

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов  
имени Патриса Лумумбы»

*На правах рукописи*

**МАННАНОВ АЛЬБЕРТ МАРАТОВИЧ**  
**ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БРАХИМЕТАТАРЗИИ ПУТЕМ**  
**ОДНОМОМЕНТНОГО УДЛИНЕНИЯ ПЛЮСНЕВОЙ КОСТИ**  
**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АУТОТРАНСПЛАНТАТА**  
**ИЗ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ СТОПЫ**

3.1.8. Травматология и ортопедия

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
**Макинян Левон Гагикович**  
кандидат медицинских наук, доцент

Москва – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Этиология брахиметатарзии .....	11
1.2. Эпидемиологические характеристики брахиметатарзии .....	12
1.3. Патологическая анатомия при брахиметатарзии .....	14
1.4. Классификация брахиметатарзии .....	19
1.5. Клиническая картина брахиметатарзии .....	22
1.6. Методы лечения брахиметатарзии .....	23
1.6.1. Консервативная терапия .....	23
1.6.2. Оперативное лечение брахиметатарзии .....	24
1.7. Осложнения оперативного лечения брахиметатарзии .....	30
1.8. Совершенствование методик оперативного лечения брахиметатарзии ..	33
Резюме.....	33
<b>Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>35</b>
2.1. Дизайн исследования.....	35
2.2. Методы исследования .....	36
2.2.1. Рентгенологическое исследование .....	36
2.2.2. Оценка функциональных и субъективных результатов лечения .....	38
2.2.3. Статистический анализ данных .....	40
2.3. Характеристика групп исследования .....	41
2.4. Клиническая оценка в послеоперационном периоде.....	45
<b>Глава 3. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БРАХИМЕТАТАРЗИИ .....</b>	<b>47</b>
3.1. Техника одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутотрансплантата из трубчатых костей стопы.....	47
3.2. Техника дистракционного остеосинтеза плюсневой кости с использованием аппарата наружной фиксации .....	58
<b>Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>62</b>
4.1. Результаты лечения пациентов основной группы исследования (одномоментное удлинение с аутопластикой из трубчатых костей стопы)...	62
4.1.1. Функциональные показатели пациентов основной группы исследования после операции .....	62
4.1.2. Рентгенологическая оценка величины удлинения плюсневых костей в основной группе исследования .....	65
4.2. Осложнения, выявленные в основной и контрольной группах исследования.....	67

4.3. Сравнение результатов исследования .....	69
4.4. Клинические примеры.....	74
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>81</b>
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>88</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>	<b>90</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....</b>	<b>92</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>93</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Брахиметатарзия – это патология, которая характеризуется гипоплазией плюсневой (или плюсневых) кости в связи с преждевременным закрытием зоны роста. Данная патология не является распространенной. По данным литературы, частота этой патологии в популяции варьирует от 0,02 до 0,05 % [37, 49].

Этиология данного заболевания (патологии развития) остается недостаточно изученной [8, 59]. Всего выделяют три этиологические формы брахиметатарзии: идиопатическая врожденная форма, врожденная форма, ассоциированная с другими синдромами или заболеваниями, а также приобретенная. Травмы, сопровождающиеся повреждением зоны роста плюсневой кости, инфекционные заболевания, опухоли, ятрогенные повреждения могут быть причинами приобретенной формы заболевания.

Врожденная форма брахиметатарзии, ассоциированная с другими заболеваниями, характерна для таких патологий, как синдром Аспера, синдром Дауна, синдром МакКьюна – Олбрайта, остеодистрофия, серповидно-клеточная анемия, полиомиелит и многих других [61, 75]. Наиболее распространенной из этиологических форм является врожденная идиопатическая брахиметатарзия, ее частота составляет около 80 % [75].

Брахиметатарзия чаще встречается у женщин. Это подтверждают исследования, в которых приводятся соотношения встречаемости брахиметатарзии у женщин и мужчин: от 13 : 1 до 10,5 : 1 [63].

Наиболее часто происходит нарушение развития четвертой плюсневой кости – 80–90 % случаев [80].

У части пациентов присутствует билатеральная форма заболевания – укорочение плюсневых костей на двух стопах. Авторы, изучающие данную патологию, указывают довольно противоречивые данные о частоте билатеральной формы брахиметатарзии, процент случаев варьирует от 36 до 72 % [61].

Признаки брахиметатарзии обычно появляются в возрасте 10–14 лет, когда закрываются зоны роста плюсневых костей. Клиническая картина достаточно яркая. С учетом того, что нарушение развития становится явным в подростковом возрасте, стоит подчеркнуть наличие психологического аспекта заболевания. Некоторые исследователи указывают, что у части пациентов подросткового и молодого возраста развиваются психологические проблемы, связанные с неприятием своего тела, появляются трудности с социализацией [67].

Жалобы пациентов разнятся в зависимости от их возраста и пола. Молодые пациенты чаще предъявляют жалобы на эстетический дефект. Для пациентов среднего возраста характерны жалобы, связанные с последствиями длительного существования дефекта: боли в переднем отделе стопы (перегрузочная метатарзалгия), нарушения походки, оmozолелости кожных покровов и сложности с подбором обуви.

Несмотря на небольшую частоту распространенности заболевания в популяции, за медицинской помощью обращается значительный процент пациентов с данной патологией [27].

Коррекция длины плюсневой кости может быть достигнута только хирургическими методами. В настоящий момент наиболее распространены два способа хирургического лечения: одномоментное удлинение плюсневой кости с применением костной аутопластики и дистракционный остеосинтез на аппарате внешней фиксации. В России предпочтение отдается второму способу удлинения плюсневой кости [13, 15, 22].

### **Степень разработанности темы**

При изучении литературы были проанализированы результаты исследований, посвящённых способам хирургического лечения брахиметатарзии. В большинстве статей представлены результаты лечения и техники выполнения двух стандартных методов: дистракционного остеосинтеза и одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутотрансплантата.

Значительный вклад в изучение техники одномоментного удлинения внесли такие авторы как Jones M. D., Chaparro F., Goo H. B., Alter S. A., Waizy H. [28, 40,

65, 71, 115]. В их практике были применены аутотрансплантаты различных локализаций, а также использовался ряд методов остеотомии плюсневой кости. Во всех исследованиях авторы подчеркивают, что данная техника является эффективной, если укорочение плюсневой кости не превышает 15 мм. Заметный вклад в развитие техники distractionного остеосинтеза при брахиметатарзии внесли работы таких авторов, как Choi I. H., Kim H. T., Masada K. [42, 75, 92].

В России изучению результатов distractionного остеосинтеза при брахиметатарзии посвящены работы Салиева М. М., Скворцова А. П. [22, 24]. Авторы подчеркивают большие возможности методики, но указывают на значительное количество осложнений, обусловленных длительностью лечения. К аналогичным выводам приходит Jones M. D., который провел крупнейшее сравнительное исследование результатов лечения брахиметатарзии [28]. Нами не было найдено исследований, посвященных разработке новых методов хирургического лечения брахиметатарзии.

У каждого из методов лечения есть преимущества и недостатки. Distractionный остеосинтез на аппарате внешней фиксации позволяет удлинить плюсневую кость на 40 % от исходной длины. Возможно и большее удлинение, но, по мнению большинства авторов, это приводит к увеличению количества осложнений у пациентов. Из очевидных недостатков данного способа стоит отметить длительное время заживления и консолидации плюсневой кости (до 4–6 месяцев), высокую вероятность инфекционных осложнений в области проведения спиц и пинов, дискомфорт для пациента [22, 29].

Одномоментная операция – остеотомия плюсневой кости с применением костного аутотрансплантата – не позволяет произвести удлинение плюсневой кости на более чем 15 мм. Большее одномоментное удлинение может привести к перерастяжению сосудисто-нервного пучка и нарушению кровообращения в пальце стопы. Преимуществом данной методики является быстрая консолидация плюсневой кости и возможность ранней нагрузки на стопу. Среди минусов методики отмечают осложнения в области забора трансплантата, необходимость дополнительного доступа [31, 37].

Перспективной представляется разработка нового метода хирургического лечения способов удлинения плюсневых костей, лишенного таких недостатков, как длительный период реабилитации, наличие внешних фиксаторов, а также высокого риска послеоперационных осложнений.

Указанные обстоятельства обусловили актуальность исследования, посвященного совершенствованию методов хирургического лечения пациентов, страдающих брахиметатарзией.

### **Цель исследования**

Улучшение результатов хирургического лечения у пациентов с брахиметатарзией за счет одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы.

### **Задачи исследования**

1. Разработать и внедрить в клиническую практику метод лечения брахиметатарзии путем одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы и определить показания и противопоказания к нему.

2. Проанализировать краткосрочные и отдаленные клиничко-функциональные результаты лечения пациентов, которым было выполнено одномоментное удлинение плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из плюсневых костей стопы.

3. Сравнить краткосрочные и отдаленные клиничко-функциональные результаты лечения брахиметатарзии методом одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы с результатами контрольной группы пациентов, которым был выполнен дистракционный остеосинтез плюсневой кости.

4. Проанализировать и сравнить структуру послеоперационных осложнений в группе исследования пациентов, которым было выполнено одномоментное удлинение плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из плюсневых костей стопы с контрольной группой пациентов, которым был выполнен дистракционный остеосинтез плюсневой кости.

### **Научная новизна исследования**

Разработан новый способ хирургического удлинения луча стопы, заключающийся в одномоментном удлинении плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из плюсневых костей ипсилатеральной стопы (получено два патента на изобретение: «Способ удлинения фаланги пальца стопы при брахифалангии с применением аутотрансплантата» (RU2801422C1 2022.09.12), «Способ удлинения фаланги пальца стопы при брахифалангии с применением аутотрансплантата и плазмы крови, обогащенной факторами роста» (RU2819095C1 от 14.05.2024).

Определены показания и противопоказания к одномоментному удлинению плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы.

### **Теоретическая и практическая значимость исследования**

Полученные в рамках диссертационного исследования данные дополняют современные представления о причинах неудовлетворенности пациентов результатами лечения брахиметатарзии, а также позволили оптимизировать алгоритм лечения пациентов с данной патологией.

Разработан и внедрен новый метод хирургического лечения брахиметатарзии, также проведен анализ отдаленных результатов лечения и сравнение функциональных результатов пациентов основной и контрольной групп, что позволило:

- 1) определить показания и противопоказания к одномоментному удлинению плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы;
- 2) подтвердить высокую эффективность данного способа в хирургическом лечении брахиметатарзии по сравнению с дистракционным остеосинтезом плюсневой кости;
- 3) внедрить в клиническую практику данный метод одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы, который позволяет улучшить качество жизни и функциональные результаты лечения пациентов, страдающих брахиметатарзией.



### **Реализация результатов работы**

Основные положения диссертации нашли практическое применение в работе ортопедического отделения ГБУЗ «ГКБ № 13» г. Москвы.

Материалы диссертации используются в ходе учебного процесса на кафедре травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов при подготовке студентов, ординаторов и аспирантов.

### **Апробация работы**

Основные положения диссертации представлены в докладах и обсуждены на VII Международном конгрессе АСТАОР в г. Москве, на Евразийском ортопедическом форуме в г. Казани в 2023 г. Материалы диссертации доложены на заседании кафедры 3 июня 2023 г.

### **Публикация полученных результатов**

По теме диссертации опубликовано 2 печатные работы в изданиях из перечня ВАК/РУДН. Получено два патента на изобретение: «Способ удлинения фаланги пальца стопы при брахифалангии с применением аутотрансплантата» (RU2801422C1 2022.09.12), «Способ удлинения фаланги пальца стопы при брахифалангии с применением аутотрансплантата и плазмы крови, обогащенной факторами роста (PRGF)» (RU2819095C1).

### **Методология и методы исследования**

Выполнено рандомизированное экспериментальное клиническое исследование. Работа основана на проспективном анализе результатов лечения 65 пациентов, которым проводилось хирургическое лечение брахиметатарзии. На основании анализа клинических, рентгенологических и демографических данных были изучены особенности эпидемиологии данного заболевания. В основной группе 40 пациентам (61 %) с брахиметатарзией было выполнено одномоментное удлинение плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы. В контрольной группе в отношении 25 пациентов (39 %) применили стандартный способ лечения – дистракционный остеосинтез плюсневой кости с применением аппарата наружной фиксации. Динамическое наблюдение пациентов после хирургического лечения проводилось в срок до 36 месяцев с момента

операции. Было проведено сравнение функциональных результатов пациентов двух групп с использованием стандартных шкал, систематизированы и описаны осложнения, протоколы реабилитации. Применены следующие методы исследования: клинический, рентгенологический, статистический.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 104 страницах. Состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов. Содержит 30 рисунков и 16 таблиц. В библиографическом списке 121 работ, из них 27 отечественных и 94 иностранных источника.

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

1. Одномоментное удлинение укороченной плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из плюсневых костей ипсилатеральной стопы позволяет восстановить параболу Lelievre стопы за счет одновременного удлинения гипоплазированной кости и укорочения смежных плюсневых костей.

2. Разработанный метод хирургического лечения в связи с быстрым периодом реабилитации и отсутствием внешних фиксаторов связан с меньшим количеством осложнений по сравнению со стандартными способами хирургического лечения, что позволяет улучшить результаты лечения пациентов, страдающих брахиметатарзией.

## Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Этиология брахиметатарзии

Брахиметатарзия – редкая патология, которая характеризуется укорочением плюсневой кости или нескольких плюсневых костей в связи с преждевременным закрытием зоны роста. Частота встречаемости этой патологии в популяции составляет от 0,02 до 0,05 % [37, 49]. Если укорочены несколько плюсневых костей стопы, то такая патология называется брахиметаподия.

Непосредственная причина, которая приводит к преждевременному закрытию зоны роста плюсневой кости, не выявлена. Выделяют три основные этиологических формы брахиметатарзии: приобретенная, идиопатическая врожденная и врожденная форма, ассоциированная с другими заболеваниями и синдромами [60].

Приобретенная форма брахиметатарзии обычно является последствием травмы плюсневой кости (повреждением зоны роста), опухоли, инфекционных процессов или ятрогенного вмешательства. Врожденная форма, ассоциированная с другими заболеваниями, характерна для таких патологий, как синдром Апера, синдром Дауна, синдром МакКьюна – Олбрайта, остеодистрофия, серповидно-клеточная анемия, полиомиелит и др. (Таблица 1) [60].

**Таблица 1** – Синдромы и эндокринопатии, ассоциированные с брахиметатарзией [23]

<i>Синдромы</i>	<i>Эндокринопатии</i>
Синдром Дауна	Неонатальный гипертиреоз
Синдром Тернера	Псевдогипопаратиреоз
Синдром Холта-Орама	Эпифизарная дисплазия
Синдрома Клайнфельтера	Оссифицирующий миозит
Синдром Ларсена	Ахондроплазия
Синдром Апера	Точечная хондродисплазия
Множественные наследственные экзостоза	Акримикрическая дисплазия
Синдром Нэнси Хорана	Наследственная остеодистрофия Олбрайта
Дисхондроостеоз	
Синдром крика	
Польская аномалия	
Синдром Робинова	

Большинство случаев брахиметатарзии, описанных в литературе, относятся к идиопатическому врожденному типу. В эпидемиологических исследованиях многие авторы подчеркивают, что брахиметатарзия в основном встречается у женщин, хотя распределение соотношения между полами отличается в разных источниках [75, 83]. Также выявляются расхождения в оценке частоты двустороннего поражения стоп у пациентов: разные исследователи приводят цифры от 36% до 72 % [61, 102, 116]. Чаще всего нарушается развитие четвертой плюсневой кости, следующая по частоте встречаемости данной патологии — первая плюсневая кость.

Наиболее вероятной причиной врожденной идиопатической брахиметатарзии являются генетические нарушения [60]. Точных подтверждений этому нет, но многими авторами продолжается работа по изучению причин заболевания [29, 61, 94].

Часть авторов указывают, что заболевание может быть обусловлено наследованием, сцепленным с полом, поскольку брахиметатарзия чаще встречается у женщин [61, 107].

## **1.2. Эпидемиологические характеристики брахиметатарзии**

Анализ данных медицинской литературы позволяет лучше понять эпидемиологическую картину данной патологии. Нами были проанализированы несколько статей и собраны данные о пациентах, страдающих брахиметатарзией. В абсолютном большинстве случаев у пациентов наблюдалась идиопатическая врожденная форма брахиметатарзии. Средний возраст пациентов составлял  $20,5 \pm 12,8$  лет (от 9 до 53 лет). По данным исследований, большинство пациентов были женщины, соотношение полов составило в среднем 10,5 : 1 [45, 50].

У большинства пациентов поражение плюсневой кости было выявлено только на одной стопе. В одной трети случаев наблюдалась брахиметатарзия четвертой плюсневой кости, следующей по частоте была первая плюсневая кость. Если на стопе была поражена более чем одна плюсневая кость, то наиболее частой комбинацией становилась брахиметатарзия первой и четвертой плюсневых костей [30].

Пациенты предъявляли жалобы на косметический дефект, более половины жаловались на боль и сложности при ходьбе. В плане тактики лечения в 95 % случаев было выбрано оперативное лечение, которое заключалось либо в применении костной пластики, либо в использовании дистракционного аппарата [35].

На основании статей, посвящённых брахиметатарзии, составлена таблица, отражающая эпидемиологическую картину данной патологии (Таблица 2). Не во всех исследованиях были представлены данные по указанным ниже эпидемиологическим параметрам, поэтому количество пациентов меняется в зависимости от признака.

После изучения данных можно сделать вывод, что большинство случаев брахиметатарзии — это идиопатическая врожденная форма заболевания (99 %). Другие предпосылки, такие как врожденные синдромальные состояния, травмы, ятрогенные причины, составляют менее 1 % [45].

Большинство пациентов обращаются за медицинской помощью в молодом возрасте [55].

Анализ распределения по полу подтвердил, что данная патология превалирует у женщин (90 %). При этом в литературе встречаются исследования, где распределение по полу значительно отличается от указанного, — количество мужчин в этих исследованиях значительно выше [75]. Тем не менее, вероятно, женщины чаще, чем мужчины, обращаются к врачу по поводу эстетического дефекта [75].

В абсолютном большинстве случаев брахиметатарзия корректировалась хирургическим путем. Основными способами хирургического лечения были одномоментное удлинение с использованием костной пластики и дистракционный остеосинтез на аппарате внешней фиксации.

В зарубежной литературе частота применения данных способов примерно одинакова. Незначительно чаще используется одномоментное удлинение (51,8 %) [80]. Тогда как, согласно данным отечественной литературы, в РФ чаще используется дистракционный аппарат внешней фиксации [15, 22].

**Таблица 2** – Эпидемиологические характеристики брахиметатарзии

	<i>Количество (%)</i>
Пол (346 пациентов):	
– женщины	316 (91,32)
– мужчины	30 (8,67)
Распределение по возрасту (407 пациентов)	
– 10–20	193 (47,42)
– 20–30	211 (51,84)
– 30–60	3 (0,73)
Этиология (690 пациентов):	
– врожденная	685 (99,27)
– травматическая	3 (0,43)
– ятрогенная	2 (0,28)
Количество вовлеченных стоп (320 пациентов):	
– одностороннее	171 (53)
– двустороннее	149 (47)
Причина консультации (415 пациентов):	
– косметический дефект	204 (49,15)
– боль и сложности при ходьбе	195 (46,98)
– сложности с подбором обуви	16 (3,85)
Пораженный луч (447 пациентов):	
– М4	345 (77,18)
– М1	61 (13,64)
– М1 + М4	13 (2,9)
– М3 + М4	7 (1,56)
– Другие сочетания	21 (4,69)
Лечение (711 пациентов):	
– одномоментное удлинение с костной пластикой	369 (51,8)
– дистракция	313 (44,0)
– скользящая остеотомия	3 (0,42)
– другое (ортезирование)	27 (3,79)

### **1.3. Патологическая анатомия при брахиметатарзии**

Нормальная биомеханика шага во многом определяется анатомическим строением стопы.

В нормально развитой стопе головки плюсневых костей располагаются по параболической дуге – парабола Lelievre (Рисунок 1) [83]. Такое строение стопы позволяет равномерно распределять нагрузку на головки плюсневых костей при ходьбе и обеспечивает их равноудаленное расположение от земли во время опорной фазы шага.



**Рисунок 1** – Парабола Lelievre при правильном распределении плюсневых костей по высоте [95]

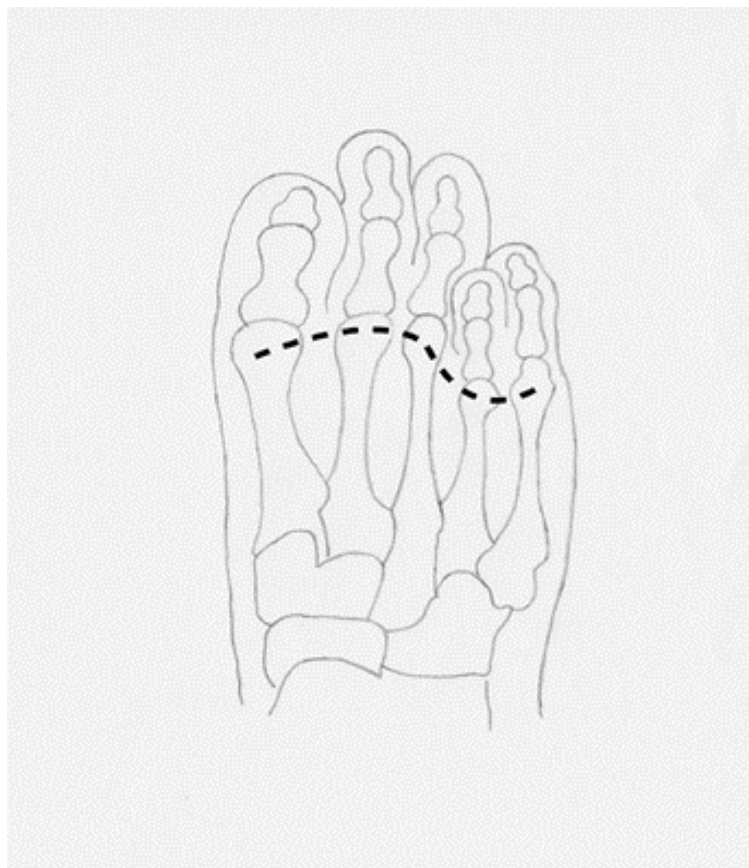
В литературе до сих пор ведутся споры относительно нормального распределения плюсневых костей по длине. Lelievre писал, что длина первой и второй плюсневых костей должна быть одинакова, длина остальных плюсневых костей – уменьшаться по порядку [95].

Choi I. H. и Klauser H. O. изучили анатомические данные 7167 пациентов и пришли к другому выводу: в 40 % случаев первая плюсневая кость длиннее, чем вторая; в 38 % случаев – короче, чем вторая; такая же по длине – всего в 22 % случаев [42].

При наличии у пациента брахиметатарзии парабола стопы значительно нарушена (Рисунок 2).

Брахиметатарзия – это комплексная деформация кости и окружающих мягких тканей луча стопы. Луч стопы состоит из плюсневой кости и соответствующих ему фаланг пальцев. Врожденная брахиметатарзия

характеризуется одновременным укорочением плюсневой кости и фаланг пальца, а при травматической приобретенной брахиметатарзии укорачивается только плюсневая кость, а фаланги пальцев имеют нормальное развитие [50].



**Рисунок 2** – Нарушение параболы Lelievre, характерное для наиболее частой формы брахиметатарзии четвертого луча [95]

Клинически брахиметатарзия луча стопы проявляется укороченным пальцем, который расположен ниже относительно остальных и отклонен дорсально, на подошвенной стороне стопы формируется кожная складка, и чем больше укорочение, тем складка глубже (Рисунок 3).





**Рисунок 3** – Двусторонняя брахиметатарзия четвертой плюсневой кости слева и третьей, четвертой плюсневых костей справа

Положение плюсневой кости при брахиметатарзии определяется расположением ее ростовой пластинки. Зона роста второй – четвертой плюсневых костей располагается в области шейки, зона роста первой плюсневой кости – в области ее основания. При брахиметатарзии первого луча плюсневая кость расположена с большей плантарной инклинацией, по сравнению с остальными плюсневыми костями. При брахиметатарзии второй – четвертой плюсневых костей их диафиз располагается в нормальном положении, а головка отклонена дорсально [61].

Длительно существующая гипоплазия плюсневой кости может приводить к возникновению других деформаций переднего отдела стопы и формированию стойкого болевого синдрома. Проксимальная фаланга пораженного луча располагается в нетипичном для себя месте, ниже головок плюсневых костей соседних лучей стопы.

Гипопластичная плюсневая кость не способна нести нагрузку, поэтому дополнительная нагрузка перераспределяется на остальные плюсневые кости. Поперечная межплюсневая связка при этом натягивается, изменяется нормальный контакт стопы с поверхностью, что также приводит к повышенному давлению на здоровые плюсневые кости. Таким образом, из-за постоянной перегрузки у некоторых пациентов появляется метатарзалгия [83].

Палец на укороченном луче чаще всего вовлекается в процесс вторично. Из-за укорочения плюсневой кости и последующего растяжения поперечной плюсневой связки соседние пальцы подтягиваются к укороченному лучу, а проксимальная фаланга пальца смещается дорсально, что приводит к потере функции червеобразных и межкостных мышц. На фоне этого увеличивается натяжение сухожилия сгибателя, что может приводить к формированию сгибательной когтеобразной деформации пораженного пальца. Когтеобразная деформация пальца, в свою очередь, сопровождается формированием мозоли и болевого синдрома в месте постоянного контакта пальца с обувью [95].

Поскольку короткая плюсневая кость не несет нагрузки и сгибательный аппарат пальца не работает, палец не достигает поверхности опоры и смещается все более дорсально, формируя симптом «флотирующего» пальца. С подошвенной стороны под плюсневой костью обычно формируется глубокая кожная борозда, а соседние пальцы смещаются в свободное пространство [61, 95] (Рисунок 4).



**Рисунок 4** – Глубокая подошвенная борозда под головкой четвертой плюсневой кости

При гипоплазии четвертой плюсневой кости довольно часто встречаются медиальное отклонение и ротация пятого пальца; пятый палец смещается на место четвертого, увеличивая нестабильность и дорсальное отклонение последнего [74].

Гипоплазия третьей плюсневой кости может привести к формированию наружного отклонения первого пальца стопы (*hallux valgus*), поскольку первый и второй пальцы будут отклоняться наружу, стремясь заполнить пустое пространство на месте третьего пальца, отклоненного дорсально [80].

При длительном существовании брахиметатарзии в дегенеративный процесс также вовлекаются окружающие мягкие ткани, возможно формирование контрактур кожных покровов, капсулы суставов и сухожилий [82]. Растяжение места крепления плантарной фасции и контрактура капсулы сустава могут формировать подвывих в плюснефаланговом суставе.

#### **1.4. Классификация брахиметатарзии**

В связи с многообразием клинических форм и проявлений в литературе нет единого подхода к классификации брахиметатарзии [83].

Тем не менее на основании клинических и эпидемиологических данных можно выделить следующие формы брахиметатарзии:

По этиологии:

- идиопатическая врожденная;
- врожденная ассоциированная с другими заболеваниями;
- приобретенная.

По локализации:

- односторонняя;
- двусторонняя.

По количеству вовлеченных плюсневых костей:

- одиночная;
- множественная;
- брахиметаподия.

По наличию болевого синдрома:

- без метатарзалгии;
- с метатарзалгией.

Брахиметатарзия без сопутствующей деформации стопы:

- изолированное укорочение плюсневой кости;
- укорочение плюсневой кости и основной фаланги;
- укорочение плюсневой кости, вывих фаланги.

Брахиметатарзия, сочетающаяся с деформацией стопы:

- сочетание с патологией первого луча – hallux valgus различной степени;
- сочетание с патологией пятого луча – варусная деформация пятого пальца.

По величине укорочения:

- легкой степени – укорочение до 10 мм;
- средней степени – укорочение до 20 мм;
- тяжелой степени – укорочение более 20 мм.

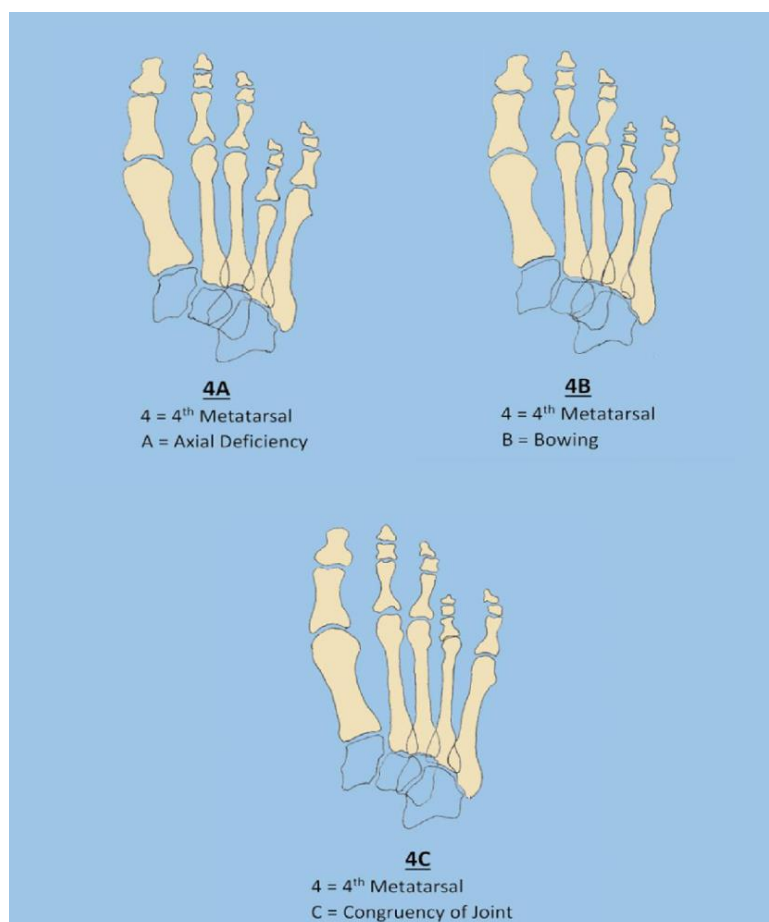
Lamm В. М. с соавторами предложили удобный способ классификации брахиметатарзии. Авторы заметили, что существует несколько видов деформации плюсневой кости. Плюсневая кость может быть просто укорочена, а может быть деформирована в определенных частях: диафизе, шейке, головке плюсневой кости [83].

Автор выделил три типа деформаций:

- тип А – простое укорочение плюсневой кости по длине;
- тип В – угловая деформация диафиза плюсневой кости;
- тип С – нарушение конгруэнтности плюснефалангового сустава, при котором он вовлекается в деформацию.

В классификации каждой плюсневой кости присваивается последовательный номер – от 1 (для первой плюсневой кости) до 5 (для пятой плюсневой кости). Цифра указывает на то, какая из плюсневых костей укорочена. Характер деформации обозначается буквами А, В или С.

Тип А соответствует простому укорочению плюсневой кости. Тип В указывается при угловой деформации плюсневой кости, при этом угловая деформация может располагаться в любой плоскости. Если плюсневая кость укорочена по длине и одновременно присутствует угловая деформация, то для описания деформации используются буквы АВ. Деформация области плюснефалангового сустава, нарушение его конгруэнтности – буква С. Например, если у пациента отмечается укорочение четвертой плюсневой кости, угловая деформация диафиза и нарушение конгруэнтности плюснефалангового сустава, то деформация классифицируется как 4 ABC (Рисунок 5).



**Рисунок 5** – Классификация брахиметатарзии по Lamm [83]

Представленная классификация удобна в использовании. Она позволяет сравнивать результаты разных исследований и отражает анатомическое многообразие форм брахиметатарзии. Классификация Lamm также была применена в данном исследовании.

### **1.5. Клиническая картина брахиметатарзии**

Клинические проявления брахиметатарзии варьируются в зависимости от количества вовлеченных в процесс плюсневых костей.

Жалобы пациентов зависят от таких факторов, как возраст, пол, количество укороченных плюсневых костей, наличия одностороннего или двустороннего процесса [59].

Одна из основных жалоб пациентов, страдающих этой патологией, – эстетический дефект. Косметический дефект – наиболее популярная жалоба среди подростков и молодых пациентов.

Взрослые пациенты чаще всего жалуются на болевой синдром в области переднего отдела стопы (метатарзалгия), раздражение кожных покровов, формирование омовололостей, сложности с подбором обуви, нарушение походки [58].

Также пациенты предъявляют жалобы на деформацию пальца укороченного луча (чаще всего когтеобразная), снижение объема движений в плюснефаланговом суставе, сопутствующие деформации стопы (*hallux valgus*), контрактуру мягких тканей [45].

Чем старше пациент, тем более выражен болевой синдром. Также высокая интенсивность болевого синдрома характерна для пациентов с повышенной массой тела и больных, которые много времени проводят на ногах [8, 61].

Диагностика брахиметатарзии не представляет сложностей. В нее входит клинический осмотр и оценка рентгенологической картины.

На прямой рентгенограмме оценивают параболу Lelievre. При укорочении одной из плюсневых костей на более чем 5 мм относительно линии, соединяющей дистальные отделы головок второй – пятой плюсневых костей, диагностируют брахиметатарзию [53].

На рентгенограммах выявляется укороченная и гипопластичная плюсневая кость. Обычно отмечается остеопороз головки плюсневой кости. Палец чаще располагается в прямом положении над нагружаемой поверхностью. Часто при идиопатической врожденной форме брахиметатарзии, помимо укорочения плюсневой кости, наблюдается укорочение проксимальной фаланги этого же луча [60].

## **1.6. Методы лечения брахиметатарзии**

### ***1.6.1. Консервативная терапия***

Консервативная терапия при брахиметатарзии чаще всего применяется у пациентов, которым операция противопоказана, или в случае, если пациент отказывается от оперативного лечения.

Основная задача консервативного лечения – уменьшить давление на деформированный палец или перегруженные головки плюсневых костей. У

пациентов, страдающих гиперкератозом или болевым синдромом, терапией первого ряда является использование ортезов, медицинских пластырей, ношение широкой обуви [47].

У молодых пациентов с болевым синдромом, которым не может быть выполнена операция, основная цель консервативной терапии – коррекция биомеханических нарушений при ходьбе. У таких пациентов часто отмечается эквинусная деформация стопы.

Ортезирование позволяет контролировать болевой синдром, при правильном применении ортезов боль становится значительно менее выраженной через 3 месяца терапии [47].

### ***1.6.2. Оперативное лечение брахиметатарзии***

Основная цель оперативного лечения – восстановление плюсневой параболы и достижение приемлемого эстетического результата. Существуют две наиболее распространенные техники операции при брахиметатарзии: одномоментное удлинение плюсневой кости с использованием костного ауто- или аллотрансплантата и постепенное удлинение путем формирования костной мозоли с использованием аппарата внешней фиксации [40].

При подборе метода лечения необходимо учитывать эмоциональный и психологический статус пациента, его отношение к данной деформации. Брахиметатарзия может проявляться физическим дискомфортом и являться причиной психологических проблем, сложностей в социальном аспекте жизни.

Многие авторы указывают, что следует учитывать степень комфорта выбранного способа лечения, пол, возраст, профессию, а также возможность пациента соблюдать ограничения в послеоперационном периоде. Учет всех факторов при выборе методики лечения увеличит комплаентность пациента и облегчит период реабилитации [40, 42, 59].



### **А. Скользящая остеотомия**

В 1984 году Marcinko D. E. с соавторами [91] описали способ z-образной остеотомии для коррекции посттравматического укорочения плюсневой кости. Основным преимуществом данной процедуры является отсутствие необходимости применения аутотрансплантата, что снижает вероятность дополнительных осложнений в месте забора костной ткани.

Tabak В. с коллегами описали способ применения скользящей остеотомии для коррекции длины укороченной второй плюсневой кости. Авторы отметили, что удлиняющая остеотомия обладает меньшим количеством осложнений по сравнению с другими методиками, но величина удлинения кости значительно ограничена [108].

В литературе отражено небольшое количество исследований одноэтапного удлинения плюсневой кости с помощью скользящей остеотомии. Большинство из них – описание клинических случаев.

Осложнений после удлиняющей остеотомии практически не было, получены хорошие функциональные и косметические результаты. Но в этих сериях наблюдений у пациентов не было значительного укорочения плюсневой кости, что ограничивает применение метода только при небольших укорочениях [53, 56, 66, 103].

### **Б. Одномоментное удлинение плюсневой кости с применением костной пластики**

Данная операция подразумевает под собой остеотомию и одномоментное удлинение укороченной плюсневой кости с замещением образовавшегося дефекта костным ауто- или аллотрансплантатом.

Впервые подобную методику описал McGlamry A. S. с коллегами в 1969 году. McGlamry A. S. и Cooper F. были первыми, кто использовал аутокость в качестве трансплантата для лечения брахиметатарзии. Они использовали костную ткань из латеральной части пяточной кости [73]. Впоследствии было описано много техник данной операции, а также различные локализации для забора аутотрансплантата:



дистракционными методиками. Они предложили способ интраоперационного постепенного растяжения области остеотомии плюсневой кости на протяжении 20–30 минут с целью снижения риска сосудистых осложнений. В их серии наблюдений консолидация зоны остеотомии состоялась у всех пациентов, осложнений, связанных с нарушением кровоснабжения, отмечено не было. Среди осложнений чаще всего отмечалась тугоподвижность в плюснефаланговом суставе удлинённого луча и краевые некрозы кожных покровов [65].

Jones M. D. с коллегами проанализировали результаты одномоментного удлинения плюсневой кости с костной пластикой (ауто трансплантаты разных локализаций) у 349 пациентов, средняя величина удлинения составила  $13,3 \pm 2,8$  мм. Консолидация зоны остеотомии произошла в 95 % случаев. Среди осложнений были тугоподвижность плюснефалангового сустава, несостоятельность трансплантата и фиксации области остеотомии. Из преимуществ методики авторы отметили быстрый индекс заживления и меньшее количество осложнений, чем при дистракционном удлинении [71].

Giannini S. с соавторами проводили одномоментное удлинение плюсневой кости при брахиметатарзии с использованием костных аллотрансплантатов, была выполнена 41 операция. Средний возраст пациентов составил  $24,3 \pm 4,8$  года, преобладали пациенты женского пола. Среднее удлинение плюсневой кости составило  $13 \pm 2,1$  мм, увеличение длины плюсневой кости – на 23 %. Фиксацию производили с помощью спиц. Авторы не описывают ни одного случая осложнений, у всех пациентов достигнута консолидация [64].

При этом другие исследователи отмечают повышенный риск инфекционных осложнений, связанных с использованием аллотрансплантатов, а также ограничение в возможности их использования у взрослых пациентов с сопутствующими соматическими заболеваниями [40, 43].

Waizy H. с коллегами описали способ оперативного лечения брахиметатарзии у пациентов с использованием ауто трансплантата из малоберцовой кости. Область остеотомии плюсневой кости авторы фиксировали пластиной. Консолидация была достигнута во всех случаях, средняя величина

удлинения составила  $9,01 \pm 3,8$  мм (от 5,24 до 12,54 мм), среднее удлинение плюсневой кости – 23,3 % от изначальной длины. Послеоперационных осложнений в их серии наблюдений отмечено не было. Авторы приходят к выводу, что данный способ может являться стандартом у пациентов, страдающих брахиметатарзией, при этом указывают, что укорочение плюсневой кости не должно превышать 15 мм [115].

Многие авторы считают, что при применении одномоментного удлинения с костной пластикой необходимо выполнять z-образную пластику сухожилий разгибателей, релиз межкостных мышц и, при необходимости, тенотомию сухожилия сгибателя пальца [73, 104].

### **В. Удлинение с помощью дистракционного аппарата внешней фиксации**

Данный метод хирургического лечения заключается в остеотомии плюсневой кости и последующей дистракции фрагментов на аппарате внешней фиксации с формированием костной мозоли. Новообразованная кость заполняет промежуток между остеотомированными отломками. Когда укороченная плюсневая кость достигает достаточной длины, тракция прекращается [29].

Дистракция обычно проводится с использованием наружного фиксатора, который стабилизирует отломки, обеспечивает постепенное растяжение костной мозоли и окружающих мягких тканей. Постепенное растяжение мягких тканей значительно снижает риск вазоспазма, который может быть вызван одномоментным и быстрым растяжением плюсневой кости [58].

Стандартный аппарат наружной фиксации для тракции отломков плюсневой кости обычно состоит из четырех пинов, которые фиксированы проксимально и дистально от области остеотомии плюсневой кости и закреплены на стержне в одной плоскости [58].

Данный способ оперативного лечения может быть выполнен также малоинвазивно. Остеотомию выполняют с помощью костного бора, что обеспечивает щадящее отношение к мягким тканям, более высокие косметические результаты, но время консолидации остается тем же [81].

Дистракция плюсневой кости должна проводиться медленнее, чем дистракция длинных трубчатых костей. Скорость дистракции обычно составляет 0,25 мм в день, это оптимальная скорость для удлинения кости и формирования костной мозоли [87].

Многие авторы рекомендуют фиксировать плюснефаланговый сустав с помощью спицы до окончания дистракции кости, что помогает предотвратить формирование вывиха или подвывиха в плюснефаланговом суставе. В качестве альтернативы аппарат внешней фиксации можно также фиксировать к проксимальной фаланге пальца [92].

Choi I. H. с коллегами изучили результаты 21 пациента, которым был выполнен дистракционный остеосинтез по поводу брахиметатарзии. У всех пациентов была достигнута консолидация области остеотомии, при этом авторы отмечают длительный период заживления. Из основных преимуществ метода указано отсутствие вероятности нейрососудистых осложнений [42].

Shcaira A. P. с соавторами использовали метод постепенной дистракции для коррекции брахиметатарзии четвертого и первого лучей. Авторы подчеркивают, что с помощью дистракции, в отличие от одномоментного удлинения, можно добиться значительно большего удлинения плюсневой кости. Также коллектив авторов указывает на то, что скорость консолидации первой плюсневой кости медленнее, чем четвертой плюсневой кости. У 5 % пациентов в их исследовании были отмечены инфекционные осложнения в местах проведения пинов. Консолидация была достигнута во всех случаях [103].

Masada K. с коллегами описали хорошие результаты дистракционного остеосинтеза плюсневой кости при брахиметатарзии у 15 пациентов. Консолидация была достигнута во всех случаях, величина удлинения составила от 15 до 41 % от изначальной длины плюсневой кости. Авторы отметили такие осложнения, как тугоподвижность в суставе, подвывих в плюснефаланговом суставе, сращение плюсневой кости со смещением. В двух случаях потребовалась ревизионная операция. Авторы приходят к выводу, что удлинение плюсневой кости путем дистракционного остеосинтеза не должно превышать 40 % от ее исходной длины [92].

Fuiano M. с коллегами рекомендуют дистракционный остеосинтез плюсневой кости при брахиметатарзии как основной метод лечения. В своей серии наблюдений авторы получили только отличные результаты и ни 1 случая осложнений [58]. Следует отметить, что в исследовании приняло участие небольшое количество пациентов (11 человек), этим может быть обусловлено отсутствие осложнений.

### **1.7. Осложнения оперативного лечения брахиметатарзии**

Анализируя данные литературы, следует отметить, что выборка пациентов для исследования значительно влияет на вероятность и частоту осложнений после применения той или иной методики.

В связи с этим для более корректной оценки преимуществ и недостатков двух методик были проанализированы результаты лечения брахиметатарзии с большой выборкой пациентов.

Общая частота осложнений после одномоментного удлинения плюсневой кости с костной пластикой составляет 19,48 % [32].

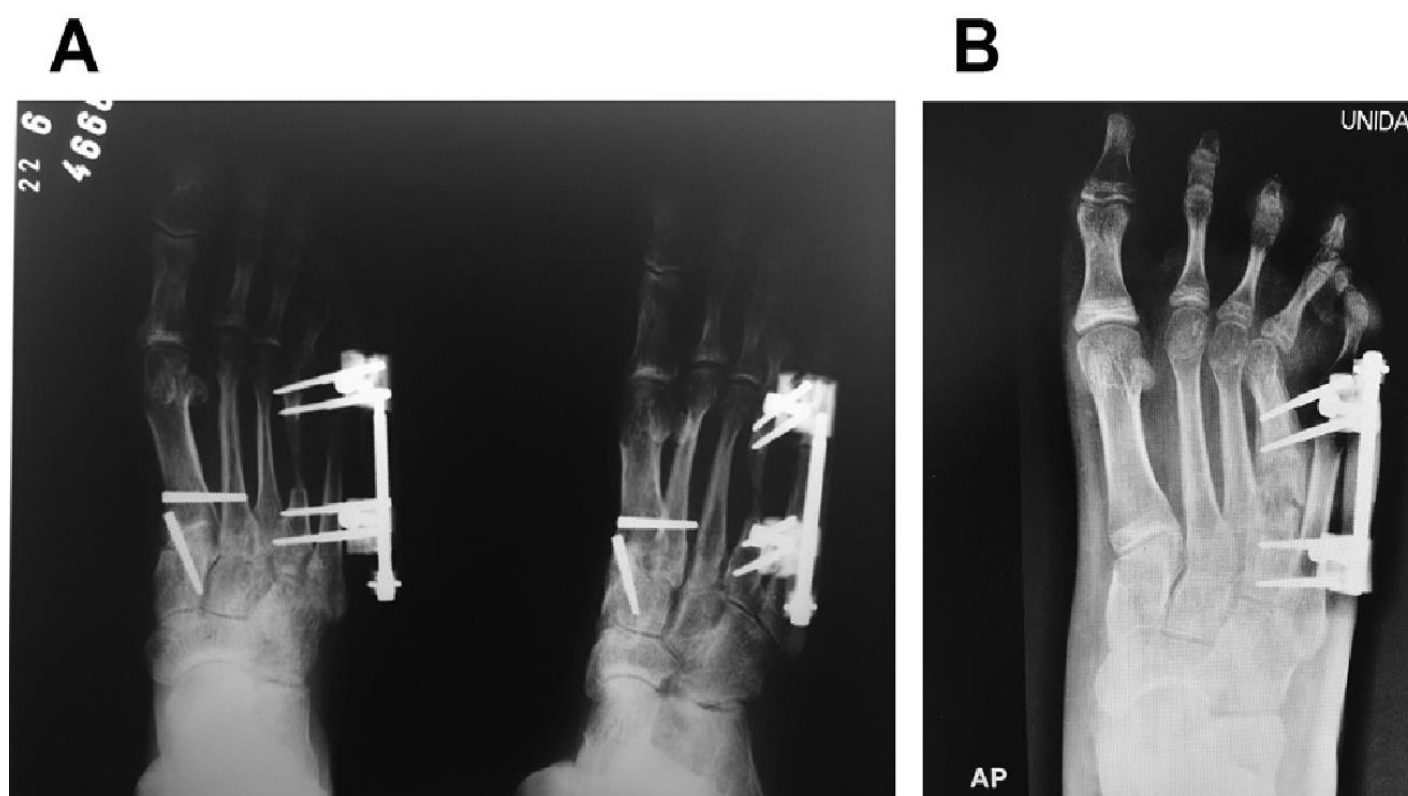
К наиболее частым осложнениям относятся ограничение объема движений в плюснефаланговом суставе, резорбция костного трансплантата, нестабильная фиксация, подвывих в плюснефаланговом суставе, сращение со смещением, осложнения в месте забора костной ткани [82].

При этом уровень осложнений при дистракционной коррекции значительно выше и достигает 50 % случаев. В 12,62 % случаев отмечается нарушение формирования костной мозоли, нарушение оси плюсневой кости, подвывих плюснефалангового сустава. Подвывих в плюснефаланговом суставе чаще всего происходит из-за чрезмерного удлинения плюсневой кости. Тугоподвижность в плюснефаланговом суставе наблюдается в 17 % случаев, инфекция области проведения спиц – в 8 % [34].

Вероятность осложнений также связана с номером плюсневой кости, которую удлиняют. Kim H. T. с соавторами отмечают, что при дистракционном удлинении первой плюсневой кости в их серии наблюдений количество

осложнений составило 40 %, тогда как при удлинении четвертой плюсневой кости – 18,9 %.

Наиболее частым осложнением дистракционного удлинения первой плюсневой кости стала тугоподвижность в плюснефаланговом суставе, для четвертой плюсневой кости – инфекция в области проведения пинов и угловое смещение отломков (Рисунок 6) [77].



**Рисунок 6 – А.** Нарушение формирования костной мозоли при дистракционном остеосинтезе четвертой плюсневой кости. **Б.** Формирование угловой деформации и ложного сустава четвертой плюсневой кости при дистракционном остеосинтезе (серия наблюдений Kim H. T. с коллегами) [74]

Jones M. D. с соавторами провели одно из крупнейших исследований результатов оперативного лечения брахиметатарзии, средний возраст пациентов составил  $21,7 \pm 7,3$  года. Авторы сравнивали между собой основные методы оперативного лечения брахиметатарзии: одномоментное удлинение с костной пластикой, дистракционный остеосинтез и комбинированный метод (дистракция с внутренней фиксацией). Изучили данные 457 пациентов и результаты 761 операции. Осложнения в каждой из исследуемых групп были зафиксированы,

проведено сравнение между группами. На основании изученных данных было отмечено, что наибольшее количество осложнений было в группе дистракционного остеосинтеза – 51,8 %. Причем в 12,62 % это были серьезные осложнения, требующие повторного оперативного лечения. В группе одномоментного удлинения с костной пластикой общее количество осложнений составило 19,48 %. Наиболее частым осложнением в группе дистракционного остеосинтеза был подвывих в плюснефаланговом суставе. Для его профилактики рядом авторов была предложена техника фиксации аппарата, при которой устанавливаются пины и фиксируются в проксимальную фалангу пальца, что минимизирует вероятность формирования подвывиха [71].

При одномоментном удлинении плюсневой кости с использованием костной аутопластики, по данным литературы, наиболее частым осложнением является перерастяжение сосудисто-нервного пучка.

Тем не менее, согласно исследованию Jones M. D., ни один автор не указал, что такое осложнение в его серии наблюдений действительно было. Это заставляет сомневаться в том, что вазоспазм является самым частым осложнением одномоментного удлинения плюсневой кости. Возможно, многие авторы не отражали этот тип осложнений в своих результатах или большинство авторов использовали во время операции технику медленной дистракции, предложенную Baek G. H. с соавторами [33].

В литературе сформулированы основные рекомендации для одномоментной техники – одномоментное удлинение плюсневой кости не более чем на 15 мм или не более чем на 25 % изначальной длины плюсневой кости. Основная рекомендация для дистракционной техники – увеличение длины не более чем на 40 % от исходной длины плюсневой кости.

Таким образом, удлинение через формирование мозоли позволяет добиться большего удлинения плюсневой кости, но требует значительно большего времени для заживления, но удлинение с помощью дистракционного остеосинтеза сопровождается большим количеством осложнений по сравнению с



одномоментным удлинением и требует большего времени до полного заживления [40, 42, 71, 82].

Поэтому необходимо усовершенствовать методику одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутотрансплантата, которое позволит добиться большего удлинения плюсневой кости, будет иметь небольшие сроки заживления и лишено недостатков distractionного метода.

### **1.8. Совершенствование методик оперативного лечения брахиметатарзии**

Некоторые авторы предпринимают попытки модернизировать технику distraction и уменьшить время наложения аппарата внешней фиксации. Одна из разработок – остеосинтез области distraction пластиной сразу после достижения необходимого удлинения. Это позволяет упростить реабилитационный период, уменьшить время установки аппарата внешней фиксации и сократить количество инфекционных осложнений [80].

Davidson R. S. с коллегами описали способ одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием гребня подвздошной кости. Нововведение заключается в изменении выполнения остеотомии плюсневой кости. Авторы не выполняют остеотомию диафиза, а производят доступ к области плюснефалангового сустава, проводят дистальную остеотомию и таким образом реконструируют параболу стопы.

Преимуществами методики является более эффективный релиз мягких тканей. Авторы утверждают, что капсулотомия позволяет эффективно манипулировать отломками и снижать вероятность вазоспазма. Авторы прооперировали 56 стоп, среднее удлинение составило  $22,9 \pm 5,8$  мм. У 1 пациента было отмечено формирование ложного сустава, не было выявлено ни 1 случая нейрососудистых осложнений. У 13 пациентов авторы отметили снижение объема движений в плюснефаланговом суставе [52].

### **Резюме**

Оперативное лечение является основным способом коррекции разницы длины плюсневых костей. При этом одномоментная операция с использованием костного трансплантата ограничена величиной удлинения плюсневой кости (15 мм), а также несет риски осложнений в месте забора трансплантата.

Дистракционный остеосинтез позволяет удлинить плюсневую кость не более чем на 15 мм, но использование дистракционного аппарата внешней фиксации приводит к большому количеству осложнений и требует длительного времени для заживления области остеотомии.

В целом одномоментная техника имеет преимущества, поскольку не требует использования внешних фиксаторов и последующего длительного реабилитационного периода. Консолидация наступает значительно быстрее, чем при дистракционном остеосинтезе.

Нами была усовершенствована техника одномоментного удлинения плюсневой кости с применением костного ауотрансплантата. По нашему мнению, при необходимости выполнения костной пластики плюсневой кости наиболее предпочтительное донорское место – прилегающая плюсневая кость.

Суть разработанной нами методики заключается в одномоментном удлинении плюсневой кости и укорочении прилегающих трубчатых костей стопы, что позволяет добиться лучших результатов с меньшим количеством осложнений, характерных для каждой из двух стандартных техник оперативного лечения брахиметатарзии.

У большинства пациентов с брахиметатарзией изменена биомеханика стопы. Это приводит к перегрузкам плюсневых костей и формированию метатарзалгии.

Забор ауотрансплантата из близлежащих плюсневых костей позволяет уменьшить разницу в длине плюсневых костей, восстановить параболу стопы и исключить причину возникновения метатарзалгии. Костные трансплантаты из плюсневых костей имеют такую же форму и анатомическое строение и не требуют дополнительной обработки перед имплантацией, что уменьшает травматизацию трансплантата.

Требуется меньшее увеличение длины четвертой плюсневой кости, поэтому при использовании данного метода уменьшается общее натяжение мягких тканей стопы, значительно снижается вероятность сосудисто-нервных осложнений и тугоподвижности плюснефалангового сустава.

Метод может быть применен у пожилых пациентов со сниженной эластичностью мягких тканей.

## **Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Дизайн исследования**

Для подтверждения эффективности нового способа оперативного лечения нами было проведено рандомизированное экспериментальное клиническое исследование результатов применения разработанной методики оперативного лечения брахиметатарзии.

В исследовании участвовало 65 пациентов (оперативное лечение было выполнено на 83 стопах) с подтвержденным диагнозом «брахиметатарзия».

Пациенты были разделены методом конвертов на две группы. Основной группе пациентов (40 пациентов, 50 стоп) было выполнено одномоментное удлинение укороченной плюсневой кости с использованием аутооттрансплантатов из трубчатых костей стопы. Контрольной группе пациентов (25 пациентов, 33 стопы) был выполнен дистракционный остеосинтез плюсневой кости с использованием аппарата наружной фиксации. Данный способ оперативного лечения для контрольной группы был выбран в связи с его распространенностью на территории РФ. Впоследствии функциональные и рентгенологические показатели пациентов сравнивали между группами с использованием ортопедических шкал, контрольные осмотры производились через 3, 6 месяцев, 1 и 3 года после операции.

**Критериями включения** пациентов в исследование были:

– брахиметатарзия плюсневой кости (унилатеральная или билатеральная форма);

- первичная идиопатическая или посттравматическая форма брахиметатарзии;

- отсутствие в анамнезе оперативного вмешательства на стопе.

**Критерии невключения:**

- пациенты с врожденной брахиметатарзией, сопряженной с патологическими синдромальными состояниями или заболеваниями;

- пациенты, страдающие хроническими соматическими (в том числе ревматологическими) заболеваниями, хронической венозной недостаточностью, ишемическим поражением сосудов нижних конечностей;

- наличие инфекционных заболеваний в области стоп;

- пациенты с длительным анамнезом курения.

## **2.2. Методы исследования**

Во время первичного осмотра все показатели пациентов заносили в специальные анкеты. Протокол обследования пациентов включал в себя сбор жалоб, клинический осмотр, оценку рентгенограмм, оценку функционального состояния стопы по шкале AOFAS, оценку эстетического результата по шкале GAIS, оценку выраженности болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) боли.

### ***2.2.1. Рентгенологическое исследование***

Рентгенологическое исследование проводили всем пациентам при первичном обращении, после проведения хирургического вмешательства, затем спустя 3, 6 и 12 месяцев с момента операции и далее – 1 раз в год. Рентгенографию стопы выполняли в прямой и боковой проекциях под нагрузкой. При оценке рентгенограмм до операции анализировали следующие данные:

- общая длина каждого луча;

- длина плюсневой кости и фаланг пальца;

- характер и величина угловых деформаций;

- состояние эпифизарных зон роста;

– абсолютная величина укорочения плюсневой кости.

Величину укорочения плюсневой кости определяли на рентгенограмме стопы, выполненной в передне-задней проекции под нагрузкой с помощью программы RadiAnt.

Проводили линию от дистальной части головки второй плюсневой кости до дистальной части головки пятой плюсневой кости (соответствует плюсневой параболе стопы), затем проводили линию, параллельную ее диафизу. Величину укорочения пораженной плюсневой кости измеряли в миллиметрах по диафизарной линии: она представляла собой расстояние от дистальной части головки укороченной плюсневой кости до линии, соединяющей дистальные части головок плюсневых костей (Рисунок 7).



**Рисунок 7** – Измерение укорочения четвертой плюсневой кости на передне-задней рентгенограмме стопы

На рентгенограммах стопы, выполненных в масштабе 1 : 1, с помощью программы просмотра изображений RadiAnt измеряли длины второй, третьей, четвертой, пятой плюсневых костей. Рассчитывали величину трансплантата для укороченной плюсневой кости так, чтобы ее длина в итоге была меньше длины предыдущей плюсневой кости на 3–5 мм.

Трансплантат забирали из диафиза наиболее длинной плюсневой кости, основной целью было – восстановление парабола стопы. На рентгенограммах стопы, выполненных после операции (3, 6, 12 месяцев), оценивали:

- динамику формирования дистракционного регенерата;
- наличие консолидации в области остеотомии;
- возможные нарушения консолидации и угловые смещения;
- величину удлинения плюсневой кости.

### **2.2.2. Оценка функциональных и субъективных результатов лечения**

Для объективной оценки функции стопы до и после операции использовали шкалу AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society hindfoot score).

**Таблица 3 – Шкала AOFAS**

<b>1. Боль (40 баллов)</b>	
Отсутствует	40
Небольшая боль, возникает периодически	30
Средняя боль, ежедневно	20
Выраженная боль, постоянно	0
<b>2. Функция (50 баллов)</b>	
Ограничения активности, необходимость дополнительной опоры:	
– нет ограничений, не требуется дополнительная опора	10
– нет ограничений ежедневной активности, ограничения в выполнении физических нагрузок, не требуется дополнительная опора	7
– ограничена ежедневная активность, необходима трость	4
– выраженное ограничение ежедневной активности, необходима дополнительная опора: костыли, трость, внешняя фиксация сустава	0
Максимальная дистанция:	
– более 600 м	5
– 400–600 м	4

– 100–300 м	2
– менее 100 м	0
Ходьба по различным поверхностям:	
– нет сложностей при ходьбе по любым поверхностям	5
– некоторые сложности при ходьбе по неровной поверхности, лестницам, наклонным поверхностям	3
– сложности при ходьбе по ровной поверхности	0
Нарушения походки:	
– нет	8
– заметные	4
– сильно выражены (хромота)	0
Движения в сагиттальной плоскости (сгибание + разгибание):	
– нормальный объем движений или легкое ограничение (30° или больше)	8
– умеренное ограничение (15–29°)	4
– выраженное ограничение (менее 15°)	0
Движения области заднего отдела стопы (эверсия и инверсия стопы):	
– нормальный объем или легкое ограничение (75–100 % от нормы)	6
– умеренное ограничение (25–74 % от нормы)	3
– выраженное ограничение (менее 25 % от нормы)	0

#### Продолжение таблицы 5

Стабильность голеностопного сустава (переднезадняя, варус – вальгус):	
– стабильный	8
– нарушение стабильности	0
<b>3. Анатомическое положение (10 баллов)</b>	
Правильное, вертикальное положение стопы, правильное положение средней части стопы	10
Нарушенное, вертикальное положение стопы, нарушение положения области среднего отдела стопы	8
Неправильное, нарушение вертикального положения стопы, деформация, наличие клинической симптоматики	0

Шкала имеет три раздела, для оценки выраженности болевого синдрома, функции конечности и анатомических взаимоотношений в суставе.

Максимальная оценка по данной шкале составляет 100 баллов, что соответствует отсутствию патологии в области голеностопного сустава.

Данная шкала была выбрана для исследования, поскольку широко применяется в научной литературе и позволяет сравнивать результаты различных исследований между собой [120].

Результаты по шкале AOFAS от 90 до 100 баллов расценивали как отличный результат, от 80 до 89 – как хороший, от 70 до 79 – плохой, меньше 70 – неудовлетворительный.

Для оценки выраженности болевого синдрома использовали ВАШ боли, где 0 см – отсутствие болевого синдрома, 10 см – максимальный болевой синдром [120].

Для оценки эстетических результатов коррекции использовалась шкала общего эстетического улучшения GAIS (Global Aesthetic Improvement Scale).

Шкалы AOFAS и GAIS широко применяются в ортопедической практике для оценки результатов хирургического лечения.

Использование данных шкал позволяет объективно оценить состояние сегмента конечности и сравнить полученные данные с результатами, представленными в мировой литературе.

**Таблица 4 – Шкала GAIS [121]**

<i>Баллы</i>	<i>Оценка врачом</i>	<i>Оценка пациентом</i>
3	Достигнут оптимальный для данного пациента результат коррекции	Полностью удовлетворен результатом
2	Выраженное улучшение внешнего вида по сравнению с исходным состоянием, однако дополнительная коррекция позволит добиться лучшего результата	Удовлетворен результатом, но хотелось бы его улучшить
1	Заметное улучшение внешнего вида по сравнению с исходным состоянием, однако необходимы дополнительная коррекция или повторное лечение	Улучшение незначительное, желательно дополнительная коррекция
0	Внешний вид практически не отличается от такового до коррекции	Без изменений
-1	Внешний вид хуже, чем до коррекции	Ухудшение по сравнению с исходным состоянием

### ***2.2.3. Статистический анализ данных***

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы IBM SPSS 26. Проверка распределения на нормальность проводилась с использованием теста Колмогорова – Смирнова.



Нами были применены описательные статистики медианы, 25-го и 75-го перцентилей, минимального и максимального значений в выборке для количественных переменных, а также частот встречаемости и долей в выборке для качественных переменных.

Для сравнения количественных данных в двух не связанных между собой выборках применялся U-критерий Манна – Уитни, а также для параметров, относящихся к порядковой шкале.

Для сравнения количественных данных в двух связанных между собой выборках применялся критерий Вилкоксона.

Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10), точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10). Уровень статистической значимости принят в 5 %, при  $p < 0,05$  отличия между группами считались достоверными.

### **2.3. Характеристика групп исследования**

В основную группу исследования было включено 40 пациентов, 50 стоп. В данной группе 38 пациентов (95 %) были женского пола, 2 пациента (5 %) – мужского пола. Средний возраст в группе составил 24,7 [22,1; 30,2] года. Средний индекс массы тела (ИМТ) пациентов – 25,2 [24,4; 28,1] кг/м<sup>2</sup>.

Всем пациентам данной группы было выполнено одномоментное удлинение плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы.

В контрольную группу исследования было включено 25 пациентов, 33 стопы, из них 23 женщины (92 %) и 2 мужчин (8 %). Возраст в группе составил 25,8 [23,3; 29,9] лет. Средний ИМТ пациентов – 24,3 [23,8; 27,5] кг/м<sup>2</sup>.

Всем пациентам данной группы был выполнен дистракционный остеосинтез плюсневой кости с использованием аппарата наружной фиксации.

Период проведения оперативных вмешательств: с 2018 по 2022 гг. Средний период наблюдения составил  $2,3 \pm 1,8$  года. Все операции были выполнены на базе ортопедического отделения ГКБ № 13.

В Таблице 5 приведено сравнение основных анатомических и демографических показателей пациентов двух групп.

**Таблица 5** – Основные демографические показатели пациентов двух групп

<i>Демографические показатели</i>	<i>Основная группа (40 пациентов, 50 стоп)</i>	<i>Контрольная группа (25 пациентов, 33 стопы)</i>	<i>p</i>
Возраст (годы)	24,7 [22,1; 30,2]	25,8 [23,3; 29,9]	0,081
Пол (Ж/М)	95/5 %	92/8 %	0,073
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	25,2 [24,4; 28,1]	24,3 [23,8; 27,5]	0,079
Первичная идиопатическая/ травматическая форма	39/1	23/2	0,084
Двустороннее поражение	10 (25 %)	8 (32 %)	0,095

Согласно данным, представленным в таблице 1, между демографическими показателями пациентов двух групп нет статистически достоверной разницы.

Таким образом, демографические показатели пациентов двух групп не оказывали статистически значимого влияния на функциональные результаты в до- и послеоперационном периоде и позволяли сравнивать группы между собой.

В обеих группах преобладали пациенты женского пола: 95 % в группе исследования и 92 % – в контрольной группе соответственно. Большинство пациентов были молодого возраста – от 20 до 30 лет. Только у трех пациентов была диагностирована травматическая форма брахиметатарзии, все три пациента в детстве перенесли перелом плюсневой кости с вовлечением зоны роста. Билатеральное поражение стоп было выявлено у 25 % пациентов в группе исследования и у 32 % пациентов в контрольной группе.

Перед оперативным лечением у пациентов были проведены: сбор жалоб, клинический осмотр стопы, оценка функции стопы по шкале AOFAS, оценка эстетического состояния стопы по шкале GAIS, оценка уровня болевого синдрома по ВАШ боли, измерение рентгенологических параметров.

Пациенты обеих групп предъявляли следующие жалобы:

- косметический дефект (93 %);
- боли при ходьбе (56 %);
- наличие омокелелостей и сложности в подборе обуви (34 %);
- наличие других деформаций стопы (24 %);
- чувство онемения в стопе (11 %);
- нарушение походки (9 %).

Большинство пациентов обеих групп исследования предъявляли жалобы на косметический дефект (93 %). Жалобы на боли при ходьбе были связаны с формированием метатарзалгии, на фоне длительного существования брахиметатарзии. Жалобы на боли в стопах предъявляли преимущественно пациенты старшего возраста.

В предоперационном периоде проводился клинический осмотр, во время которого оценивали следующие параметры:

- наличие изменений кожных покровов в области стопы (наличие рубцов, трофических изменений);
- объем активных и пассивных движений в плюснефаланговом суставе, наличие контрактур (тест Kelikian);
- наличие нестабильности в плюснефаланговом суставе;
- наличие нейроциркуляторных нарушений в нижней конечности.

У 7 (17,5 %) пациентов из первой группы исследования и 3 (12 %) пациентов из контрольной группы было также диагностировано наружное отклонение первого пальца стопы (hallux valgus).

В Таблице 6 представлена частота встречаемости брахиметатарзии среди плюсневых костей.

В Таблице 7 приведена классификация брахиметатарзии пациентов основной и контрольной групп по Lamn.

**Таблица 6** – Частота встречаемости брахиметатарзии среди плюсневых костей

<i>Номер укороченной плюсневой кости</i>	<i>Основная группа (40 пациентов, 50 стоп)</i>	<i>Контрольная группа (25 пациентов, 33 стопы)</i>	<i>p</i>
Четвертая плюсневая	38 (76 %)	23 (70 %)	0,053
Третья плюсневая	6 (12 %)	2 (6 %)	0,081
Пятая плюсневая	4 (8 %)	5 (15 %)	0,074
Вторая плюсневая	1 (2 %)	1 (3 %)	0,09
Первая плюсневая	1 (2 %)	2 (6 %)	0,09

**Таблица 7** – Классификация типа брахиметатарзии у пациентов основной и контрольной групп по Lamn

<i>Тип деформации</i>	<i>Количество стоп, основная группа (50 стоп)</i>	<i>Количество стоп, контрольная группа (33 стопы)</i>	<i>p</i>
4A	30	18	0,062
4AB	8	5	0,079
3A	6	2	0,053
5AB	4	5	0,09
2A	1	1	0,09
1A	1	2	0,09

В 76 % случаев выявлена брахиметатарзия четвертой плюсневой кости, что совпадает с данными мировой литературы. По частоте встречаемости номера укороченной плюсневой кости между группами разницы не выявлено. Поэтому дальнейшее описание методики сделано на основе оперативного лечения четвертой плюсневой кости. Следующими по частоте были третья и пятая плюсневые кости.

На основании анализа клинических и рентгенологических данных у каждого пациента определяли:

- величину укорочения плюсневой кости;
- баллы по шкале AOFAS;
- выраженность болевого синдрома по ВАШ.

Основные функциональные и анатомические показатели пациентов обеих групп представлены в Таблице 8.

Не выявлено достоверного различия между всеми параметрами ( $p > 0,05$ ). Между пациентами двух групп не было достоверных различий по таким

показателям, как оценка по шкале AOFAS, средняя величина абсолютного укорочения плюсневых костей и выраженность болевого синдрома, что позволяет провести корректное сравнение послеоперационных результатов между пациентами.

**Таблица 8** – Основные функциональные и анатомические показатели пациентов обеих групп до операции

<i>Параметр</i>	<i>Основная группа (40 пациентов, 50 стоп)</i>	<i>Контрольная группа (25 пациентов, 33 стопы)</i>	<i>P</i>
Шкала AOFAS (баллы)	84,3 [78,6; 86,1]	85,6 [81,2; 87,1]	0,09
Среднее укорочение (мм)	17,0 [15,9; 18,9]	17,8 [16,0; 18,8]	0,083
ВАШ боли (см)	4,1 [3,9; 4,8]	4,5 [4,0; 4,8]	0,9

Показатель по шкале AOFAS составил 84,3 [78,6; 86,1] балла в основной группе исследования и 85,6 [81,2; 87,1] балла в контрольной группе. Данные результаты были расценены нами как удовлетворительные функциональные показатели. Медиана укорочения плюсневой кости в обеих группах практически не отличалась и составила 17,0 мм в основной группе и 17,8 мм – в контрольной группе. Необходимо отметить, что большинство методик одномоментного удлинения плюсневой кости не рекомендованы при такой величине укорочения.

Выраженность болевого синдрома не различалась в обеих группах и составила 4,3 см по ВАШ боли. Чаще всего жалобы на боль в стопе предъявляли пациенты старшего возраста, поскольку на фоне длительного существования брахиметатарзии у них формировалась метатарзалгия.

#### **2.4. Клиническая оценка в послеоперационном периоде**

В послеоперационном периоде контрольные осмотры пациентов проводили через 3, 6, 12 месяцев и далее 1 раз в год.

На рентгенограммах стопы, выполненных после операции, оценивали:

- динамику формирования дистракционного регенерата;
- наличие консолидации в области остеотомии;
- возможные нарушения консолидации и угловые смещения;

– суммарную величину удлинения плюсневой кости.

Абсолютное увеличение длины плюсневой кости измеряли как разницу между длиной на рентгенограммах до и после операции. Длина плюсневой кости была рассчитана как расстояние от проксимальной суставной поверхности до дистальной суставной поверхности по линии, проходящей по центральной оси диафиза плюсневой кости.

Относительное удлинение плюсневой кости, выраженное в процентах, рассчитывали как отношение длины плюсневой кости после операции к ее длине до операции.

Индекс заживления рассчитывали как отношение между временем установки аппарата наружной фиксации (или поной консолидации) к величине удлинения плюсневой кости, выраженной в сантиметрах.

Оценку функциональных результатов проводили при каждом осмотре с использованием шкалы AOFAS, эстетический результат оценивали по шкале GAIS, все данные пациентов заносились в специальные анкетные формы.

Выраженность болевого синдрома оценивали по ВАШ боли.

## Глава 3. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БРАХИМЕТАТАРЗИИ

### 3.1. Техника одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутотрансплантата из трубчатых костей стопы

Поскольку наиболее часто при брахиметатарзии поражается четвертая плюсневая кость, будет описана методика операции для этого сегмента.

Всем пациентам производили стандартное предоперационное лабораторно-инструментальное обследование.

Оперативное лечение выполняли с использованием спинномозговой анестезии. Пациент находился в положении на спине, операцию выполняли на обескровленном поле после наложения жгута на нижнюю треть голени.

Все операции выполняли под рентгенологическим контролем мобильной системы с С-дугой ОЕС Elite MiniView (Рисунок 8).



**Рисунок 8** – Рентгенологическая система с С-дугой ОЕС Elite MiniView

В проекции дистальной трети пятой плюсневой кости выполняли линейный разрез по латеральной поверхности стопы размером около 2,0 см. Обнажали плюснефаланговый сустав и верхнюю треть диафиза пятой плюсневой кости. С

помощью осцилляторной пилы на расстоянии 0,5 см от плюснефалангового сустава выполняли поперечную остеотомию плюсневой кости. Вторую остеотомию выполняли параллельно первой, отступив от первой на расстояние, соответствующее длине костного трансплантата. В среднем длина трансплантата составляла  $7\pm 2$  мм (Рисунок 9).

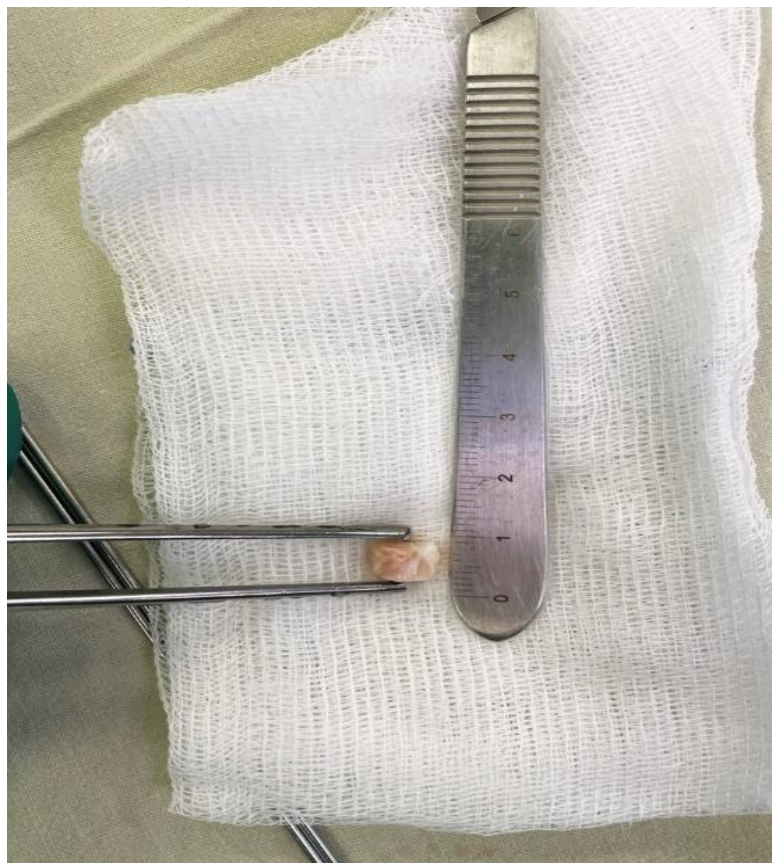


**Рисунок 9** – Выделение области забора костного ауто трансплантата в области пятой плюсневой кости

Полученный костный ауто трансплантат помещали в стерильный физиологический раствор (Рисунок 10).

После забора ауто трансплантата фиксировали область остеотомии пятой плюсневой кости.





**Рисунок 10** – Костный аутотрансплантат из пятой плюсневой кости, заранее определенная длина трансплантата составляет 7 мм

Под визуальным контролем через головку плюсневой кости в ее диафиз проводили направляющую спицу диаметром 1,0 мм. Положение спицы и качество репозиции фрагментов подтверждали на электронно-оптическом преобразователе (ЭОП) (Рисунок 11).

Окончательный остеосинтез пятой плюсневой кости осуществляли с помощью канюлированного компрессирующего винта с двойной резьбой (винт VAROUK диаметром 3,3 мм и длиной от 30 до 34 мм), который вводили по спице. После достижения фиксации спицу удаляли (Рисунок 12).



**Рисунок 11** – Провизорная фиксация спицей области остеотомии пятой плюсневой кости (область забора трансплантата). Положение фрагментов удовлетворительное, спица расположена в канале пятой плюсневой кости. Изображение с ЭОП

Для удлинения и костной пластики четвертой плюсневой кости выполняли тыльный линейный доступ в проекции укороченной фаланги четвертой плюсневой кости (Рисунок 13).



**Рисунок 12** – Фиксация пятой плюсневой кости винтом, интраоперационное изображение с ЭОП



**Рисунок 13** – Доступ в проекции диафиза укороченной четвертой плюсневой кости

Обнажали сухожилие разгибателя четвертого пальца и выполняли z-образный разрез сухожилия с целью последующей пластики. Обнажали диафиз четвертой плюсневой кости (Рисунок 14).

После выделения диафиза четвертой плюсневой кости на расстоянии 0,5 см от шейки плюсневой кости выполняли поперечную остеотомию плюсневой кости, перпендикулярно ее длинной оси (Рисунок 15).



**Рисунок 14** – Сухожилие разгибателя четвертого пальца стопы.  
Вид в ране до z-образной пластики



**Рисунок 15** – Остеотомия укороченной четвертой плюсневой кости

Затем выполняли релиз мягких тканей. Путем тракции формировали диастаз между остеотомированными отломками и имплантировали в образовавшееся пространство костный аутотрансплантат из пятой плюсневой кости. Выполняли провизорную фиксацию сегмента спицей, проведенной через головку четвертой плюсневой кости в диафиз (Рисунок 16).



**Рисунок 16** – Провизорная фиксация четвертой плюсневой кости спицей, изображение с ЭОП

Осуществляли окончательный остеосинтез четвертой плюсневой кости с помощью канюлированного компрессирующего винта с двойной резьбой (винт BAROUK диаметром 3,3 мм и длиной от 30 до 34 мм), который устанавливали по спице (Рисунок 17). После фиксации спицу удаляли.



**Рисунок 17** – Провизорная фиксация четвертой плюсневой кости спицей

При необходимости удлинения основной фаланги пальца стопы применяли аналогичную методику.

Через доступ к диафизу четвертой плюсневой кости выделяли диафиз третьей плюсневой кости. Выполняли двухуровневую остеотомию диафиза третьей плюсневой кости на расстоянии 0,5 см от шейки.

Плоскость остеотомии располагали перпендикулярно длинной оси диафиза. Величину трансплантата рассчитывали, исходя из рентгенограмм пациента и необходимой величины удлинения проксимальной фаланги пальца.

Область остеотомии третьей плюсневой кости фиксировали при помощи стандартной методики: выполняли провизорную фиксацию области остеотомии с

помощью спицы диаметром 1 мм, положение спицы и корректность репозиции подтверждали на ЭОП.

При корректной позиции по спице заводили канюлированный винт (винт BAROUK диаметром 3,3 мм и длиной от 30 до 34 мм), после достижения фиксации отломков спицу удаляли (Рисунок 18).



**Рисунок 18** – Фиксация области остеотомии третьей плюсневой кости винтом.  
Изображение с ЭОП

Затем выполняли одномоментное удлинение и костную пластику проксимальной фаланги четвертого пальца. Пластику выполняли через ранее выполненный доступ в проекции диафиза четвертой плюсневой кости. Обнажали проксимальную фалангу пальца. С помощью осцилляторной пилы выполняли поперечную остеотомию фаланги в центре ее диафиза и релиз мягких тканей (Рисунок 19).



**Рисунок 19** – Остеотомия проксимальной фаланги четвертого пальца стопы

Путем тракции за дистальную фалангу четвертого пальца формировали диастаз между остеотомированными отломками.

В образовавшийся дефект устанавливали костный аутотрансплантат из диафиза третьей плюсневой кости. Область костной пластики фиксировали с помощью спицы диаметром 1,0 мм, которую проводили через дистальную фалангу четвертого пальца трансартикулярно в канал канюлированного винта, установленного в диафизе четвертой плюсневой кости (Рисунок 20).



**Рисунок 20** – Трансартрикулярная фиксация спицей области костной пластики основной фаланги четвертого пальца стопы

Накладывали рассасывающиеся швы на z-фрагменты сухожилия разгибателя четвертого пальца (Рисунок 21).

Раны промывали растворами антисептиков и ушивали послойно.

Для осуществления стабильной и надежной фиксации фрагментов целесообразно использовать компрессирующий винт с двойной резьбой, длиной 22–36 мм, имеющий каниюлированное отверстие диаметром 1,1 мм на всю длину. Проксимальный конец винта имел диаметр 3,3 мм и резьбу с шагом 0,082 мм, дистальный конец винта имел диаметр 2,5 мм и резьбу с шагом 0,1 мм. На дистальном конце винта имелась самонарезающая заточка на резьбе. В головке плюсневой кости располагали конец винта с большим диаметром, в проксимальной части плюсневой кости – конец винта с меньшим диаметром.





**Рисунок 21** – Z-образная удлиняющая пластика сухожилия разгибателя четвертого пальца

Разный диаметр и шаг резьбы в дистальной и проксимальной части винта способствовали выраженной компрессии, что предотвращало возможность замедленной консолидации или несращения в области остеотомии.

Канюлированное отверстие в винте позволяло выполнять остеосинтез без смещения фрагментов за счет проведения по ранее установленной спице.

Одномоментное устранение укорочения плюсневой кости с применением аутотрансплантата из соседней плюсневой кости с внутренней фиксацией компрессирующим винтом позволяло сразу восстановить соотношение в параболе плюсневых костей, немедленно создавать видимый косметический эффект.

Непосредственно во время операции восстанавливалась длина пальцев и биомеханика переднего отдела стопы.

Профилактику инфекционных осложнений проводили интраоперационно путем внутривенного введения антибиотика цефалоспоринового ряда широкого спектра действия. Профилактику тромбоэмболических осложнений проводили с

использованием прямых антикоагулянтов (эноксапарин) за 12 часов до операции и в последующем на протяжении 14 дней. В случае необходимости длительной антикоагулянтной профилактики использовали пероральные препараты (дабигатран, ривароксабан).

Также был разработан и применен на практике следующий протокол реабилитации после одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутоотрансплантата:

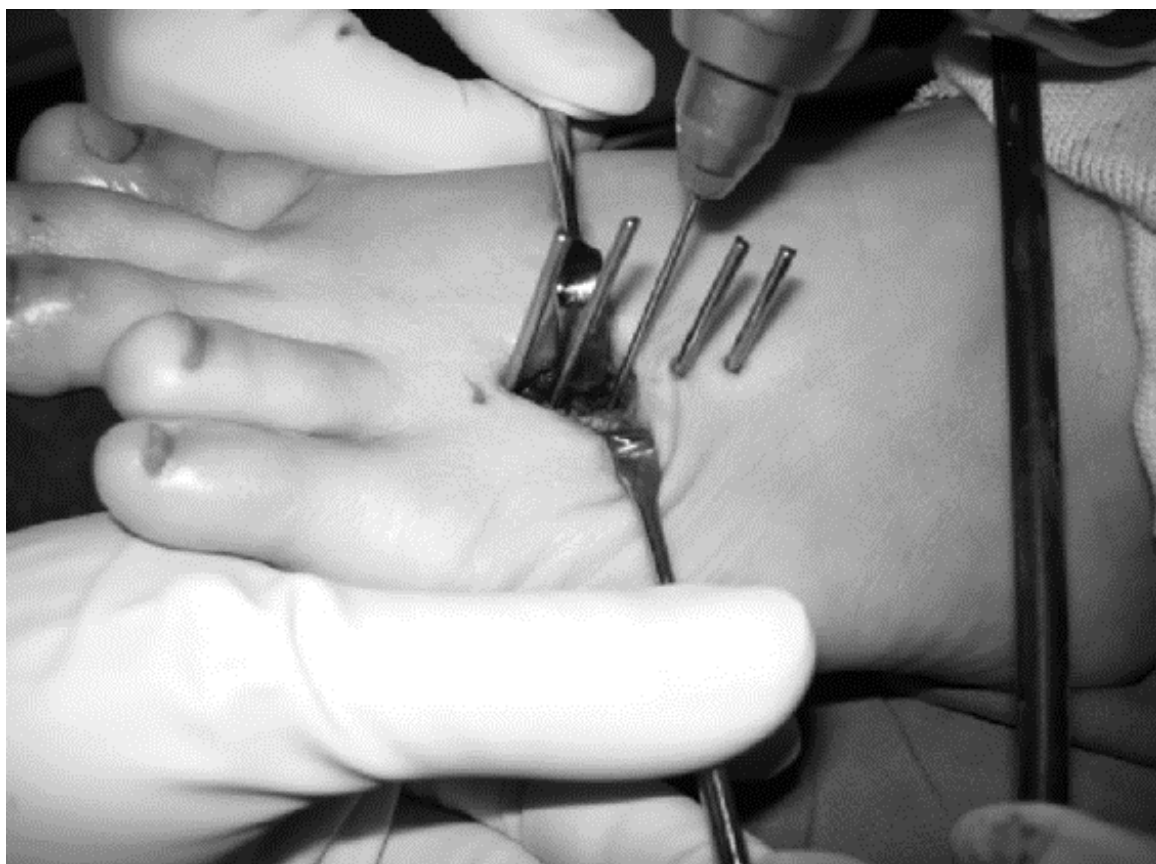
1. Ходьба с нагрузкой на стопу разрешена на следующий день после операции в ортопедической обуви Барука.
2. Ходьба в обуви Барука в течение 7–8 недель после операции.
3. Снятие швов через 2 недели после операции.
4. Разработка пассивных движений в плюснефаланговых суставах (нефиксированных спицами) начинали через 2 недели после операции.
5. Трансартикулярная фиксация удлиненного луча проводили через 7 недель после операции.
6. Разработка движений в плюснефаланговом суставе удлиненного луча начинали сразу после удаления спицы (7 недель после операции).
7. После снятия обуви Барука разрешали нагрузку на стопу.
8. Контрольную рентгенографию проводили через 3 месяца после операции.
9. Через 3 месяца после операции рекомендовали ношение индивидуальных ортопедических корригирующих стелек.

### **3.2. Техника дистракционного остеосинтеза плюсневой кости с использованием аппарата наружной фиксации**

Все операции проводили под СМА в положении пациента на спине. На нижнюю треть голени накладывали жгут. Техника операции также будет описана для четвертой плюсневой кости.

Под рентгенологическим контролем пины вводили по дорсолатеральной поверхности плюсневой кости, в ее проксимальный и дистальный сегменты. Пины располагали под углом  $45^{\circ}$  во фронтальной плоскости. Дистальный пин

устанавливали в области перехода головки плюсневой кости в шейку, второй дистальный пин – ниже шейки плюсневой кости. Длина штанги наружного фиксатора составляла в среднем 3–3,5 см между наиболее удаленными друг от друга пинами. Затем 2 пина устанавливали в проксимальный сегмент. После введения пинов выполняли линейный доступ в проекции средней трети диафиза плюсневой кости. Обнажали диафиз. С помощью осциляторной пилы выполняли поперечную остеотомию в средней части диафиза плюсневой кости, перпендикулярно ее длинной оси. Область остеотомии располагали на одинаковом удалении от близлежащих пинов. После остеотомии отломки не отделяли друг от друга, более того, после сборки аппарата внешней фиксации создавали небольшую степень компрессии между отломками путем одного поворота винта против часовой стрелки. С помощью интраоперационного рентгеновского контроля подтверждали правильное положение отломков после остеотомии (Рисунок 22).



**Рисунок 22** – Схема расположения пинов в четвертой плюсневой кости

В случае натяжения сухожилия сгибателя выполняли его чрескожную тенотомию, палец фиксировали спицей Киршнера диаметром 1,2 мм. В случае, если у пациента были другие деформации, их также корректировали во время операции: остеотомия SCARF для коррекции hallux valgus, для коррекции молоткообразной деформации – остеотомия Hoeschmann или аналоги.

Профилактику инфекционных осложнений проводили интраоперационно путем внутривенного введения антибиотика широкого спектра действия. Профилактику тромбоэмболических осложнений проводили с использованием прямых антикоагулянтов (эноксапарин, надропарин) за 12 часов до операции и в последующем на протяжении 14 дней. В случае необходимости длительной антикоагулянтной профилактики использовали пероральные препараты (дабигатран, ривароксабан).

Применяли стандартный протокол реабилитации после дистракционного остеосинтеза плюсневой кости:

- после операции пациентам запрещали нагружать прооперированную конечность на протяжении 7 дней;
- после 7 дней компрессии начинали дистракцию в зоне остеотомии; скорость удлинения составляла 0,5 мм в день (1/4 оборота винта 2 раза в день);
- контрольную рентгенографию выполняли через 3 месяца после операции, оценивали наличие состояние соединительнотканного регенерата, возможные осложнения, правильность положения оси плюсневой кости;
- далее контрольный осмотр проводили 1 раз в неделю на протяжении 4 недель, затем 1 раз в 2 недели до полного окончания лечения.



**Рисунок 23** – Аппарат наружной фиксации для дистракционного остеосинтеза

После достаточного удлинения и наличия рентгенологических признаков полной консолидации костного регенерата, в среднем в период 12–18 недель, аппарат наружной фиксации удаляли, пациенту разрешали осуществлять частичную нагрузку на прооперированную стопу.

## Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

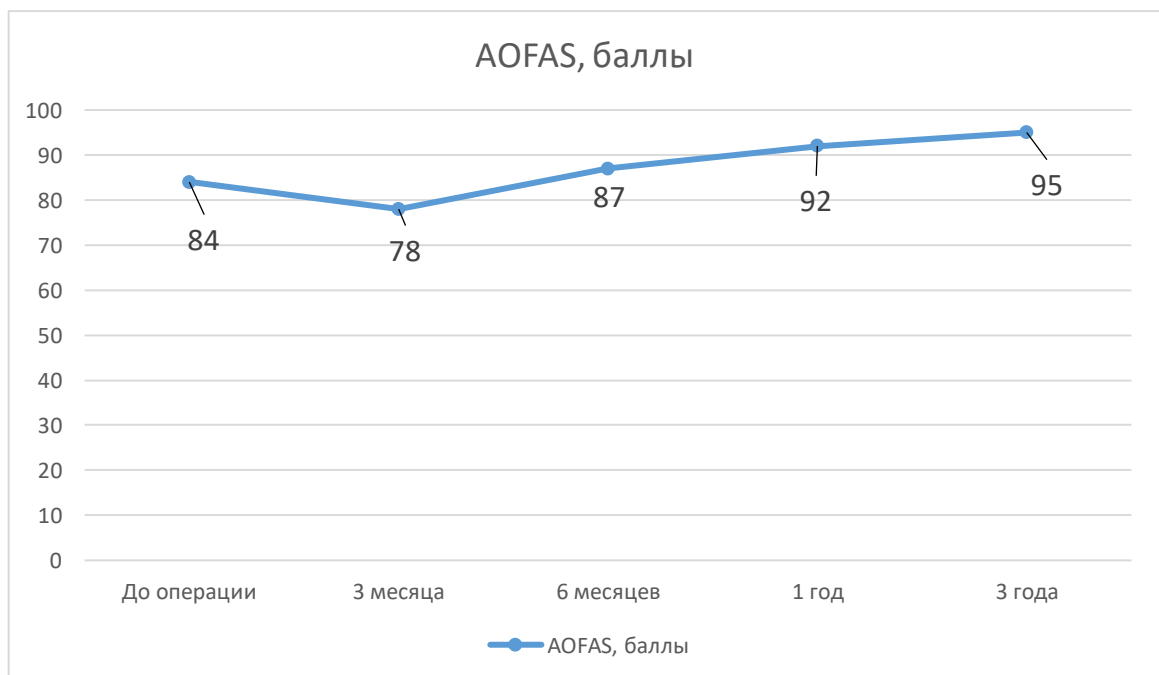
### 4.1. Результаты лечения пациентов основной группы исследования (одномоментное удлинение с аутопластикой из трубчатых костей стопы)

До операции у пациентов первой группы значение по шкале AOFAS составило 84,3 [78,6; 86,1] балла, укорочение составило 17,0 [15,9; 18,9] мм, значение интенсивности болевого синдрома до операции по ВАШ – 4,1 [3,9; 4,8] см.

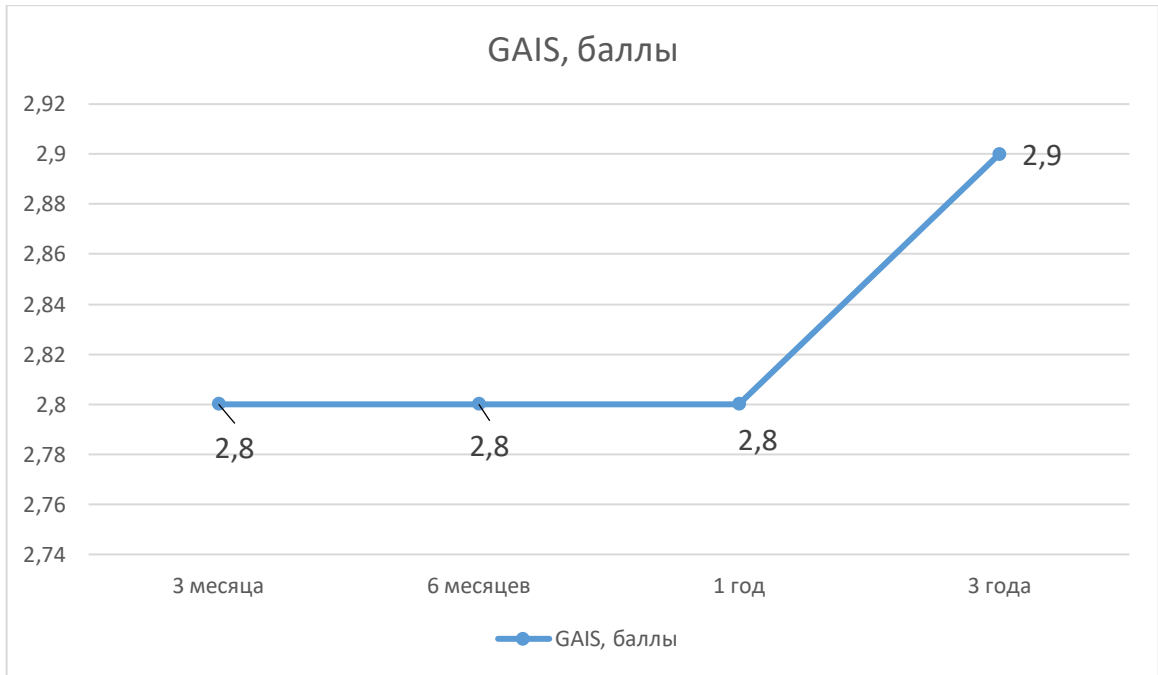
#### 4.1.1. Функциональные показатели пациентов основной группы исследования после операции

В данном разделе представлены функциональные результаты пациентов основной группы исследования после операции. Приведены результаты балльной оценки по шкалам AOFAS, GAIS, ВАШ.

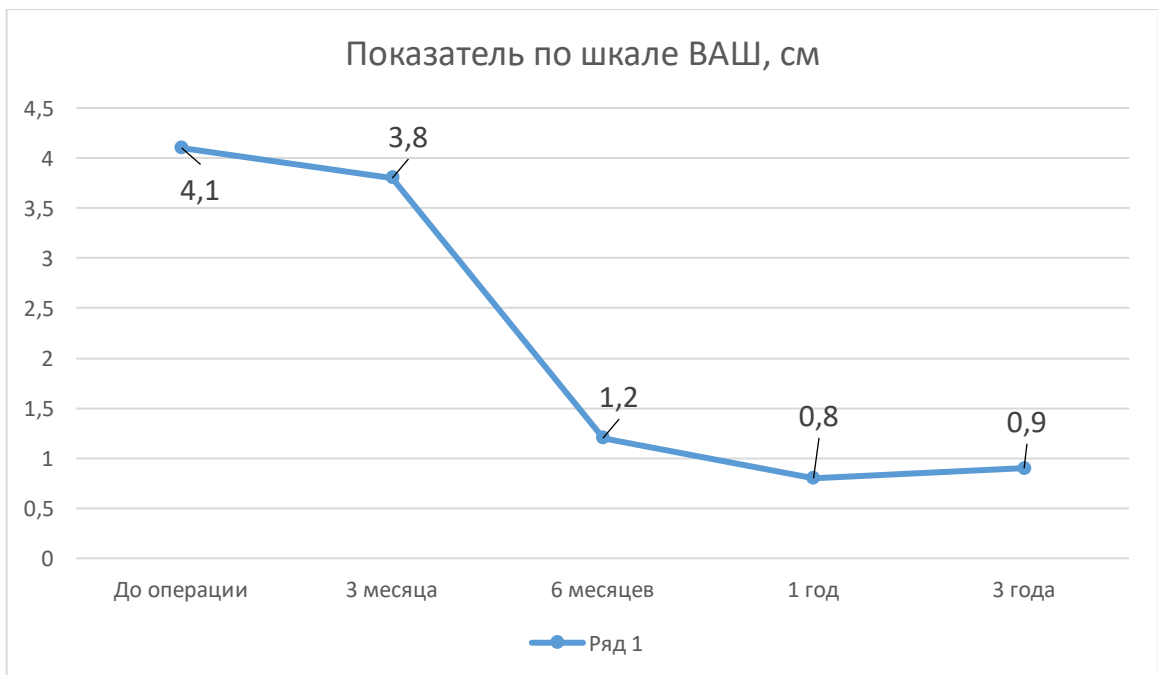
Оценку результатов проводили с помощью анкетирования во время контрольных осмотров пациентов через 3, 6 месяцев после операции и далее 1 раз в год. В связи со стабильными показателями в послеоперационном периоде результаты представлены для временных промежутков – 3 месяца, 6 месяцев, 1 год и 3 года после операции (Рисунки 24–26).



**Рисунок 24** – Динамика показателей по шкале AOFAS (баллы) основной группы исследования



**Рисунок 25** – Динамика показателей по шкале GAIS (баллы) основной группы исследования



**Рисунок 26** – Динамика показателей по ВАШ (см) основной группы исследования

Через 3 месяца после операции у пациентов основной группы отметили снижение среднего показателя по шкале AOFAS относительно предоперационного значения, средний результат по данной шкале можно считать удовлетворительным. Выраженность болевого синдрома снизилась относительно предоперационного значения.

Данные показатели обусловлены небольшим временем, прошедшим с момента операции. У части пациентов сохранялся отек и болевые ощущения в области оперативного вмешательства, некоторые пациенты продолжали проходить реабилитацию. Следует отметить высокие баллы по шкале эстетической оценки GAIS – медиана показателя составила 2,8 [2,3; 3,1]. Все пациенты сразу отмечали наличие хорошего косметического результата после операции.

Через 6 месяцев после операции, после окончания реабилитационного периода, отмечали значительное улучшение функциональных показателей пациентов по шкале AOFAS, а также снижение болевого синдрома. Количество баллов по шкале эстетического удовлетворения не снижалось, что свидетельствовало о сохранности косметического результата и хорошем эффекте операции.

Через 1 год после хирургического вмешательства отмечали увеличение функциональных показателей, снижение болевого синдрома, что свидетельствует о хорошей функции стопы после операции. Один год являлся достаточно большим послеоперационным периодом, в течение которого у пациентов полностью спадал отек, происходило рубцевание тканей, заканчивался реабилитационный период. Полученные показатели свидетельствовали о хорошем функциональном результате операции. Выраженность болевого синдрома также была незначительная.

Через 3 года после операции сохранялась хорошая функция стопы, по данным шкалы AOFAS – 95 [92,8; 97,4] баллов, что свидетельствовало о долгосрочном хорошем функциональном эффекте операции. Практически отсутствовал болевой синдром – 0,9 [0,6; 1,2] см по ВАШ. Показатель по шкале GAIS сохранялся на высоком уровне, абсолютное большинство пациентов были удовлетворены эстетическим исходом операции.

Функциональные результаты пациентов в послеоперационном периоде по шкале AOFAS стабильно увеличивались в течение первого года после операции, в дальнейшем их значения статистически значимо не изменялись с течением времени. Следует отметить высокие показатели пациентов по шкале GAIS, которые также не



изменялись с течением времени и оставались на высоком уровне на протяжении всего периода наблюдения. Выраженность болевого синдрома снижалась с течением времени и через 3 года находилась на минимальном уровне. Медиана оценки в отдаленном послеоперационном периоде по шкале AOFAS составила 95 [92,8; 97,4] баллов, медиана оценки по шкале GAIS – 2,9 [2,7; 3,1] балла, средний показатель выраженности болевого синдрома составил 0,9 [0,6; 1,2] см.

В таблице 9 представлены значения функциональных показателей пациентов основной группы исследования до и после одномоментного удлинения четвертой плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы.

**Таблица 9** – Сравнение значений функциональных результатов пациентов основной группы исследования до и после одномоментного удлинения четвертой плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы

<i>Основная группа исследования</i>	<i>До операции</i>	<i>После операции</i>	<i>P</i>
Шкала AOFAS, баллы	84,3 [82,5; 86,7]	95 [94,6; 97,1]	<b>0,016*</b>
Шкала GAIS, баллы	–	2,8	–
Выраженность болевого синдрома (ВАШ)	4,1 [3,7; 5,1]	0,9 [2,7; 3,1]	<b>0,032*</b>
<i>Примечание – * – выявлены статистически достоверные различия между группами, p &lt; 0,05</i>			

Функциональные показатели в отдаленном послеоперационном периоде статистически достоверно превосходили таковые до операции, что отражало высокие возможности оперативной методики одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из трубчатых костей.

#### ***4.1.2. Рентгенологическая оценка величины удлинения плюсневых костей в основной группе исследования***

В данном разделе приведены величины абсолютного (мм) и относительного удлинения (% от изначальной длины) плюсневых костей, а также индекс их заживления (мес/см).

Медиана величины удлинения укороченной плюсневой кости составила 13,7 мм, относительное увеличение длины – 25 %. При этом среднее укорочение у пациентов основной группы до операции составило 17,0 [15,9; 18,9] мм.

Удлинение не более чем на 15 мм, согласно результатам многих исследований, не приводит к формированию возможных нейрососудистых осложнений, связанных с тракционной травмой.

Одномоментное укорочение плюсневых костей (среднее значение – 7 мм) позволило выполнять меньшее удлинение укороченной плюсневой кости и избежать сосудистых осложнений, а также сформировать правильную формулу параболы плюсневых костей.

Среднее время заживления составило 10,1 недели – когда была подтверждена полная консолидация костного аутотрансплантата.

В Таблице 10 приведены данные о величине удлинения плюсневых костей.

**Таблица 10** – Значения величины удлинения плюсневых костей, среднее время заживления

	<i>Группа одномоментного удлинения</i>
Абсолютное увеличение длины (мм)	
Медиана [IQR]	13,7 [11,8; 15,7]
Крайние значения	от 9 до 17
Относительное увеличение длины (% от первоначальной длины плюсневой кости)	
Медиана [IQR]	25 % [22; 30]
Крайние значения	20–35 %
Средняя величина укорочения соседних плюсневых костей (мм)	
Медиана [IQR]	7 [6; 9]
Крайние значения	5–9
Время заживления (недели)	
Медиана [IQR]	10,1 [9,1; 10,8]
Крайние значения	от 8 до 12
Индекс заживления (мес/см)	
Медиана [IQR]	1,6 [1,3; 2,1]

Крайние значения	от 1,0 до 2,8
------------------	---------------

#### 4.2. Осложнения, выявленные в основной и контрольной группах исследования

Все полученные осложнения были разделены на два типа: осложнения, которые требуют повторного оперативного вмешательства или значительно влияют на функциональный результат операции, и осложнения, требующие консервативного метода лечения.

В основной группе исследования были выявлены следующие виды осложнений (Таблица 11):

**Таблица 11** – Осложнения, выявленные в основной группе исследования (40 пациентов, 50 стоп)

Осложнения, требующие повторного хирургического вмешательства или влияющие на функциональный результат	3 (6 %)	Осложнения, не требующие оперативного лечения	14 (28 %)
Контрактура плюснефалангового сустава	1	Тугоподвижность или снижение движений в плюснефаланговом суставе	7
Несостоятельность фиксации	–	Поверхностный некроз кожных покровов	4
Резорбция костного аутотрансплантата	1	Сращение плюсневой кости с незначительным смещением	–
Артроз плюснефалангового сустава	1	Формирование келоидных рубцов	1
Сосудистые осложнения	–	Гиперестезия	2
Глубокая инфекция	–		
Сращение со значительным смещением	–		

Всего осложнения после оперативного вмешательства в основной группе были отмечены у 11 пациентов – 22 % (у части пациентов отмечали несколько видов осложнений).

В основной группе исследования было отмечено 3 (6 %) серьезных осложнения, два из которых потребовали выполнения ревизионных вмешательств. Первое по поводу резорбции костного трансплантата – выполнена костная

аутопластика с забором костного трансплантата из гребня подвздошной кости. Консолидация трансплантата произошла в течение 15 недель после повторной операции. У 1 пациента выполнен хирургический релиз мягких тканей в связи с болезненной контрактурой плюснефалангового сустава.

Из осложнений, не требующих повторного оперативного вмешательства, самыми частыми стали тугоподвижность плюснефалангового сустава – 7 случаев (14 %) и поверхностная инфекция кожных покровов – 4 случая (8 %).

Не было выявлено ни одного случая сращения плюсневой кости со смещением, поскольку фиксация винтом не допускала угловых отклонений. Также не было выявлено ни одного случая сосудистых осложнений, связанных с нарушением кровоснабжения.

В контрольной группе исследования были выявлены следующие виды осложнений (Таблица 12):

**Таблица 12** – Осложнения в контрольной группе исследования

Осложнения, требующие повторного хирургического вмешательства или влияющие на функциональный результат	5 (15 %)	Осложнения, не требующие оперативного лечения	22 (66 %)
Контрактура плюснефалангового сустава	1	Тугоподвижность или снижение движений в плюснефаланговом суставе	10
Несостоятельность фиксации	1	Поверхностный некроз кожных покровов	6
Резорбция костного ауто трансплантата	1	Сращение плюсневой кости с незначительным смещением	3
Артроз плюснефалангового сустава	–	Формирование келоидных рубцов	1
Сосудистые осложнения	–	Гиперестезия	1
Глубокая инфекция	2		1
Сращение со значительным смещением	5 (15 %)		22 (66 %)

У некоторых пациентов были выявлены несколько типов осложнений. Всего осложнения были отмечены у 19 (57 %) пациентов контрольной группы. Серьезные осложнения были выявлены у 5 пациентов – 15 %.

Во всех случаях серьезных осложнений потребовалось проведение дополнительного хирургического вмешательства. При глубокой инфекции послеоперационной раны (2 случая – 6 %) выполняли ревизионные хирургические вмешательства. Также были выполнены хирургический релиз мягких тканей при контрактуре плюснефалангового сустава, остеотомия плюсневой кости при выраженной угловой деформации после консолидации. В 1 случае, при нарушении формирования костной мозоли, была выполнена костная аутопластика из гребня подвздошной кости.

Среди осложнений, которые не требовали повторного хирургического вмешательства, самыми частыми стали тугоподвижность области плюснефалангового сустава удлинённого луча – 10 случаев (30 %) и инфекция в области установки пинов – 6 случаев (18 %). Сращение плюсневой кости с незначительным смещением было отмечено в 3 случаях, поверхностная инфекция кожных покровов – 1 случай, а также 1 случай поломки аппарата внешней фиксации в результате падения пациента.

Не было выявлено ни одного случая сосудистых осложнений, связанных с нарушением кровоснабжения в луче стопы.

### **4.3. Сравнение результатов исследования**

Ниже представлено сравнение функциональных результатов двух групп исследования (Таблица 13).

Через 3 месяца после операции показатели по шкалам представлены только для основной группы исследования, поскольку не у всех пациентов контрольной группы к этому времени был демонтирован аппарат наружной фиксации. Показатели по шкале AOFAS у пациентов первой группы через 3 месяца после операции хуже, чем до оперативного лечения. Это связано с наличием у части пациентов послеоперационного отека, продолжающегося периода реабилитации и сохраняющегося болевого синдрома. При этом показатель по шкале GAIS сразу демонстрировал высокий результат – 2,8 балла.

У контрольной группы пациентов через 6 месяцев после операции баллы по шкале AOFAS снижались незначительно, по сравнению с дооперационным показателем, при этом был более выражен болевой синдром по сравнению с пациентами основной группы через 6 месяцев после операции (3,2 и 1,2 балла соответственно,  $p = 0,02$ ). Показатель по шкале GAIS через 6 месяцев после операции у пациентов контрольной группы был ниже, чем у пациентов основной – 2,1 и 2,8 балла соответственно,  $p = 0,03$ . Более выраженный болевой синдром пациентов контрольной группы был связан с продолжительным временем установки аппарата и более длительным периодом реабилитации.

**Таблица 13** – Изменение функциональных показателей в течение периода наблюдения

<i>Время после операции</i>	<i>Основная группа</i>	<i>Контрольная группа</i>	<i>p</i>
Шкала AOFAS, баллы			
3 месяца	78 [76,5; 79,8]	–	–
6 месяцев	87 [82,8; 89,0]	83 [81,1; 87,9]	0,62
1 год	92 [91,1; 95,2]	90 [88,2; 93,8]	0,81
3 года	95 [94,6; 97,1]	91 [89; 93]	0,74
Шкала GAIS, баллы			
3 месяца	2,8 [2,6; 2,9]	–	–
6 месяцев	2,8 [2,7; 3,0]	2,1 [2,0; 2,3]	0,03*
1 год	2,8 [2,6 ;2,9]	2,6 [2,5; 2,8]	0,42
3 года	2,9 [2,7; 3,1]	2,7 [2,5; 3,1]	0,38
Выраженность болевого синдрома (ВАШ), см			
3 месяца	3,8 [2,1;4,5]	–	
6 месяцев	1,2 [0,9; 1,6]	3,2 [2,8; 3,9]	0,02*
1 год	0,8 [0,7; 1,0]	1,5 [1,0;1,6]	0,045
3 года	0,9 [0,8; 1,0]	1,0 [0,8;1,1]	0,31
<i>Примечание</i> – * – выявлены статистически достоверные различия между группами, $p < 0,05$			

Через 1 год после операции показатели пациентов обеих групп по шкалам AOFAS и GAIS статистически достоверно не различались между собой и сохранялись на высоком уровне: 92 [91,1; 95,2] и 90 [88,2; 93,8] (основная и контрольная группы) по шкале AOFAS; 2,8 [2,6; 2,9] и 2,6 [2,5; 2,8] балла (основная и контрольная группы) по шкале GAIS. Это высокие показатели, которые свидетельствует об отличном функциональном и эстетическом результате у пациентов обеих групп. В контрольной группе был более выражен болевой синдром через 1 год после операции. При этом его величина была незначительная – 1,5 см по ВАШ.

Через 3 года после операции у пациентов обеих групп не отмечали разницы в функциональных показателях по шкале AOFAS (95 [94,6; 97,1] и 91 [89; 93] балл) и GAIS (2,9 [2,7; 3,1] и 2,7 [2,5; 3,1] балла) и выраженности болевого синдрома по ВАШ (0,9 [0,8; 1,0] и 1,0 [0,8; 1,1] см). Это свидетельствовало о том, что в отдаленном послеоперационном периоде оба оперативных вмешательства демонстрировали отличные функциональные и эстетические результаты, которые сохранялись с течением времени.

В Таблице 14 представлены числовые параметры величины удлинения плюсневых костей у пациентов обеих групп.

**Таблица 14** – Сравнение величины удлинения плюсневых костей и времени заживления у пациентов двух групп

	<i>Группа одномоментного удлинения</i>	<i>Группа дистракционного остеосинтеза</i>	<i>t-критерий</i>
Среднее укорочение (мм)	17,0 [15,9; 18,9]	17,8 [16,0; 18,8]	<b>0,23*</b>
Абсолютное увеличение длины (мм)	13,7 [11,8; 15,7]	17,5 [17,1; 22,8]	<b>0,02*</b>
Относительное увеличение длины (% от первоначальной длины плюсневой кости)	25 % [22; 30]	40 % [33; 41]	<b>0,045*</b>
Средняя величина укорочения соседних плюсневых костей (мм)	7 [6; 9]	–	
Время заживления (недели)	10,1 [9,1; 10,8]	16,2 [14,8; 20,2]	<b>0,01*</b>
Индекс заживления (мес/см)	1,6 [1,3; 2,1]	2,3 [2,0; 4,8]	<b>0,23*</b>

*Примечание* – \* – выявлены статистически достоверные различия между группами,  $p < 0,05$

Значение укорочения плюсневой кости у пациентов двух групп до операции статистически достоверно не отличалось. При этом в первой группе исследования, за счет одномоментного укорочения трубчатых костей стопы, величина удлинения плюсневой кости составила 13,7 [11,8; 15,7] мм (25 % удлинения относительно основной длины). Данная величина одномоментного удлинения позволила избежать тракционной травмы сосудисто-нервного пучка и предотвратить возможные ишемические нарушения. Абсолютное и относительное удлинение плюсневой кости статистически достоверно больше в контрольной группе исследования: 17,5 [17,1; 22,8] мм (40 % удлинения относительно основной длины). Все вышесказанное означает высокую эффективность дистракционного остеосинтеза при брахиметатарзии.

При этом длительность заживления статистически достоверно отличалась между группами. Средний срок заживления в основной группе исследования составил 10,1 недели, в контрольной группе – 16,2 недели,  $p = 0,01$ . Данные показатели продемонстрировали значительную разницу. В контрольной группе значение индекса заживления также было выше.

При том что средняя величина укорочения плюсневой кости до операции была одинакова в двух группах исследования (17,0 и 17,8 мм соответственно), в обеих группах были достигнуты одинаковые результаты, но за разный промежуток времени.

Срок заживления при одномоментном удлинении плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из плюсневых костей был значительно короче. При этом метод позволял добиться восстановления формы параболы плюсневых костей.

Количество осложнений значительно преобладало среди пациентов группы дистракционного остеосинтеза (Таблица 15).

**Таблица 15** – Частота осложнений в двух группах исследования

<i>Осложнения</i>	<i>Основная группа (40 пациентов, 50 стоп)</i>	<i>Контрольная группа (25 пациентов, 33 стопы)</i>
Осложнения, требующие повторного	3 (6 %)	5 (15 %)



хирургического вмешательства		
Осложнения, не требующие оперативного лечения	14 (28 %)	22 (66 %)
<b>Всего осложнений</b>	<b>11 (22 %)</b>	<b>19 (57 %)</b>

В основной группе исследования осложнения были выявлены у 11 пациентов (22 %), из них осложнения, не требующие оперативного вмешательства у 14 (28 %), осложнения, требующие повторного оперативного вмешательства, у 3 пациентов (6 %). У части пациентов осложнения комбинировались. Наиболее распространенными осложнениями, не требующими оперативного вмешательства, были тугоподвижность в плюснефаланговом суставе (7 пациентов) и краевой некроз послеоперационной раны (4 пациента).

Во всех случаях проводили консервативное лечение или физиотерапию с положительным эффектом. Для профилактики данных осложнений важно бережное обращение с мягкими тканями во время операции, соблюдение требований к достаточной ширине кожного мостика между разрезами на тыле стопы.

Серьезным осложнением, потребовавшим выполнения дополнительных хирургических вмешательств, стала резорбция трансплантата – 1 случай. Выполнена установка ауто трансплантата из гребня подвздошной кости с последующей консолидацией. В 1 случае потребовалось проведение релиза мягких тканей в связи с болезненной контрактурой плюснефалангового сустава.

В основной группе исследования не было выявлено ни 1 случая инфекционных осложнений в послеоперационном периоде.

В контрольной группе осложнения выявлены у 19 пациентов (57 %), что значительно превышает количество осложнений в основной группе. Среди них малые осложнения были выявлены у 22 пациентов (66 %), а серьезные – у 5 пациентов (15 %). Среди осложнений, не требующих оперативного вмешательства, самыми частыми были – тугоподвижность области плюснефалангового сустава (10 пациентов) и инфекционные осложнения в области установки пинов (6 пациентов).

Во всех случаях проводили консервативную терапию и физиотерапию с положительным эффектом.

Среди осложнений, требующих оперативного вмешательства, в 2 случаях была выявлена глубокая инфекция послеоперационной раны. Проводили этапное хирургическое лечение, длительную антибиотикотерапию с положительным эффектом. В 1 случае имела место несостоятельность костной мозоли, что потребовало выполнения костной аутопластики из гребня подвздошной кости с последующей консолидацией трансплантата. В 1 случае – консолидация костной мозоли в порочном положении; была выполнена остеотомия и внутренняя фиксация винтом. В 1 случае – болезненная контрактура плюснефалангового сустава; был выполнен хирургический релиз мягких тканей.

Исходя из полученных результатов, был сделан вывод, что дистракционный остеосинтез приводит к большему количеству осложнений, которые в основном обусловлены длительным временем лечения с использованием аппарата наружной фиксации. Длительное нахождение пинов в плюсневой кости способствовало росту числа инфекционных осложнений.

Полученные результаты позволили сделать следующий вывод: техника дистракционного остеосинтеза укороченной плюсневой кости позволяла добиться большего увеличения ее длины, но сопровождалась бóльшим количеством осложнений, а также связана с увеличением срока заживления в 2 раза. Тогда как одномоментное удлинение плюсневой кости с использованием ауотрансплантатов из трубчатых костей стопы продемонстрировало меньшее количество осложнений, быстрое время заживления, позволяло восстановить форму плюсневой параболы стопы и получить такой же косметический результат.

#### **4.4. Клинические примеры**

##### **Клинический пример № 1**

Пациентка 25 лет, 2021 год. Поступила в отделение ортопедии № 2 ГБУЗ «ГКБ № 13 ДЗМ» с диагнозом «брахиметатарзия IV луча правой стопы; двустороннее комбинированное плоскостопие III ст. (Рисунок 27).

Пациентка предъявляла жалобы на дискомфорт при подборе обуви, выраженный психологический дискомфорт и стресс, связанный с заболеванием. Жалобы на дискомфорт при подборе обуви и укорочение четвертого луча правой стопы появились с 13 лет, факт травмы стопы в анамнезе отрицает.



**Рисунок 27** – Брахиметатарзия четвертого луча правой стопы.  
Двустороннее комбинированное плоскостопие III ст.

Клиническая картина: отмечает умеренную болезненность при пальпации в проекции IV плюснефалангового сустава. Объем активных движений в плюснефаланговом суставе (сгибание/разгибание) составил 8°. Нейроциркуляторных нарушений в правой стопе выявлено не было.

Болевой синдром по ВАШ составил 1,8 см. Предоперационная оценка функции стопы по шкале AOFAS составила 74 балла. Укорочение четвертой плюсневой кости составило 15 мм. Пациентке выполнено удлинение четвертой плюсневой кости и проксимальной фаланги четвертого пальца правой стопы с применением аутотрансплантатов трубчатых костей стопы. Забор трансплантата

был произведен из пятой плюсневой кости и проксимальной фаланги пятого пальца правой стопы (Рисунок 28).



**Рисунок 28** – Удлинение четвертой плюсневой кости и проксимальной фаланги четвертого пальца правой стопы с применением ауто трансплантатов трубчатых костей стопы

В послеоперационном периоде пациентка соблюдала разработанный протокол реабилитации. В течение 8 недель осевая нагрузка на передний отдел стопы была ограничена с помощью специальной ортопедической обуви Барука. Спустя 6 недель с момента операции были удалены спицы и выполнена контрольная рентгенография.

Далее пациентка приступила к разработке активных движений в плюснефаланговых суставах. Через 8 недель пациентке сделаны индивидуальные ортопедические стельки и выполнена оценка по шкале GAIS. Итоговый результат по шкале GAIS составил 3 балла.

Через год с момента операции пациентке выполнена контрольная плантография и рентгенография. Результаты по шкалам спустя год составляли: по AOFAS – 87 баллов, по GAIS – 3 балла, по ВАШ – 0,8 см. Результаты оценены как отличные.

Удлинение плюсневой кости, по данным контрольных рентгенограмм, спустя год составляло 9 мм. Удлинение проксимальной фаланги пальца составляло 7 мм. Общее удлинение четвертого луча правой стопы – 16 мм.

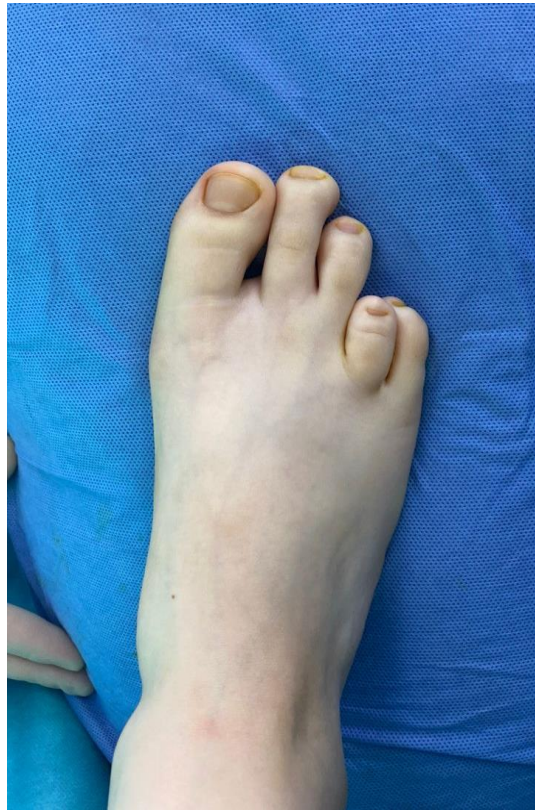
### **Клинический пример № 2**

Пациентка 28 лет, 2021 год. Поступила в отделение ортопедии № 2 ГБУЗ «ГКБ № 13 ДЗМ» с диагнозом «брахиметатарзия четвертого луча правой стопы; двустороннее комбинированное плоскостопие III ст.» (Рисунок 29).

Пациентка предъявляла жалобы на дискомфорт при подборе обуви, боли при ходьбе. Жалобы на укорочение четвертого луча правой стопы появились с 15 лет, факт травмы стопы в анамнезе отрицает.

Клиническая картина: отмечает умеренную болезненность при пальпации в проекции четвертого плюснефалангового сустава. Объем активных движений в плюснефаланговом суставе (сгибание/разгибание) составляет 10°. Нейроциркуляторных нарушений в правой стопе выявлено не было.

Болевой синдром по ВАШ составил 1,5 балла. Предоперационная оценка функции стопы по шкале AOFAS составила 72 балла. Укорочение четвертой плюсневой кости составило 18 мм.



**Рисунок 29** – Брахиметатарзия четвертого луча правой стопы.  
Двустороннее комбинированное плоскостопие III ст.

Пациентке выполнено удлинение четвертой плюсневой кости и проксимальной фаланги IV пальца правой стопы с применением дистракционного аппарата (Рисунок 30).



**Рисунок 30** – Удлинение четвертой плюсневой кости с применением дистракционного аппарата

После 7 дней компрессии начинали растягивать костную мозоль. Скорость удлинения составляла 0,5 мм в день (1/4 оборота винта 2 раза в день). Через 12 недель было достигнуто требуемое удлинение плюсневой кости (18 мм) и формирование костной мозоли. Аппарат был удален, после чего пациентка приступила к разработке активных движений в плюснефаланговых суставах.

Через год с момента операции пациентке выполнена контрольная плантография и рентгенография. Результаты по шкалам спустя год составляли: по AOFAS – 85 баллов, по GAIS – 2,9 балла, боль по ВАШ – 0,9 см. Результаты оценены как отличные.

Удлинение плюсневой кости, по данным контрольных рентгенограмм, спустя год составляло 18 мм.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Брахиметатарзия – это патология, которая характеризуется укорочением плюсневой или плюсневых костей в связи с преждевременным закрытием зоны роста. По данным литературы, ее частота в популяции составляет от 0,02 до 0,05 %. Выделяют три этиологических формы брахиметатарзии: идиопатическая врожденная форма, врожденная форма, ассоциированная с другими синдромами или заболеваниями, а также приобретенная брахиметатарзия.

При этом среди населения наиболее распространенной является идиопатическая врожденная форма заболевания – 80 % случаев. Считается, что брахиметатарзия чаще встречается у женщин. Это подтверждают различные исследования, в которых приводятся соотношения встречаемости брахиметатарзии у женщин и мужчин: от 13 : 1 до 10,5 : 1. Наиболее часто происходит нарушение развития четвертой плюсневой кости – до 80–90 % случаев.

Манифестация брахиметатарзии обычно происходит в возрасте 10–14 лет, когда закрываются зоны роста плюсневых костей. Клиническая картина довольно яркая. С учетом того, что нарушение развития становится явным в подростковом возрасте, стоит отметить наличие психологического аспекта заболевания.

Часть исследователей указывают, что у некоторых пациентов подросткового и молодого возраста могут развиваться психологические проблемы, связанные с неприятием своего тела, появляться трудности с социализацией.

Коррекция длины плюсневой кости может быть достигнута только хирургическими методами. В настоящий момент наиболее распространены два способа хирургического лечения: одномоментное удлинение плюсневой кости с применением костной аутопластики и дистракционный остеосинтез на аппарате внешней фиксации. У каждого из методов лечения есть свои преимущества и недостатки.

Одномоментное удлинение плюсневой кости не позволяет достичь значительного выигрыша по длине, поскольку одномоментное растяжение сосудистого пучка более чем на 15 мм может привести к тракционной травме и

ишемическим осложнениям. Преимуществом метода является быстрая скорость заживления и короткий период реабилитации.

Дистракционный остеосинтез позволяет добиться большего удлинения плюсневой кости, но требует длительного времени для заживления и сопровождается большим количеством осложнений.

Учитывая преимущества и недостатки указанных методов была разработана методика одномоментного удлинения плюсневой кости с помощью костных ауто трансплантатов из трубчатых костей этой же стопы. Укорочение соседней плюсневой кости позволяет уменьшить тракционную нагрузку на мягкие ткани, восстановить нарушенную параболу стопы и осуществить большее удлинение луча. Дополнительным преимуществом данной методики является быстрая консолидация области остеотомии, возможность ранней нагрузки, отсутствие дополнительных доступов для забора костного ауто трансплантата.

Нами было проведено рандомизированное экспериментальное клиническое исследование, а также сравнительное исследование результатов лечения пациентов двух групп (всего 65 пациентов, 83 стопы).

Первой, основной, группе пациентов (группа исследования, 40 пациентов, 50 стоп) было выполнено одномоментное удлинение укороченной плюсневой кости с использованием ауто трансплантатов из трубчатых костей стопы. Второй группе пациентов (контрольная группа, 25 пациентов, 33 стопы) был выполнен дистракционный остеосинтез плюсневой кости с использованием аппарата наружной фиксации.

Протокол обследования пациентов включал в себя сбор жалоб, клинический осмотр, оценку рентгенограмм, оценку функционального состояния стопы по шкале AOFAS, оценку эстетического результата по шкале GAIS, выраженность болевого синдрома по ВАШ боли. В послеоперационном периоде был проведен сравнительный анализ функциональных результатов пациентов двух групп, а также сравнение их показателей с данными научной литературы.

В основную группу исследования было включено 40 пациентов, 50 стоп. В данной группе 38 пациентов (95 %) были женского пола, 2 пациента (5 %) –

мужского пола. Средний возраст в группе составил 24,7 [22,1; 30,2] года. Средний ИМТ пациентов – 25,2 [24,4; 28,1] кг/м<sup>2</sup>.

Всем пациентам данной группы было выполнено одномоментное удлинение плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы.

В контрольную группу исследования было включено 25 пациентов, 33 стопы, из них 23 женщины (92 %) и 2 мужчин (8 %). Средний возраст в группе составил 25,8 [23,3; 29,9] лет (от 21 до 43 лет). Средний ИМТ пациентов – 24,3 [23,8; 27,5] кг/м<sup>2</sup>.

Всем пациентам данной группы был выполнен дистракционный остеосинтез плюсневой кости с использованием аппарата наружной фиксации.

Период проведения оперативных вмешательств – с 2018 по 2022 гг. Средний период наблюдения составил 4,3±2,2 года. Все операции были выполнены на базе ортопедического отделения ГКБ № 13.

Между демографическими показателями пациентов двух групп не было выявлено статистически достоверной разницы, что позволило сравнивать функциональные результаты пациентов двух групп между собой. Большинство пациентов обеих групп исследования предъявляли жалобы на косметический дефект (93 %).

Жалобы на боли при ходьбе присутствовали у 56 % пациентов, они были обусловлены длительным анамнезом брахиметатарзии и характерны для пациентов старшего возраста. В 76 % случаев выявлена брахиметатарзия четвертой плюсневой кости, что совпадало с данными мировой литературы.

Показатель по шкале AOFAS составил 84,3 [78,6; 86,1] балла для группы исследования и 85,6 [81,2; 87,1] балла для контрольной группы. Данные результаты нами расценены, как удовлетворительные функциональные показатели. Укорочение плюсневой кости в обеих группах было одинаковым: 17,0 [15,9; 18,9] мм у основной группы исследования и 17,8 [16,0; 18,8] мм у контрольной группы.

Выраженность болевого синдрома была одинаковой в обеих группах и составила 4,1 [3,9; 4,8] см у основной группы и 4,5 [4,0; 4,8] см у контрольной группы по ВАШ боли.

Контрольные осмотры и рентгенографию стопы проводили через 3, 6 и 12 месяцев после операции, далее – 1 раз в год. На рентгенограммах стопы, выполненных после операции (3, 6, 12 месяцев) оценивали: динамику формирования distractionного регенерата, наличие консолидации в области остеотомии, возможные нарушения консолидации и угловые смещения, суммарную величину удлинения плюсневой кости.

Абсолютное увеличение длины плюсневой кости измеряли как разницу между ее длиной на рентгенограммах до и после операции. Относительное удлинение плюсневой кости, выраженное в процентах, рассчитывали как отношение длины плюсневой кости после операции к ее длине до операции. Индекс заживления рассчитывали как отношение времени установки аппарата наружной фиксации (или полной консолидации) к величине удлинения плюсневой кости, выраженной в сантиметрах.

Оценку функциональных результатов проводили при каждом осмотре с использованием шкалы AOFAS, эстетический результат оценивали по шкале GAIS, все данные пациентов заносились в специальные анкетные формы. Выраженность болевого синдрома оценивали по ВАШ боли.

В Таблице 15 представлены изменения функциональных показателей пациентов обеих групп исследования в послеоперационном периоде.

Через 3 месяца после операции показатели по шкалам представлены только для основной группы исследования, поскольку к этому времени не у всех пациентов контрольной группы был демонтирован аппарат наружной фиксации. Показатели по шкале AOFAS у пациентов первой группы через 3 месяца после операции были хуже, чем до оперативного лечения. Это было связано с наличием у части пациентов послеоперационного отека, продолжавшимся периодом реабилитации и сохранявшимся болевым синдромом. При этом показатель по шкале GAIS сразу демонстрировал высокий результат – 2,8 балла.

У контрольной группы пациентов через 6 месяцев после операции баллы по шкале AOFAS снижались незначительно, по сравнению с дооперационным показателем, при этом был более выражен болевой синдром по сравнению с

пациентами основной группы через 6 месяцев после операции (3,2 [2,8; 3,9] балла и 1,2 [0,9; 1,6] балла соответственно). Более выраженный болевой синдром пациентов контрольной группы был связан с продолжительным лечением с применением аппарата наружной фиксации и более длительным периодом реабилитации.

**Таблица 15** – Изменение функциональных показателей в течение периода наблюдения

<i>Время после операции</i>	<i>Основная группа</i>	<i>Контрольная группа</i>	<i>p</i>
Шкала AOFAS, баллы			
3 месяца	78 [76,5; 79,8]	–	–
6 месяцев	87 [82,8; 89,0]	83 [81,1; 87,9]	0,62
1 год	92 [91,1; 95,2]	90 [88,2; 93,8]	0,81
3 года	95 [94,6; 97,1]	91 [89; 93]	0,74
Шкала GAIS, баллы			
3 месяца	2,8 [2,6; 2,9]	–	–
6 месяцев	2,8 [2,7; 3,0]	2,1 [2,0; 2,3]	<b>0,03*</b>
1 год	2,8 [2,6 ; 2,9]	2,6 [2,5; 2,8]	0,42
3 года	2,9 [2,7; 3,0]	2,7 [2,5; 3,0]	0,38
Выраженность болевого синдрома (ВАШ), см			
3 месяца	3,8 [2,1; 4,5]	–	
6 месяцев	1,2 [0,9; 1,6]	3,2 [2,8; 3,9]	<b>0,02*</b>
1 год	0,8 [0,7; 1,0]	1,5 [1,0; 1,6]	0,045
3 года	0,9 [0,8; 1,0]	1,0 [0,8; 1,1]	0,31
<i>Примечание</i> – * – выявлены статистически достоверные различия между группами, $p < 0,05$			

Через 1 год после операции показатели пациентов обеих групп по шкалам AOFAS и GAIS статистически достоверно не различались между собой и сохранялись на высоком уровне: 92 [91,1; 95,2] и 90 [88,2; 93,8] (основная и

контрольная) по шкале AOFAS; 2,8 [2,6; 2,9] и 2,6 [2,5; 2,8] балла (основная и контрольная группы) по шкале GAIS.

Через 3 года после операции у пациентов обеих групп не отмечали разницы в функциональных показателях по шкале AOFAS (95 [94,6; 97,1] и 91 [89; 93] балл), GAIS 2,9 [2,7; 3,0] и 2,7 [2,6; 3,0] балла) и выраженности болевого синдрома по ВАШ (0,9 [0,8; 1,0] и 1,0 [0,8; 1,1] см). Это свидетельствовало о том, что в отдаленном послеоперационном периоде оба оперативных вмешательства демонстрировали отличные функциональные и эстетические результаты, которые сохранялись с течением времени (см. Таблицу 4.2).

Величина укорочения плюсневой кости у пациентов двух групп до операции статистически достоверно не отличалось (17,0 [15,9; 18,9] и 17,8 [16,0; 18,8] мм). При этом в первой группе исследования за счет одномоментного укорочения трубчатых костей стопы величина удлинения плюсневой кости составила 13,7 [11,8; 15,7] мм (25 % удлинения относительно основной длины), что позволило избежать тракционной травмы сосудисто-нервного пучка и предотвратить возможные ишемические нарушения. Абсолютное и относительное удлинение плюсневой кости статистически достоверно было больше в контрольной группе исследования: 17,5 [17,1; 22,8] мм (40 % удлинения относительно основной длины). Средний срок заживления в основной группе исследования составил 8,1 недели, в контрольной группе – 16,2 недели. Данные показатели значительно отличались.

При том что величина укорочения плюсневой кости до операции была одинакова в двух группах исследования (17,0 [15,9; 18,9] и 17,8 [16,0; 18,8] мм соответственно), можно сделать вывод, что в обеих группах были достигнуты одинаковые результаты, но за разный промежуток времени. Срок заживления при одномоментном удлинении плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из плюсневых костей был значительно короче.

Количество осложнений значительно преобладало среди пациентов группы distractionного остеосинтеза (Таблица 16).

**Таблица 16** – Частота осложнений в двух группах исследования

<i>Осложнения</i>	<i>Основная группа (40 пациентов, 50 стоп)</i>	<i>Контрольная группа (25 пациентов, 33 стопы)</i>
Осложнения, требующие повторного хирургического вмешательства	3 (6 %)	5 (15 %)
Осложнения, не требующие оперативного лечения	14 (28 %)	22 (66 %)
Всего осложнений	11 (22 %)	19 (57 %)

В основной группе исследования осложнения были выявлены у 11 пациентов (22 %), из них осложнения, не требовавшие оперативного вмешательства, у 14 (28 %) больных, осложнения, требовавшие повторного оперативного вмешательства, у 3 пациентов (6 %). Из осложнений, потребовавших выполнения дополнительных хирургических вмешательств, были резорбция трансплантата и болезненная контрактура плюснефалангового сустава. Среди них не было ни одного случая инфекционных осложнений или ишемических нарушений в области луча стопы.

В контрольной группе осложнения имели место у 19 пациентов (57 %). Малые осложнения были выявлены у 22 пациентов (66 %), а серьезные – у 5 пациентов (15 %). Среди осложнений, потребовавших выполнения дополнительных хирургических вмешательств, в 2 случаях была выявлена глубокая инфекция послеоперационной раны. Проводили этапное хирургическое лечение, длительную антибиотикотерапию с положительным эффектом. В 1 случае имела место несостоятельность костной мозоли, что потребовало выполнения костной аутопластики из гребня подвздошной кости с последующей консолидацией трансплантата. В 1 случае выявили консолидацию костной мозоли в порочном положении, выполнена остеотомия и внутренняя фиксация винтом. В 1 случае имела место болезненная контрактура плюснефалангового сустава, был выполнен хирургический релиз мягких тканей.

Количество осложнений значительно преобладало в контрольной группе исследования, что позволило сделать вывод: дистракционный остеосинтез приводит к большему количеству осложнений, которые в большинстве своем обусловлены продолжительным лечением с применением аппарата наружной фиксации.

Таким образом, методика одномоментного удлинения плюсневой кости с использованием аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы демонстрировала меньшее количество осложнений, быстрое время заживления, позволяла восстановить форму плюсневой параболы стопы и получить отличный косметический результат.

Необходимо отметить, что большинство методик одномоментного удлинения плюсневой кости не рекомендованы при величине укорочения более 15 мм. У пациентов группы исследования среднее укорочение плюсневой кости составило 17,0 мм. Использование методики одномоментного укорочения плюсневых костей стопы позволило выполнять меньшее удлинение (среднее удлинение составило 13,8), восстановить параболу стопы и достичь отличных функциональных и косметических результатов. Забор аутотрансплантата из близлежащих плюсневых костей позволял выровнять разницу длины между плюсневыми костями.

Костные трансплантаты из плюсневых костей имеют такую же форму, анатомическое строение и не требуют дополнительной обработки перед имплантацией, что уменьшает травматизацию трансплантата. Трансплантат из плюсневой кости покрыт надкостницей, что улучшает его приживаемость. При одновременном укорочении других плюсневых костей требуется меньшее увеличение длины гипопластичной плюсневой кости, поэтому при использовании данного метода уменьшается общее натяжение мягких тканей стопы, значительно снижается вероятность сосудисто-нервных осложнений и тугоподвижности плюснефалангового сустава. Метод также может быть применен у пожилых пациентов со сниженной эластичностью мягких тканей.

Согласно полученным результатам, метод одномоментного удлинения плюсневой кости с забором трансплантатов из плюсневых костей стопы доказал свою эффективность и наличие существенных преимуществ, а значит, может быть рекомендован в рамках оперативного лечения брахиметатарзии.

## **ВЫВОДЫ**



1. Показанием к одномоментному удлинению плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы является идиопатическая или посттравматическая форма брахиметатарзии с укорочением плюсневой кости на менее чем 15 мм. Противопоказаниями к операции являлись: врожденная брахиметатарзия, сопряженная с патологическими синдромальными состояниями или заболеваниями, хронические соматические (в том числе ревматологическими) заболевания, нарушение трофики тканей (хроническая венозная недостаточность, ишемическое поражение сосудов нижних конечностей, длительный анамнез курения), наличие инфекции в области стоп, укорочение плюсневой кости на более чем 15 мм.

2. В раннем послеоперационном периоде (3 месяца) у пациентов после одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы получены отличные функциональные и косметические результаты: 78 [76,5; 79,8] баллов по шкале AOFAS; 2,8 [2,6; 2,9] балла по шкале GAIS; 3,8 [2,1; 4,5] см по ВАШ боли. В отдаленном послеоперационном периоде (3 года) у пациентов сохранялись отличные функциональные и косметические результаты: 95,0 [94,6; 97,1] баллов по шкале AOFAS; 2,9 [2,7; 3,1] балла по шкале GAIS; 0,9 [0,8; 1,0] см по ВАШ боли.

3. В группе пациентов после одномоментного удлинения плюсневой кости с применением аутотрансплантатов из трубчатых костей стопы получены лучшие краткосрочные результаты (через 6 месяцев после операции) по таким параметрам, как эстетическая оценка по шкале GAIS (2,8 [2,7; 3,0] балла против 2,1 [2,0; 2,3] балла в контрольной группе,  $p = 0,03$ ) и выраженность болевого синдрома (1,2 [0,9; 1,6] см против 3,2 [2,8; 3,9] см в контрольной группе,  $p = 0,02$ ). В отдаленном послеоперационном периоде (3 года) между группами не выявили различия в функциональных показателях по шкале AOFAS (95 [94,6; 97,1] и 91 [89; 93] балл,  $p = 0,74$ ), эстетической оценке по шкале GAIS (2,9 [2,7; 3,1] и 2,7 [2,5; 3,1] балла,  $p = 0,38$ ) и выраженности болевого синдрома по ВАШ (0,9 [0,8; 1,0] и 1,0 [0,8; 1,1] см,  $p = 0,31$ ). Таким образом, в отдаленном послеоперационном периоде оба

оперативных вмешательства демонстрировали отличные функциональные и эстетические результаты, которые не изменялись с течением времени.

4. Количество осложнений в контрольной группе составило 57 % (19 пациентов), что было статистически достоверно больше, чем в основной группе исследования – 22 % (11 пациентов),  $p = 0,03$ . Меньшее количество осложнений у пациентов основной группы свидетельствует о преимуществе метода одномоментного удлинения с использованием аутотрансплантатов из плюсневых костей стопы перед дистракционным остеосинтезом при хирургическом лечении брахиметатарзии.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Величина кожного мостика при одномоментном удлинении плюсневых костей между доступами к плюсневым костям стопы не должна быть меньше 2,5 см с целью профилактики формирования некроза кожных покровов.

2. Остеотомия плюсневой кости осуществляется на расстоянии 0,5 см от шейки плюсневой кости перпендикулярно ее длинной оси. После остеотомии необходимо выполнять тщательный релиз мягких тканей.

3. Для осуществления стабильной и надежной фиксации фрагментов целесообразно использовать компрессирующий винт с двойной резьбой длиной 22 – 36 мм, имеющий канюлированное отверстие по всей длине. Проксимальный конец винта имеет диаметр 3,3 мм и резьбу с шагом 0,082 мм, дистальный конец винта имеет диаметр 2,5 мм и резьбу с шагом 0,1 мм. На дистальном конце винта имеется самонарезающая заточка на резьбе. В головке плюсневой кости располагают конец винта с бóльшим диаметром, в проксимальной части плюсневой кости – конец винта с меньшим диаметром.

4. В каждом случае следует выполнять удлиняющую z-образную пластику сухожилий разгибателей пальцев стопы с целью профилактики формирования контрактур. Сухожилие иссекают с помощью скальпеля вдоль волокон, формируя z-образный разрез. Длина полученных дистального и проксимального фрагментов должна составлять не менее 3,0 см. Перед ушиванием мягких тканей на

проксимальный и дистальный фрагменты сухожилия накладывают нерассасывающиеся швы.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ВАШ – визуальная аналоговая шкала боли

ИМТ – индекс массы тела

ЭОП – электронно-оптический преобразователь

АOFAS – American Orthopaedic Foot and Ankle Society scale – шкала клинической оценки заболеваний стопы и голеностопного сустава Американской ассоциации ортопедов стопы и голеностопного сустава

GAIS – Global Aesthetic Improvement Scale – шкала эстетического улучшения

HV – hallux valgus – наружное отклонение первого пальца стопы

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, П. С. Способ хирургического лечения врожденной плоско-вальгусной деформации стоп у детей / П. С. Андреев, А. П. Скворцов; Государственное автономное учреждение здравоохранения «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан». – Казань, 2014.
2. Бландинский, В. Ф. Методы I. Ponseti и M. Dobbs в лечении детей с артрогрипотическими деформациями стоп / В. Ф. Бландинский, М. А. Вавилов // Гений ортопедии. – 2015. – № 4. – С. 31–35.
3. Вавилов, М. А. Сравнение отдаленных результатов лечения детей с косолапостью / М. А. Вавилов, В. Ф. Бландинский // Гений ортопедии. – 2016. – № 3. – С. 15–18.
4. Беленький, А. Г. Плоскостопие: проявления и диагностика / А. Г. Беленький // Консилиум Медикум. – Москва, 2005. – С. 618–622.
5. Каленский, В. О. Основные причины неудовлетворительных исходов лечения повреждений стопы / В. О. Каленский, П. А. Иванов // Журнал им. Н. В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь. – Москва, 2018. – С. 122–128.
6. Коваленко-Клычкова, Н. А. Лечение брахиметатарзии у детей / Н. А. Коваленко–Клычкова // Травматология и ортопедия России. – 2014. – № 2 (72). – С. 57–61.
7. Кожевников, О. В. К вопросу о целесообразности хирургической коррекции брахиметатарзий у детей / А. А. Очкуренко, А. В. Иванов, И. В. Грибова // Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 23–29.
8. Левин, А. Н. Оперативное лечение некоторых деформаций стоп у больных с последствиями полиомиелита : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.15 / Левин Андрей Николаевич. – Москва, 2016. – 125 с.
9. Леончук, Г. С. Об оперативном лечении тяжелых деформаций стоп у взрослых / Г. С. Леончук, В. Я. Дрободун, П. И. Козинец // Ортопедия,

травматология, протезирование. Патология стопы и голеностопного сустава. – Киев : Здоровье, 1971. – С. 64–68.

10. Мармыш, А. Г. Особенности распределения подошвенного давления при плоско-вальгусной деформации стоп у детей / А. Г. Мармыш // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – Гродно, 2017. – № 15. – С. 400–404.

11. Мацакян, А. М. Лечение поло-варусной деформации стопы у взрослых (малоинвазивные технологии) : дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.15 / Мацакян Артак Мацакович. – Москва, 2021. – 205 с.

12. Мухамадеев, А. А. Способ лечения эквинополой деформации стоп / А. А. Мухамадеев, Н. А. Корышков, В. Д. Балаян, В. Д. Гражданов // Травматология и ортопедии России. – 2012. – № 4. – С. 105–109.

13. Нейман, И. З. Дифференцированное хирургическое лечение мионейрогенных деформаций стоп у взрослых / И. З. Нейман, Л. Г. Карягина, В. С. Катасонова // Компрессионно-дистракционный остеосинтез в травматологии и ортопедии. – Пенза, 1980. – С. 119–122.

14. Нелин, Н. И. Лечение сложных переломов и дефектов суставных поверхностей голеностопного сустава / Н. И. Нелин, А. Н. Ивашкин, И. В. Абрамов [и др.] // Травматол. и ортоп. России. – 2007. – № 3 (прил.). – С. 57–58.

15. Неретин, А. С. Удлинение костей переднего отдела стопы методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову / Г. П. Иванов, М. Ю. Данилкин // Гений ортопедии. – 2011. – № 6. – С. 83–87.

16. Оганесян, О. В. Восстановление формы и функции голеностопного сустава шарнирно-дистракционными аппаратами / О. В. Оганесян, С. В. Иванников, А. В. Коршунов. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.

17. Черкашов, А. М. Тактика лечения эквиноэкскаваторварусной деформации стоп у взрослых / А. М. Черкашов, В. И. Кузьмин, Н. А. Корышков, А. Н. Левин // Кафедра травматологии и ортопедии. – Москва, 2016. – № 20. – С. 37–43.

18. Оганесян, О. В. Опыт лечения некоторых деформаций и повреждений стоп / О. В. Оганесян, В. В. Троценко, И. С. Истомина, В. И. Кузьмин // Тезисы

доклада на XII съезде ортопедов-травматологов, Киев, 18–20 февраля 1996 г. – Киев, 1996. – С. 289–291.

19. Пахомов, И. А. Диагностика и лечение сочетанных повреждений позвоночника и стоп / И. А. Пахомов, В. В. Рерих, К. О. Борзых, О. В. Фаламеева // Хирургия позвоночника. – 2008. – № 1. – С. 8–13.

20. Пахомов, И. А. Концептуальная модель организации специализированной помощи при патологии стопы и голеностопного сустава / И. А. Пахомов, М. А. Садовой // Гений ортопедии. – 2010. – № 4. – С. 111–115.

21. Равшанов, Ш. Н. Клинико-рентгенологическая характеристика врожденных брахиметатарзий / Ш. Н. Равшанов // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2020. – № 8. – С. 37–39.

22. Салиев, М. М. Метод чрескостного остеосинтеза при лечении врожденной брахиметатарзии / Ш. Н. Равшанов // Гений ортопедии. – 2013. – № 4. – С. 61–65.

23. Сигарева, Ю. А. Этапные гипсовые коррекции деформаций стоп при болезни Шарко – Мари – Тута как метод предоперационной подготовки / Ю. А. Сигарева // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2020. – № 8. – С. 40–43.

24. Скворцов, А. П. Оперативное лечение укорочений плюсневых костей у детей и подростков / А. П. Скворцов, П. С. Андреев, Р. Х. Ягудин // Практическая медицина. – 2014. – № 2. – С. 137–139.

25. Скудери, Д. Р. Минимально инвазивные вмешательства в ортопедии. Том 2 / Д. Р. Скудери, А. Д. Триа / Д. Р. Скудери ; перевод с англ. под ред. проф. Н. А. Шестерня. – Москва : Бином, 2014.

26. Сорокин, Е. П. Хирургическое лечение вальгусного отклонения первого пальца стопы и его возможные осложнения / Е. П. Сорокин, А. А. Карданов, С. А. Ласунский [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 62. – С. 123–130.

27. Черкес-Заде, Д. И. Хирургия стопы / Д. И. Черкес-Заде, Ю. Ф. Каменев. – Москва : Медицина, 2002. – 328 с.

28. Alter, S. A. Chevron bone graft procedure for the correction of brachymetatarsia / S. A. Alter, B. Feinman, R. G. Rosen // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 1995. – № 2 (34). – P. 200–205.

29. Arata, J. Nonincisional Osteotomy for Gradual Lengthening by Callus Distraction for Congenital Brachymetatarsia / M. Kumakiri, T. Yamashita, S. Kaito // *J. Foot Ankle Surg.* – 2021 Nov–Dec. – № 6 (60). – P. 1293–1296.

30. Bartolomei, F. J. Surgical correction of brachymetatarsia / F. J. Bartolomei // *JAPMA*. – 1990. – № 80. – P. 76.

31. Bartolomei, F. J. Surgical correction of brachymetatarsia / F. J. Bartolomei // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. – 1990. – № 2 (80). – P. 76–82.

32. Barbier, D. Gradual metatarsal lengthening by external fixation, a new classification of complications and a stable technique to minimize severe complications / D. Barbier, A. Neretin, P. Journeau, D. Popkov // *Foot & Ankle International*. – 2015. – № 11 (36). – P. 1369–1377.

33. Baek, G. H. The treatment of congenital brachymetatarsia by one-stage lengthening / G. H. Baek, M. S. Chung // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 1998. – № 6 (80). – P. 1040–1044.

34. Barbier, D. Gradual metatarsal lengthening by external fixation, a new classification of complications and a stable technique to minimize severe complications / D. Barbier, A. Neretin, P. Journeau, D. Popkov // *Foot & Ankle International*. – 2015. – № 6 (11). – P. 1369–1377.

35. Barik, S. Brachymetacarpia and brachymetatarsia: do we need to operate? / S. Barik, S. Farr // *EFORT Open Rev.* – 2021. – № 1 (6). – P. 15–23.

36. Berges Manfredi, M. J. Braquimetatarsia y braquimetapodia: a propósito de un caso / M. J. Berges Manfredi, J. M. Suarez Mendez, J. Gallar Ortega [et al] // *Rev. Esp. Podol.* – 2000. – № 11. – P. 59.

37. Blankenhorn, B. D. Clinical Tip: One stage lengthening of fourth brachymetatarsia using fibular autograft / B. D. Blankenhorn, P. J. Kerner, C. W. DiGiovanni // *Foot & Ankle International*. – 2010. – № 2 (31). – P. 175–178.



38. Bouchard, J. L. Congenital Deformities of the Forefoot in Comprehensive Textbook of Foot Surgery. Vol. 2 / J. L. Bouchard; ed. by E. D. McGlamry, A. S. Banks, M. S. Downey. – 2nd Ed. – Baltimore : Williams & Wilkins, 1992.
39. Brown, M. J. Case report: A modified 1-stage technique for the treatment of brachymetatarsia / M. J. Brown, T. F. Yeoman, S. Roberts S, A. Pillai // Foot and Ankle Specialist. – 2012. – № 5 (6) – P. 389–393.
40. Chaparro, F. One-Stage Lengthening and Minimally Invasive Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy (DMMO) for Brachymetatarsia / F. Chaparro, R. Espinoza, M. J. Pellegrini [et al] // Foot Ankle Int. – 2022 Feb. – № 2 (43). – P. 274–279.
41. Choudhury, S. N. Metatarsal lengthening: case report and review of the literature / S. N. Choudhury, H. B. Kitaoka, H. A. Peterson // Foot Ankle Int. – 1997 – № 18. – P. 739.
42. Choi, I. H. Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: One-stage lengthening versus lengthening by callotasis / I. H. Choi, M. S. Chung, G. H. Baek, T. J. Cho // Journal of Pediatric Orthopedics. – 1999. – № 5 (19). – P. 660–664.
43. Cho, Y. J. Brachymetacarpia and Brachymetatarsia in Patients with Multiple Hereditary Exostosis / Y. J. Cho, J. Y. Lee, W. G. Lee, S. T. Jung // Clin. Orthop. Surg. – 2020 Dec. – № 4 (12). – P. 549–553.
44. Cortés-Rodríguez, R. Tratamiento quirúrgico de pacientes con braquimetatarsia mediante elongación ósea con minifi jador externo «RC-4» / R. Cortés-Rodríguez, A. Romano-Juárez, G. Castañeda-Pichardo, G. Tercero-Quintanilla // Archivos de Investigación Materno Infantil. – 2009. – № 1 (2). – P. 75–78.
45. Cordoba–Fernandez, A. Literature review on brachymetatarsia / A. Cordoba-Fernandez, M. L. Vera-Gymez // Orthop Nurs. – 2018. – № 37. – P. 292–302.
46. Colt, G. Valenti resection arthroplasty for hallux rigidus: a systematic review / G. Colt, E. M. Samaila, B. Magnan, L. Felli // Foot Ankle Surg. – 2019. – № 19. – P. 30209–30217.
47. Colt, G. The effectiveness of shoe modifications and orthotics in the conservative treatment of civinini-morton syndrome: state of art / G. Colt, A. Rava, E. M. Samaila [et al.] // Acta Biomed. – 2020. – № 91. – P. 60–68.

48. Colt, G. Longterm results of surgical treatment of valenti procedures for hallux rigidus: a minimum ten-year follow-up retrospective study / G. Colt, M. Alessio-Mazzola, G. Dagnino, L. J. Felli // *Foot Ankle Surg.* – 2019. – № 58. – P. 291–294.
49. Concheiro Barreiro, G. Percutaneous foot surgery for the treatment of brachymetatarsia: A case report / G. Concheiro Barreiro, A. Gadañón García, J. M. Giráldez Domínguez // *Foot Ankle Surg.* – 2017 Sep. – № 3 (23). – P. e1–e5.
50. Córdoba-Fernández, A. Literature Review on Brachymetatarsia / A. Córdoba-Fernández, M. L. Vera-Gómez // *Orthop Nurs.* – 2018 Sep/Oct. – № 5 (37). – P. 292–302.
51. D'Arrigo, A. La braquimetatarsia. Presentación de un caso / A. D'Arrigo, I. Eraso Lara, O. Jiménez Sarmiento // *Revista Española de Cirugía Osteoarticular.* – 2001. – № 46 (246). – P. 69–72.
52. Davidson, R. S. Metatarsal lengthening / R. S. Davidson // *Foot Ankle Clin.* – 2001. – № 6. – P. 499–518.
53. Desai, A. Brachymetatarsia of the fourth metatarsal, lengthening scarf osteotomy with bone graft / A. Desai, S. Lidder, A. Armitage, S. Rajaratnam // *Orthopedic Reviews.* – 2013. – № 3 (5). – P. 21.
54. Edwards, S. R. A Case of Polymetatarsia Without Polydactyly / S. R. Edwards // *Cureus.* – 2020 Aug 14. – № 8 (12). – P. 9730.
55. Formosa, N. Congenital brachymetatarsia and Turner syndrome / N. Formosa, M. Buttigieg, J. Torpiano // *Arch. Dis. Child.* – 2016. – № 4 (101). – P. 332.
56. Frankel, J. P. Correction of brachymetatarsia with transpositional metatarsal osteotomies / J. P. Frankel, J. H. Fleishman // *The Journal of Foot Surgery.* – 1991. – № 1 (30). – P. 19–25.
57. Froehlich, V. A rare combination of brachymetatarsia and congenital hallux varus / V. Froehlich, M. Wuenschel // *Journal of the American Podiatric Medical Association.* – 2014. – № 1 (104). – P. 85–89.
58. Fuiano, M. Callus distraction with external fixator for the treatment of congenital brachymetatarsia of the fourth ray / M. Fuiano, M. Mosca, S. Caravelli [et al.] // *Foot Ankle Surg.* – 2020. – № 6 (26). – P. 693–698.

59. Fusini, F. Mini invasive treatment for brachymetatarsia of the fourth ray in females: percutaneous osteotomy with mini-burr and external fixation – a case series / F. Fusini, F. Langella, O. Catani [et al.] // *J. Foot Ankle Surg.* – 2017. – № 6. – P. 390–394.
60. Fusini, F. Correction to: Aetiology, diagnosis, and treatment of brachymetatarsia: a narrative review / F. Fusini, A. Massè, A. Rava [et al.] // *Musculoskelet Surg.* – 2022 Dec. – № 4 (106). – P. 475.
61. Fusini, F. Aetiology, diagnosis, and treatment of brachymetatarsia: a narrative review / F. Fusini, M. Alessandro, A. Rava [et al.] // *Musculoskelet Surg.* – 2022 Jun. – № 2 (106) – P. 99–109.
62. Fusini, F. Mini-Invasive Treatment for Brachymetatarsia of the Fourth Ray in Females: Percutaneous Osteotomy With Mini-Burr and External Fixation-A Case Series / F. Fusini, F. Langella, O. Catani [et al.] // *J. Foot Ankle Surg.* – 2017 Mar–Apr. – № 2 (56). – P. 390–394.
63. Geddens, R. Brachymetatarsia as a Source of Pain in a US Military Trainee / R. Geddens, S. C. Dembowski // *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* – 2018 Nov. – № 11 (48). – P. 904.
64. Giannini, S. One-stage metatarsal lengthening by allograft interposition a novel approach for congenital brachymetatarsia / S. Giannini, C. Faldini, S. Pagkrati [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2010. – № 468. – P. 1933–1942.
65. Goo, H. B. The treatment of congenital brachymetatarsia by onestage lengthening / H. B. Goo, S. C. Moon // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 1998. – № 80. – P. 1040–1044.
66. Hartenbach, F. Interdigital vs Transarticular Lateral Release With Scarf Osteotomy / F. Hartenbach, K. Kristen, H. Trnka, B. Hoyer // *Foot and Ankle International.* – 2021. – № 2 (43). – P. 193–202.
67. Hatch, D. Analysis of Shortening and Elevation of the First Ray With Instrumented Triplane First Tarsometatarsal Arthrodesis / D. Hatch, P. Dayton, W. T. DeCarbo [et al.] // *Foot Ankle Int.* – 2020. Nov 20. – № 4 (5). – Article № 2473011420960678.
68. Hinrichsen, K. V. Principles of ontogenesis of leg and foot in man / K. V. Hinrichsen, H. J. Jacob [et al.] // *Ann. Anat.* – 1994. – № 176. – P. 121–130.

69. Hung, W. C. Subacute two stage metatarsal lengthening with gradual distraction for brachymetatarsia: A consecutive case series and literature review / C. H. Chen, C. H. Lin, T. Y. Chen // *Foot Ankle Surg.* – 2023 Jan. – № 1 (29). – P. 86–89.

70. Iobst, C. A. Limb lengthening with submuscular plate stabilization: a case series and description of the technique / C. A. Iobst, M. T. Dahl // *J. Pediatr. Orthop.* – 2007. – № 27. – P. 504–509.

71. Jones, M. D. Callus distraction versus single-stage lengthening with bone graft for treatment of brachymetatarsia: a systematic review / M. D. Jones, D. M. Pinegar, S. A. Rincker // *J. Foot Ankle Surg.* – 2015. – № 54. – P. 927–931.

72. Karunathilake, P. A Rare Observation of Brachymetacarpia and Brachymetatarsia in a Patient with Primary Idiopathic Hypoparathyroidism / P. Karunathilake, P. A. Rajaratnam, W. K. S. Kularatne // *Case Rep Endocrinol.* – 2023 Feb. – № 2023. – P. 2023.4149677.

73. Kashuk, K. B. Alternative autogenous bone graft donor sites in brachymetatarsia reconstruction: a review of the literature with clinical presentations / J. R. Hanft, J. A. Schabler, J. J. Kopelman // *Foot Surg.* – 1991. – № 30. – P. 246–252.

74. Kelikian, A. S. Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional / A. S. Kelikian, S. K. Sarrafian. – Lippincott : Williams & Wilkins, 2011.

75. Kim, H. T. The management of brachymetatarsia / H. T. Kim, S. H. Lee, C. I. Yoo [et al] // *J. Bone Jt. Surg. Br.* – 2003. – № 85. – P. 683–690.

76. Kim, H. T. Treatment of Brachymetatarsia Involving the Great Toe / H. T. Kim, S. M. Hong, I. H. Kim // *JB JS Open Access.* – 2018 Apr 19. – № 3. – P. 0046.

77. Kim, H. S. Complications of distraction osteogenesis in brachymetatarsia: comparison between the first and fourth brachymetatarsia / H. S. Kim, Y. S. Lee, J. H. Jung, J. S. Shim // *Foot Ankle Surg.* – 2019. – № 25. – P. 113–118.

78. Kim, D. G. Long Term Result of Weil Osteotomy and Callotasis for Bilateral Brachymetatarsia: A Case Report / D. G. Kim, Y. H. Lee, I. H. Nam, Y. D. Choi // *J. Orthop. Case Rep.* – 2019. – № 3 (9). – P. 84–86.

79. Kitabata, R. Distraction Osteogenesis for Brachymetatarsia by Using Internal Device / R. Kitabata, Y. Sakamoto, T. Nagasao, K. Kishi // *Plast. Reconstr. Surg. Glob. Open.* – 2017 Jul 25. – № 5 (7). – P. 1381.
80. Klauser, H. O. The Surgical Treatment of Brachymetatarsia / H. O. Klauser // *Foot Ankle Clin.* – 2021 Dec. – № 4 (26). – P. 685–704.
81. Lamm, B. M. Percutaneous distraction osteogenesis for treatment of brachymetatarsia / B. M. Lamm // *J. Foot Ankle Surg.* – 2010. – № 49. – P. 197–204.
82. Lamm, B. M. Problems, obstacles, and complications of metatarsal lengthening for the treatment of brachymetatarsia / B. M. Lamm, M. C. Gourdine-Shaw // *Clin. Podiatr. Med. Surg.* – 2010. – № 27. – P. 561–582.
83. Lamm, B. M. Brachymetatarsia: A Classification for Surgical Treatment / T. B. Lamm // *J. Foot Ankle Surg.* – 2023 Jan–Feb. – № 1 (62). – P. 132–149.
84. Lamm, B. M. Intramedullary Metatarsal Fixation for Treatment of Delayed Regenerate Bone in Lengthening of Brachymetatarsia / B. M. Lamm, K. R. Moore, J. M. Knight, E. Pugh, J. R. Baker // *J. Foot Ankle Surg.* – 2018 Sep–Oct. – № 5 (57). – P. 987–994.
85. Lee, K. B. Comparison of the outcomes of distraction osteogenesis for first and fourth brachymetatarsia / K. B. Lee, H. W. Park, J. Y. Chung [et al.] // *J. Bone Jt. Surg. Ser. A.* – 2010. – № 92. – P. 2709–2718.
86. Lelivre, J. Pathologie du pied: physiologie, clinique: traitement medical, orthopedique et chirurgical / J. Lelivre, B. Masson, J. L. Besse // *Metatarsalgia Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2017. – № 103. – P. 29–39.
87. Machado Filho, A. Treatment of Brachymetatarsia by Distraction Osteogenesis Using Monolateral External Fixator / A. Machado Filho, G. F. O. Costa, A. A. Faria, G. T. Leão // *Rev. Bras. Ortop (Sao Paulo).* – 2021 Oct 1. – № 1 (57). – P. 75–81.
88. Marwan, Y. Metatarsal Gradual Lengthening for Brachymetatarsia Using a Mini-rail External Fixator System / Y. Marwan, K. A. Dalu, M. Bernstein, R. C. Hamdy // *Strategies Trauma Limb Reconstr.* – 2022 Sep–Dec. – № 3 (17). – P. 184–188.
89. Matsubara, S. Hallux Valgus With Second Brachymetatarsia Discovered Accidentally: A Case Report / S. Matsubara, T. Onodera, K. Iwasaki [et al.] // *J. Foot Ankle Surg.* – 2021 Sep–Oct. – № 5 (60). – P. 1060–1062.

90. McGlamry, E. D. Floating toe syndrome / E. D. McGlamry // *J. Am. Podiatry Assoc.* – 2018. – № 72. – P. 561–568.
91. Marcinko, D.E. Post-traumatic brachymetatarsia / D. E. Marcinko, M. J. Rappaport, S. J. Gordon // *Foot Surg.* – 1984. – № 23. – P. 451–453.
92. Masada, K. Complications following metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia / K. Masada, S. Fujita, T. Fuji, H. Ohno // *J. Pediatr. Orthop.* – 1999. – № 3 (19). – P. 394–397.
93. Massimi, S. Management of high-grade hallux rigidus: a narrative review of the literature / S. Massimi, S. Caravelli, M. Fuiano [et al] // *Musculoskelet Surg.* – 2020. – № 104. – P. 237–243.
94. Mendeszoon, M. J. Congenital bilateral first brachymetatarsia: a case report and review of available conservative and surgical treatment options / M. J. Mendeszoon, Y. L. Kaplan, R. S. Crockett, N. Cunningham // *Foot Ankle Online J.* – 2009.
95. Munuera Martinez, P. V. Morphofunctional study of brachymetatarsia of the fourth metatarsal / P. V. Munuera Martinez, G. Lafuente Sotillos, G. Dominguez Maldonado [et al] // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 2004. – № 94. – P. 347–352.
96. Neretin, A. S. Value of ultrasonography and radiography for the study of bone regeneration in lengthening of the fourth ray in brachymetatarsia / A. S. Neretin, T. I. Menshchikova // *Foot Ankle Surg.* – 2021 Jun. – № 4 (27). – P. 432–438.
97. Ozdemir, M. A rare case of isolated congenital unilateral brachymetatarsia presenting in a young adult male / M. Ozdemir, R. P. Kavak, T. R. Akdağ // *Radiol. Case Rep.* – 2019. – № 14. – P. 1252–1254.
98. Pandey, P. K. Brachymetatarsia with accessory navicular in right foot: a rare coincidental finding / P. K. Pandey, I. Pawar, S. K. Beniwal, R. R. Verma // *Chin. J. Traumatol. English Ed.* – 2016. – № 19. – P. 56–58.
99. Robinson, J. F. Brachymetatarsia: congenitally short third and fourth metatarsals treated by distraction lengthening – a case report and literature summary / J. F. Robinson, T. J. Ouzounian // *Foot Ankle Int.* – 1998. – № 19. – P. 713–718.
100. Samaila, E. M. Central metatarsal fractures: a review and current concepts / E. M. Samaila, A. Ditta, S. Negri [et al.] // *Acta Biomed.* – 2020. – № 91. – P. 36–46.

101. Samaila, E. Effectiveness of corticosteroid injections in Civinini–Morton’s syndrome: a systematic review / E. Samaila, G. Colt, A. Rava [et al.] // *Foot Ankle Surg.* – 2020. – № 20 (S1268–7731). – P. 30081–30083.
102. Schimizzi, A. Brachymetatarsia / A. Schimizzi // *Foot Ankle Clin. Brage.* – 2004. – № 9. – P. 555–570.
103. Shecaira, A. P. Brachymetatarsia: one-stage versus two-stage procedures / A. P. Shecaira, R. M. Fernandes // *Foot Ankle Clin.* – 2019. – № 24. – P. 677–687.
104. Shim, J. S. Treatment of brachymetatarsia by distraction osteogenesis / J. S. Shim, S. J. Park // *J. Pediatr. Orthop.* – 2006. – № 26. – P. 250–254.
105. Singh, D. Lengthening of the shortened first metatarsal after Wilson’s osteotomy for hallux valgus / D. Singh, I. Dudkiewicz // *J. Bone Jt. Surg. Ser. B.* – 2009. – № 91. – P. 1583–1586.
106. Solomon, M. G. Brachymetatarsia. Case report and surgical considerations / M. G. Solomon, D. K. Blackledge // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 1995. – № 85. – P. 685–689.
107. Stedman’s Medical Dictionary. «Brachymetatarsia». – 26th ed. – Baltimore : Williams & Wilkins, 1995.
108. Tabak, B. Metatarsal-slide lengthening without bone grafting / B. Tabak, H. Lefkowitz, I. J. Steiner // *Foot Surg.* – 1986. – № 25. – P. 50–53.
109. Thomas, M. A. The Prevalence of Bunions in the Setting of Brachymetatarsia / M. A. Thomas, N. A. Siddiqui, K. J. Millonig, Y. Siddiqui // *J. Foot Ankle Surg.* – 2023 May–Jun. – № 3 (62). – P. 498–500.
110. Thomas, M. A. The Role of the Shortened Proximal Phalanx in the Setting of Brachymetatarsia / M. A. Thomas, N. A. Siddiqui, K. J. Millonig [et al.] // *J. Foot Ankle Surg.* – 2023 Jan–Feb. – № 1 (62). – P. 129–131.
111. Toporowski, G. Callus distraction for brachymetatarsia – a comparison between an internal device and the external fixator / G. Toporowski, R. Thiesen, G. Gosheger, R. Roedl, A. Frommer // *Foot Ankle Surg.* – 2022 Dec. – № 8 (28). – P. 1220–1228.
112. Trujillo Pérez, P. Tratamiento Ortopodológico de las Sobrecargas Asociadas a la Braquimetatarsia del IV Metatarsiano / P. Trujillo Pérez, M. Reina Bueno, G.

Lafuente, P. Munuera Martínez // *Revista Española de Podología*. – 2007. – № 4 (23). – P. 168–170.

113. Vafae-Shahi, M. Novel phenotype and genotype spectrum of NARS2 and literature review of previous mutations / M. Vafae-Shahi, M. Farhadi, E. Razmara [et al.] // *Ir. J. Med. Sci.* – 2022 Aug. – № 4 (191). – P. 1877–1890.

114. Viladot, A. Malformaciones Congénitas in Patología del Antepié / A. Viladot. – 3rd ed. – Barcelona : Elsevier España, 2001. – 334 p.

115. Waizy, H. One-stage metatarsal interposition lengthening with an autologous fibula graft for treatment of brachymetatarsia / H. Waizy, H. Polzer, N. Schikora [et al.] // *Foot Ankle Spec.* – 2019. – № 12. – P. 330–335.

116. Wingenfeld, C. Therapieoptionen bei Brachymetatarsie / C. Wingenfeld, D. Arbab // *Abbara-Czardybon Orthopade*. – 2013. – № 42. – P. 30–37.

117. Woo, S. H. Anatomical reconstruction of the fourth brachymetatarsia with one-stage iliac bone and cartilage cap grafting / S. H. Woo, C. Y. Bang, H. C. Ahn, S. J. Kim // *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* – 2017 May. – № 5 (70). – P. 666–672.

118. Zhang, N. Plantar approach for treatment of brachymetatarsia: A novel approach with an aesthetic consideration / N. Zhang, H. Xu, Z. Huang [et al.] // *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* – 2022 May. – № 5 (75). – P. 1668–1673.

119. Zhu, D. Brachymetatarsia: Surgical Management, Case Report, and Literature Review / D. Zhu, M. Lefèvre, A. Fernandez, L. Galois // *Case Rep. Orthop.* – 2022 Mar 10. – № 2022. – P. 8253096.

120. Cheng, C. What's the clinical significance of VAS, AOFAS, and SF-36 in progressive collapsing foot deformity / Cheng Chen, Zhen Dong, Yi Zhang [et al.] // *Foot and Ankle Surgery*. – 2024 Feb. – № 2 (30). – P. 103–109.

121. Ido, A. Clinical application of 675 nm laser therapy for dorsal hand skin hyperpigmentation / A. Ido, F. Fusco, F. Madeddu, T. Zingoni // *Skin. Res. Technol.* – 2023 Oct. – № 10 (29). – P. 13484.