ченский А.Д. Пат. № 2604779 РФ, МПК А61 В17/00 «Способ хирургического восстановления подошвенной связки плюснефалангового сустава при перегрузочной метатарзалгии или её травматических разрывах» // Бюл. № 34. – 2016. – С. 8
23. Капанджи А. Нижняя конечность. Функциональная анатомия. 7-е издание / А. Капанджи; перевод – Г.М. Абелева, Е.В. Кишиневский, А.А. Ивашечкин. – М.: Эксмо. – 2020. – С. 362
24. Карданов А.А. Оперативное лечение деформаций и заболеваний костей и суставов первого луча стопы: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.22 / Карданов Андрей Асланович. – М., 2009. – 170 с.

- 25.Кетов М.С. Суставосберегающий метод хирургического лечения ригидных вывихов пальцев стоп: дис. ... канд. мед. наук. 14.01.15 / Кетов Максим Станиславович. – М., 2018. – 131 с.
- 26.Киреев В.С. Исследование мобильности первой плюсневой кости при хирургической коррекции деформаций переднего отдела стопы с использованием SCARF-остеотомии / В.С. Киреев, В.Г. Процко, А.Г. Курманов, С.И. Киреев // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. – 2019. – № 3 (39). – С. 126-130.
- 27.Киреев С.И. Хирургическая коррекция деформации первого луча стопы с использованием биомеханического моделирования остеотомий / С.И. Киреев, А.Г. Курманов, А.А. Голядкина, А.В. Полиенко // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2019. – Т. 15. – № 3. – С. 644-648.
- 28.Корнилов Н.В. Травматология и ортопедия: книга / Н.В. Корнилов, Э.Г. Грязнухин, К.И. Шапиро, Н.Н. Корнилов, В.И. Осташко, К.Г. Редько, М.П. Ломая. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 592 с.
- 29.Котельников Г.П. Травматология: Национальное руководство / п/р Г.П. Котельникова, С.П. Миронова. – М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2018. – С. 820.
- 30.Кузьмина Ю.О. Выбор метода хирургической коррекции молоткообразной деформации пальцев стоп: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Кузьмина Юлия Олеговна. – М., 2009. – 92 с.
- 31.Курманов А.Г. Планирование SCARF – остеотомии с учетом мобильности первой плюсневой кости / А.Г. Курманов, С.И. Киреев // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». – 2019. – № 6. – С. 201-206.
- 32.Леонова С.Н. Новый способ хирургической коррекции деформации малых пальцев стопы / С.Н. Леонова, И.В. Усольцев // Политравма. – 2018. – №4. – 51-59.
- 33.Леонова С.Н. Хирургическое лечение перекрещенных пальцев стопы / С.Н. Леонова, И.В. Усольцев // Новости хирургии. – 2019. – №27(2). – 227-231.
- 34.Мазалов А.В. Хирургическое лечение тяжелого (2-3 степени) деформирующего артроза первого плюснефалангового сустава: задачи,

- подходы, техника / А.В. Мазалов, Н.В. Загородний, В.Г. Процко, Э.М. Султанов, З.Х. Хамоков // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 4 (62). – С. 69-76.
35. Милюков В.Е. Критерии формирования возрастных групп пациентов в медицинских исследованиях / В.Е. Милюков, Т.С. Жарикова // Клиническая медицина. – 2015. – Т. 93. – №. 11. – С. 5-11.
36. Миронова С.П., Клинические рекомендации: травматология и ортопедия детского возраста: книга / под ред. С.П. Миронова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 417 с.
37. Мицкевич В.А. Подиатрия: книга / В.А. Мицкевич, А.О. Арсеньев. – М.: Издательство Бином, 2006. – 67 с.
38. Мо Ц. / Анкеты и шкалы для оценки состояния стопы и голеностопного сустава / Ц. Мо, Н.В. Ригин, Д.С. Бобров, Л.Ю. Слияков // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2016. – №4 (20). – С. 37-43.
39. Музурова Л.В. Индивидуальная изменчивость морфометрических параметров стоп девушек 18-19 лет различных соматических типов / Л.В. Музурова, И.Е. Кочелаевская // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2017. – Т. 6. – № 2. – С. 56-61.
40. Норкин И.А. Травматология и ортопедия: учебное пособие / И.А. Норкин, Н.Х. Бахтеева, С.И. Киреев, А.Н. Решетников, А. В.Зарецков, К.К. Левченко, Д.А. Марков, С.Н. Киреев, М.С. Эдиев, Г.А. Адамович, В.Н. Белоногов, В.Д. Маркова. – Саратов, 2015. – 220 с.
41. Нурмухаметов М.Р. Использование хондропластики I плюснефалангового сустава по технике аутологичного индуцированного матрицей хондрогенеза для лечения пациентов с hallux rigidus: ближайшие результаты / М.Р. Нурмухаметов, М.А. Макаров, Е.И. Бялик, В.Е. Бялик, В.А. Нестеренко // Научно-практическая ревматология. – 2020. – Т. 58, №1. – С. 97-101.
42. Привалов А.М. Современные возможности хирургической коррекции молоткообразной деформации пальцев стопы / А.М. Привалов // Казанский медицинский журнал. – 2017. – №98 (2). – С. 296-299.

- 43.Прозоровский Д.В. Корректирующий артродез 1 плюснеклиновидного сустава в лечении вальгусной деформации первого пальца стопы / Д.В. Прозоровский [и др.] // Травма. – 2016. – Т. 17, № 6. – С. 110-115.
- 44.Прокопьев Н.Я. Спорт и плоскостопие / Н.Я. Прокопьев, С.В, Романова // Молодой ученый. – 2016. – № 12 (116). – С. 525-529.
- 45.Ригин Н.В. Новый подход и результаты оперативного лечения перегрузочной метатарзалгии при эластичных деформациях стоп / Н.В. Ригин, Д.С. Бобров, Л.Ю. Слияков, Ц. Мо // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2017. – №4 (30). – С. 35.
- 46.Рослякова К.Ю. Исследование степени плоскостопия у школьников / К.Ю. Рослякова // Старт в науке. – 2017. – №6 (2). – 37-40.
- 47.Савинцев А.М. Реконструктивно-пластическая хирургия поперечного плоскостопия: монография / А.М. Савинцев. – СПб. – 2006. – С. 23.
- 48.Слияков Л.Ю. Основные принципы диагностики перегрузочной метатарзалгии в поликлинической практике / Л.Ю. Слияков, Д.С. Бобров, Н.В. Ригин, Ц. Мо, Л.А. Якимов, Н.Д. Хурцилава // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2015. – № 3. – С. 21-24.
- 49.Усольцев И.В. Проблемы диагностики и хирургического лечения вальгусного отклонения первого пальца стопы (обзор литературы) / И.В. Усольцев, С.Н. Леонова // Acta Biomedica Scientifica. – 2017. – Т. 118, №2. – С. 69-75.
- 50.Усольцев И.В., Леонова С.Н. Патент №2694467 РФ, МПК А61 В17/56. «Способ хирургического лечения деформации пальцев стопы» // Бюл. №20. – 2019. – С. 24.
- 51.Усольцев И.В. Хирургическое лечение деформации переднего отдела стопы при metatarsus adductus / С.Н. Леонова, И.В. Усольцев // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2021. – №. 1. – С. 5-10.
- 52.Федоров В.Г. Новое в биомеханогенезе формирования hallux valgus поперечно-распластанной деформации стопы и принципы оперативного

- лечения с учетом патогенеза / В.Г. Федоров // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 2. – С. 31-37.
- 53.Шевелёва Н.И. Проблемы консервативного лечения пациентов с плоскостопием / Н.И. Шевелёва, А.А. Дубовихин // Казанский медицинский журнал. – 2018. – №99 (4). – С. 665-670.
- 54.Шольц Н. Учебник и иллюстрированный атлас по подологии / Н. Шольц. – М.: «Plastek-Technic», 2017. – С. 655.
- 55.Янсон Х.А. Биомеханика нижней конечности человека: книга / Х.А. Янсон. – Рига: Знание, 1975. – 324 с.
- 56.Яценко А.В. Биомеханические особенности патогенеза статических деформаций стоп / А.В. Яценко, И.Х. Аль Двеймер // Студенческая наука 2016. Материалы форума, посвященного 80-летию со дня рождения з.д.н. РФ, проф. А.В. Папаяна. – 2016. – С. 106.
- 57.Akoh C.C. Plantar plate injury and angular toe deformity / C.C. Akoh, P. Phisitkul // Foot Ankle Clin. 2018. – Vol.23, № 4. – P. 703-713.
- 58.Altenberger S. The minimally invasive chevron and Akin osteotomy (MICA) / S. Altenberger, S. Kriegelstein, O. Gottschalk et al // Oper. Orthop. Traumatol. – 2018. – Vol. 30, №3. – P. 148-160.
- 59.Anderson M.R. Validation and generalizability of preoperative PROMIS scores to predict postoperative success in foot and ankle patients / M.R. Anderson, J.R. Houck, C.L. Saltzman et al. // Foot Ankle Int. 2018. – Vol. 39, № 7. – P. 763-770.
- 60.Barg A. Unfavorable outcomes following surgical treatment of hallux valgus deformity: a systematic literature review. / A. Barg, J.R. Harmer, A.P. Presson, C. Zhang, M. Lackey, C.L. Saltzman // J. Bone Joint Surg. Am. – 2018. – Vol.100, №18. – P. 1563-1573.
- 61.Barouk LS. Forefoot reconstruction: book / L.S. Barouk. – Paris: Springer, 2003. – 117 p.
- 62.Besse J-L. Metatarsalgia / J-L. Besse // Orthop Traumatol Surg Res. – 2017. – Vol.103 (1S). – P. 29-39.

63. Biz C. Functional and Radiographic Outcomes of Minimally Invasive Intramedullary Nail Device (MIIND) for Moderate to Severe Hallux Valgus / C. Biz, A. Crimi, I. Fantoni, J. Tagliapietra, P. Ruggieri // *Foot Ankle Int.* 2021. – № 42. – P. 409-424.
64. Boksh K. A comparative study of mini-scarf versus standard scarf osteotomy for hallux valgus correction / Boksh K, Qasim S, Khan K, Tomlinson C, Mangwani J. // *J Foot Ankle Surg.* – 2018. – Vol. 57, №5. – P. 948-951.
65. Brissey N. Early Results of Immediate Weightbearing Following First Tarsometatarsal Joint Arthrodesis with Plantar Locking Plate and Dorsal Compression Screw / N. Brissey, A. Buffington, W. Bush // *J. Foot Ankle Surg.* 2021. – № 60. – P. 494-500.
66. Buda M. Effect of Fixation Type and Bone Graft on Tarsometatarsal Fusion / M. Buda, N.C. Hagemeyer, S. Kink, A.H. Johnson, D. Guss, C.W. DiGiovanni // *Foot Ankle Int.* 2018. – № 39. – P. 1394-1402.
67. Burg A. Correction of Severe Hallux Valgus with Meta-tarsal Adductus Applying the Concepts of Minimally Invasive Surgery / A. Burg, E. Palmanovich // *Foot Ankle Clin. Am.* – 2020. – № 25. – P. 337-343.
68. Busch A. First ray alignment in Lapidus arthrodesis – effect on plantar pressure distribution and the occurrence of metatarsalgia / A. Busch, A. Wegner, M. Haversath, D. Brandenburger, M. Jager, S. Beck // *Foot (Edinb).* – 2020. – №45. – P. 101686.
69. Carret M.S.P. Reverdin-Isham procedure for mild or moderate hallux valgus: clinical and radiooutcomes. / M.S.P. Carret, L.B. Agot L.B., M.D.G.A. Odri // *Musculoskelet Surg.* – 2019. – Vol.103, № 2. – P. 161-166.
70. Conti M.S. Effect of the modified Lapidus procedure on pronation of the first ray in hallux valgus / M.S. Conti, J.F. Willett, J.H. Garfinkel et al. // *Foot Ankle Int.* 2020. – Vol.41, № 2. – P. 125-132.
71. Coriaty N. Titanium Scaffolding: An Innovative Modality for Salvage of Failed First Ray Procedures / N. Coriaty, K. Pettibone, N. Todd, S. Rush, R. Carter, C. Zdenek // *J. Foot Ankle Surg.* 2018. – № 57. – P. 593-599.

72. Coughlin M.J. Lesser toe deformities / M.J. Coughlin, R. Mann, C.L. Saltzman, eds. *Surgery of the Foot and Ankle*. 8-th ed. – Philadelphia: Mosby, 2007. – P. 464.
73. Curtin M. Scarf osteotomy without internal fixation for correction of hallux valgus: A clinical and radiographic review of 148 cases / M. Curtin, E. Murphy, C. Bryan, P. Moroney // *Foot Ankle Surg* 2018. – № 24. – P. 252-258.
74. Dawson J. Responsiveness and minimally important change for the Manchester-Oxford foot questionnaire (MOXFQ) compared with AOFAS and SF-36 assessments following surgery for hallux valgus/ J. Dawson, H. Doll, J. Coffey, C. Jenkinson // *Osteoarthritis Cartilage*. – 2007. – Vol.15 (8). – P. 918-931.
75. De Prado M. Distal metatarsal minimal invasive osteotomy (DMMO) for the treatment of metatarsalgia / M. De Prado, M. Cuervas-Mons, P. Golano, J. Vaquero // *Tech Foot Ankle Surg*. – 2016. – Vol.15 (1). – P.12.
76. Del Vecchio J.J. Percutaneous, intra-articular, chevron osteotomy (PeICO) for the treatment of hallux valgus: a cadaveric study / J.J. Del Vecchio, M.E. Ghioldi, A.E. Uzair et al. // *Foot Ankle Int*. – 2019. – Vol.40, №5. – P. 586-595.
77. Desai S. Minimally important difference in the Foot and Ankle Outcome Score among patients undergoing hallux valgus surgery / S. Desai, A.C. Peterson, K. Wing, et al. // *Foot Ankle Int*. – 2019. – Vol.40. – P.694-701.
78. Desmarchelier R. Scarf osteotomy versus metatarsophalangeal arthrodesis in forefoot first ray disorders: comparison of functional outcomes / R. Desmarchelier, J.-L. Besse, M. Fessy // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2012. – №. 98. – P. 77-84.
79. Dixon A.E. Increased incidence and severity of postoperative radiographic hallux valgus interphalangeus with surgical correction of hallux valgus / A.E. Dixon, L.C. Lee, T.P. Charlton, D.B. Thordarson // *Foot Ankle Int*. – 2015. – Vol.36 (8). – P. 961-968.
80. Doty J.F. Metatarsophalangeal joint instability of the lesser toes and plantar plate deficiency / J.F. Doty, M.J. Coughlin // *J. Am. Acad. Orthop. Surg*. – 2014. – Vol.22 (4). – P.235-245.

- 81.Elshazly O. Scarf versus long chevron osteotomies for the treatment of hallux valgus: a prospective randomized controlled study / O. Elshazly, A.F. Abdel Rahman, H. Fahmy, M.H. Sobhy, W. Abdelhadi // *Foot Ankle Surg* 2018. – № 25. – P. 469-477.
- 82.Faroug R. Increased recurrence in Scarf osteotomy for mild & moderate hallux valgus with Meary's line disruption / R. Faroug, O. Bagshaw, L. Conway, J.S. Ballester // *Foot Ankle Surg* 2018. – № 25. – P. 608-611.
- 83.Feng S.M. Modified Chevron osteotomy combined distal soft tissue reconstruction to treat high-grade bunionette deformity / S.M. Feng, A.G. Wang, P. Ding, Z.Y. Zhang, M.M. Zhou, C.K. Li, et al. // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 2016. – №96 (28). – P.2234-2237.
- 84.Finney F.T. Anatomy and physiology of the lesser metatarsophalangeal joints / F.T. Finney, E. Cata, J.R. Holmes, P.G. Talusan // *Foot Ankle Clin.* 2018. – Vol.23, №1. – P. 1-7.
- 85.Finney F.T. Microvasculature of the plantar plate using nano-computed tomography / F.T. Finney, A. McPheters, N.Y. Singer et al. // *Foot Ankle Int.* 2019. – Vol.40, № 4. – P. 457-464.
- 86.Fleischer A.E. Association Between Second Metatarsal Length and Forefoot Loading Under the Second Metatarsophalangeal Joint / A.E. Fleischer, S. Hshieh, R.T. Crews, B.J. Waverly, J.M. Jones, E.E. Klein, L. Weil Jr., L.S.Weil Sr. // *Foot and Ankle International: SAGE Journals.* – 2018. – Vol. 39, № 5. – P. 560-567.
- 87.Fleischer, A.E. Association of abnormal metatarsal parabola with second metatarsophalangeal joint plantar plate pathology / A.E. Fleischer, E.E. Klein, M. Ahmad, et al. // *Foot Ankle Int.* – 2017. – №38. – P.289-297.
- 88.Hammad Y. Unusual Osteoblastoma of the First Metatarsal Bone Treated by Total Resection and Fibular Autograft: A Case Report / Y. Hammad, M. Alisi, Z. Elifranji, K. Mousa, F. Abuhassan, S. Al-Mustafa // *JBJS Case Connect.* – 2021. – № 11. – P. 20.

- 89.Hsu R.Y. Lesser metatarsophalangeal joint instability: advancements in plantar plate reconstruction / R.Y. Hsu, A. Barg, F. Nickisch // *Foot Ankle Clin N Am.* 2018. – № 23. – P. 127-143.
- 90.Hung M. PROMIS and FAAM minimal clinically important differences in foot and ankle orthopedics / M. Hung, J.F. Baumhauer, F.W. Licari, M.W. Voss, J. Bounsanga, C.L. Saltzman // *Foot Ankle Int.* 2019. – Vol.40, №1. – P. 65-73.
- 91.Kaufmann G. Loss of correction after chevron osteotomy for hallux valgus as a function of preoperative deformity / G. Kaufmann, S. Sinz, J.M. Giesinger, M. Braitto R. Biedermann, D. Dammerer // *Foot Ankle Int.* – 2019. – Vol.40 (3). – P. 287-296.
- 92.Kaufmann G Percutaneous minimally invasive akin osteotomy in hallux valgus interphalangeus: a case series / G. Kaufmann, M. Handle, M. Liebensteiner, M. Braitto, D. Dammerer // *Int Orthop.* – 2018. – Vol.42 (1). – P. 117-124.
- 93.Kindred K.B. Outcomes study of an innovative method of direct repair of metatarsophalangeal joint instability with an angiocatheter needle / K.B. Kindred, A. Rusher, A. Baker, C.N. Groh, B.R. Fink // *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* – 2020. – Vol.59 (1). – P.178-183.
- 94.King C.M. Lapidus arthrodesis and chevron bunionectomy on plantar forefoot pressures / C.M. King, G.A. Hamilton, L.A. Ford // *J Foot Ankle Surg.* – 2014. – №53. – P. 415-419.
- 95.Klein E.E. Clinical examination of plantar plate abnormality: a diagnostic perspective / E.E. Klein, L. Weil, L.S. Weil, et al. // *Foot Ankle Int.* – 2013. – Vol.34 (6). – P. 800-804.
- 96.Klugarova J. Effectiveness of surgery for adults with hallux valgus deformity: a systematic review / J. Klugarova, V. Hood, F. Bath-Hextall, M. Klugar, J. Mareckova, Z. Kelnarova // *JBIC Database System Rev Implement Rep.* – 2017. – Vol.15, №6. – P. 1671-1710.
- 97.Krenn S. Minimally invasive distal metatarsal metaphyseal osteotomy of the lesser toes: learning curve / S. Krenn, S. Albers, P. Bock, C. Mansfield, M. Chraim, H-J. Trnka // *Foot Ankle Spec.* – 2018. – Vol.11 (3). – P. 263-268.

98. Kushioka J. Modified scarf osteotomy with medial capsule interposition for hallux valgus in rheumatoid arthritis: a study of cases including severe first metatarsophalangeal joint destruction / J. Kushioka, M. Hirao, H. Tsuboi et al. // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2018. – Vol.100, № 9. – P. 765-776.
99. Lai M.C. Clinical and radiological outcomes comparing percutaneous chevron-akin osteotomies vs open scarf-akin osteotomies for hallux valgus / M.C. Lai, I.S. Rikhray, Y.L. Woo, W. Yeo, Y.C.S. Ng, K. Koo // *Foot Ankle Int.* 2018. – Vol.39, №3. – P. 311-317.
100. Lenz C.G. Scarf osteotomy for hallux valgus deformity: radiological outcome, metatarsal length and early complications in 118 feet / C.G. Lenz, R. Niehaus, I. Knych, K. Eid, P. Borbas // *Foot Ankle Surg.* 2021. – Vol. 27, №1. – P. 20-24.
101. Liszka H. Results of scarf osteotomy without implant fixation in the treatment of hallux valgus / H. Liszka, A. Gadek // *Foot Ankle Int.* – 2018. – № 39. – P. 1320-1327.
102. Lui T.H. Arthroscopic-assisted correction of claw toe or overriding toe deformity: Plantar plate tenodesis / T.H. Lui // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2007. – №127. – 823-826.
103. Maffulli N. Minimally invasive surgery of the foot and ankle: book / N. Maffulli, M. Easley. – London.: Springer; 2011. – 470 p.
104. Magnan B. Percutaneous distal osteotomy of lesser metatarsals (DMMO) for treatment of metatarsalgia with metatarsophalangeal instability / B. Magnan, I. Bonetti, S. Negri, T. Maluta, C. Dall'Oca, E. Samaila // *Foot Ankle Surg.* – 2018. – Vol.24 (5). – P. 400-405.
105. Mahadevan D. Extended plantar limb (modified) chevron osteotomy versus scarf osteotomy for hallux valgus correction: a randomised controlled trial / D. Mahadevan, S. Lines, S. Hepple, I. Winson, W. Harries // *Foot Ankle Surg.* – 2016. – №22. – 109-113.
106. Malatray M, Fessy MH, Besse J-L. Comparison of screw versus locked plate fixation for Scarf osteotomy treatment of hallux valgus / M. Malatray, M.H.

- Fessy, J-L. Besse // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2018. – № 104. – P. 725-731.
107. Malhotra K. Minimally invasive distal metaphyseal metatarsal osteotomy (DMMO) for symptomatic forefoot pathology – short to medium term outcomes from a retrospective case series / K. Malhotra, N. Joji, S. Mordecai, B. Rudge // *Foot (Edinb).* – 2019. – №38. – 43–49.
108. Martijn H.A. Fifth metatarsal osteotomies for treatment of bunionette deformity: a meta-analysis of angle correction and clinical condition / H.A. Martijn, I.N. Sierevelt, S. Wassink, P.A. Nolte // *J Foot Ankle Surg.* – 2018. – Vol.57 (1). – P. 140-148.
109. Möller I. The peripheral nerves: update on ultrasound and magnetic resonance imaging / I. Möller, M. Miguel, D.A. Bong, F. Zaottini, C. Martinoli // *Clin. Exp. Rheumatol.* 2018. – № 36. – P. 145-158.
110. Moulodi N. A comparison of the hallux valgus angle, range of motion, and patient satisfaction after use of dynamic and static orthoses / N. Moulodi, M. Kamyab, M. Farzadi // *Foot (Edinb).* 2019. – № 41. – P. 6-11.
111. Nakagawa S. Association of metatarsalgia after hallux valgus correction with relative first metatarsal length / S. Nakagawa, J. Fukushi, T. Nakagawa, H. Mizuuchi, Y. Iwamoto // *Foot Ankle Int.* – 2016. – №37. – P. 582-588.
112. Nix S.E. Gait parameters associated with hallux valgus: a systematic review / S.E. Nix, B.T. Vicenzino, N.J. Collins, M.D. Smith // *J Foot Ankle Res.* – 2013. – №6. – P. 9.
113. Nix S. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis / S. Nix, M. Smith, B. Vicenzino // *Journal of Foot and Ankle Research.* – 2010. – №3. – P. 21.
114. Phisitkul P. Managing complications of lesser toe and metatarsophalangeal joint surgery / P. Phisitkul // *Foot Ankle Clin N Am.* – 2018. – №23. – 145–56.
115. Pita-Fernandez S. Flat foot in a random population and its impact on quality of life and functionality / S. Pita-Fernandez, C. Gonzalez-Martin, F. Alonso-

- Tajes, T. Seoane-Pillado, S. Pertega-Diaz, S. Perez-Garcia // *J Clin Diagn Res.* – 2017. – Vol.11 (4). – P. 22-27.
116. Prissel M.A. Plantar plate repair using a direct plantar approach: an outcomes analysis / M.A. Prissel, C.F. Hyer, J.K. Donovan, A.L. Quisno // *J Foot Ankle Surg.* – 2017. – Vol.56. – P. 434-439.
117. Rajeev A. Three-Year Follow-Up Results of Combined Short Scarf Osteotomy with Akin Procedure for Hallux Valgus / A. Rajeev, N. Tumia // *J. Foot Ankle Surg.* – 2019. – № 58. – P. 837-841.
118. Raghuram A. Bone Grafts, Bone Substitutes, and Orthobiologics: Applications in Plastic Surgery / A. Raghuram, A. Singh, D.K. Chang, M. Nunez, E.M. Reece // *Semin. Plast. Surg.* – 2019. – № 33. – P. 190-199.
119. Rivero-Santana A. Clinical effectiveness and safety of Weil's osteotomy and distal metatarsal mini-invasive osteotomy (DMMO) in the treatment of metatarsalgia: a systematic review / A. Rivero-Santana, L. Perestelo-Perez, G.Garces, Y. Alvarez-Perez, A. Escobar, P. Serrano-Aguilar // *Foot Ankle Surg.* – 2019. – Vol.25 (5). – P. 565-570.
120. Roukis T.S. Percutaneous and minimum incision metatarsal osteotomies: a systematic review / T.S. Roukis // *J Foot Ankle Surg.* – 2009. – Vol.48, № 3. – P. 380-387.
121. Shirzad K. Lesser toe deformities / K. Shirzad, C. Kiesau, J. DeOrio, et al. // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2011. – Vol.19 (8). – P. 505–514.
122. Singh M.S. Minimally invasive vs open distal metatarsal osteotomy for hallux valgus: A systematic review and meta-analysis / M.S. Singh, A. Khurana, D. Kapoor, S. Katekar, A. Kumar, G. Vishwakarma // *J. Clin. Orthop. Trauma* 2020. – №11. – P. 348-356.
123. Smyth N.A. Introduction: why are there so many different surgeries for hallux valgus? / N.A. Smyth, A.A. Aiyer // *Foot Ankle Clin.* 2018. – Vol.23, №2. – P. 171-182.

124. Stone M. Accuracy of sonography in plantar plate tears in cadavers / M. Stone, W. Eyler, J. Rhodenizer, M. van Holsbeeck // J. Ultrasound Med. 2017. – Vol. 36, №7. – P. 1355-1361.
125. Sullivan M. Technique tip: the use of McGlamry elevator to assist suture passing in the dorsal technique of plantar plate repair with Weil osteotomy for lesser metatarsophalangeal joint instability / M. Sullivan, J.P. Panti // Foot Ankle Spec. – 2015. – Vol.8. – P. 209-211.
126. Swanton E. How do I use the scarf osteotomy to rotate the metatarsal and correct the deformity in three dimensions? / E. Swanton, L. Mason, A. Molloy // Foot Ankle Clin. 2018. – Vol.23, №2. – P. 239-246.
127. Tonogai I. Distances from the deep plantar arch to the lesser metatarsals at risk during osteotomy: a fresh cadaveric study / I. Tonogai, F. Hayashi, Y. Tsuruo, et al. // J Foot Ankle Res. – 2018. – №11. – P. 57.
128. Umans R.L. Predictive MRI correlates of lesser metatarsophalangeal joint plantar plate tear / R.L. Umans, B.D. Umans, H.Umans, E. Elsinger // Skeletal Radiology. – 2016. – Vol.45. – P. 969–975.
129. Weil L. Jr. Anatomic plantar plate repair using the Weil metatarsal osteotomy approach / L. Jr. Weil, L .S. Sr. Weil, W. Sung // Foot Ankle Spec. – 2011. – Vol.4. – P. 145-150.
130. Williams A.E. Guidelines for the management of people with foot health problems related to rheumatoid arthritis: a survey of their use in podiatry practice / A.E. Williams, A.S. Graham, S. Davies, C.J. Bowen // J Foot Ankle Res. – 2013. – Vol.6 (1). – P. 23.
131. Young K.W. Modified proximal scarf osteotomy for hallux valgus / K.W. Young, H.S. Lee, S.C. Park // Clin. Orthop. Surg. 2018. – Vol.10, №4. – P. 479-483.