

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РОССИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ ИМЕНИ Р.Р. ВРЕДЕНА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УХАНОВ

Константин Андреевич

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧРЕСКОСТНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ДЕФОРМАЦИЯХ
СРЕДНЕГО И ЗАДНЕГО ОТДЕЛОВ СТОПЫ

(топографо-анатомическое, экспериментальное и клиническое исследование)

14.01.15 – травматология и ортопедия

14.03.01 – анатомия человека

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научные руководители:

доктор медицинских наук, профессор Соломин Л.Н.

доктор медицинских наук, профессор Фомин Н.Ф.

Санкт-Петербург - 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. КОРРЕКЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ СРЕДНЕГО И ЗАДНЕГО ОТДЕЛОВ СТОПЫ У ВЗРОСЛЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	17
1.1. Актуальность темы исследования	17
1.2. Классификация деформаций стоп	19
1.3. Диагностика деформации. Референтные линии и углы	22
1.4. Лечение деформаций стоп	27
1.4.1. Хирургическое лечение деформаций стоп	27
1.4.2. Использование ортопедических гексаподов	31
1.4.2.1. Общая информация	31
1.4.2.2. Роль гексаподов в лечении деформаций стоп	34
1.4.2.3. Орто-СУВ и его преимущества	35
1.5. Атласы проведения чрескостных элементов	36
1.6. Резюме	40
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	42
2.1. Общая характеристика и структура исследования	42
2.2. Топографо-анатомическое исследование: методика определения рекомендуемых позиций для проведения чрескостных элементов через кости стопы	42
2.2.1. Система координат	42
2.2.2. Определение позиций доступности	43
2.2.3. Определение критериев рекомендуемых позиций для введения чрескостных элементов в кости стопы	44
2.3. Аналитические исследования	47

2.3.1. Методика разработки рабочей классификации деформаций стоп	48
2.3.2. Методика разработки анализа и планирования коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в боковой проекции	50
2.4. Экспериментальное исследование	55
2.4.1. Определение оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы	57
2.4.2. Определение оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для лечения деформаций на уровне заднего отдела стопы	60
2.4.3. Определение оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для коррекции комбинированных деформаций стопы	63
2.5. Клиническое исследование. Изучение эффективности клинического применения аппарата Орто-СУВ при коррекции деформаций стопы	63
2.5.1. Общая характеристика пациентов	63
2.5.2. Оценка точности коррекции деформации	64
2.5.3. Оценка продолжительности коррекции	66
2.5.4. Определение качества лечения по шкалам (опросники SF-36, AOFAS и шкала LEFS)	68
2.5.4.1. Опросник качества жизни SF-36	68
2.5.4.2. Опросник AOFAS	68
2.5.4.3. Функциональная шкала для нижней конечности LEFS	69
2.5.5. Оценка осложнений	69
2.6. Метод статистического анализа	70
ГЛАВА 3. ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕСТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЧРЕСКОСТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОСТИ СТОПЫ	72
3.1. Обоснование «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов через стопу	72
3.1.1. Обоснование «рекомендуемых позиций» для 1-5-го пальцев, уровни I-V	76

3.1.2. Обоснование «рекомендуемых позиций» для I–V плюсневых костей, уровень VI	81
3.1.3. Обоснование «рекомендуемых позиций» для I–V плюсневых костей, уровни VII–VIII	85
3.1.4. Обоснование «рекомендуемых позиций» для костей предплюсны, уровень IX	87
3.1.5. Обоснование «рекомендуемых позиций» для костей предплюсны, уровни X–XI	91
3.1.6. Обоснование «рекомендуемых позиций» пяточной и таранной костей, уровни XII–XIV	94
3.1.7. Обоснование «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов в пяточную и таранную кости и наружную лодыжку на косых уровнях I–III	95
3.2. Обсуждение полученных результатов	98
ГЛАВА 4. ПЛАНИРОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ	100
4.1. Рабочая классификация деформаций на уровне среднего и заднего отделов стопы	100
4.2. Метод оценки и планирование коррекции деформации среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости	108
4.2.1. Референтного значения опорных точек первой плюсневой и пяточной костей на основе данных «четырёхугольника стопы» (в сагиттальной плоскости)	108
4.2.2. Планирование коррекции деформаций среднего отдела стопы	112
4.2.2.1. Расчёты относительно среднediaфизарной линии первой плюсневой кости	112
4.2.2.2. Расчёты относительно механической оси первой плюсневой кости	115
4.2.3. Планирование коррекции деформаций заднего отдела стопы	118

4.3. Результаты определения оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций стопы	124
4.3.1. Оптимальная компоновка аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы	124
4.3.2. Оптимальная компоновка аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне заднего отдела стопы	130
4.3.3. Оптимальная компоновка аппарата Орто-СУВ для коррекции комбинированных деформаций стопы	135
4.4. Обсуждение полученных результатов	136
ГЛАВА 5. КЛИНИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕННЫХ И УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МЕТОДИК ПЛАНИРОВАНИЯ И ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ОРТО-СУВ	138
5.1. Общая характеристика пациентов	138
5.2. Результаты коррекции с использованием аппарата Орто-СУВ	138
5.2.1. Точность коррекции	138
5.2.2. Временные показатели	150
5.2.3. Показатели качества лечения (оценки качества жизни пациента)	156
5.2.3.1. Данные на основании опросника SF-36	156
5.2.3.2. Данные опросника AOFAS	158
5.2.3.3. Данные опросника LEFS	159
5.2.4. Возможные осложнения и способы их устранения	160
5.3. Оптимизация технологии применения аппарата Орто-СУВ для лечения пациентов со сложными многоплоскостными деформациями стоп на уровне среднего и заднего отделов	165
5.3.1. Показания и противопоказания	166
5.3.2. Оснащение	166
5.3.3. Общие принципы рентгенологического обследования	166

5.3.4. Предоперационная подготовка	167
5.3.5. Особенности чрескостного остеосинтеза при деформациях стоп	167
5.3.6. Особенности работы с компьютерной программой	168
5.3.7. Особенности послеоперационного периода	180
5.4. Клинические примеры	183
5.4.1. Коррекция деформации стопы на уровне среднего отдела	183
5.4.2. Коррекция деформации стопы на уровне заднего отдела	187
5.5. Обсуждение полученных данных при клинической апробации данных исследований	190
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	192
ВЫВОДЫ	206
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	208
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	209
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	210
ПРИЛОЖЕНИЯ	231

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В тех случаях, когда имеются противопоказания к одномоментной коррекции и внутренней фиксации, аппарат Илизарова и технология его применения до настоящего времени являются золотым стандартом при коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы (Ли А.Д. с соавт., 2002; Kirienko A. et al., 2004; Шевцов В.И., 2005; Оганесян О.В., 2004; Бейдик О.В. с соавт., 2002; Catagni M.A. et al., 2000; Paley D., 1993; Wallander H. et al., 1996; Kocaoglu M. et al., 2002; El-Mowafi H. et al., 2004; Freedman J.A. et al., 2006). Неоспоримыми достоинствами метода чрескостного остеосинтеза являются малая травматичность оперативного вмешательства, возможность дозированного во времени устранения всех компонентов деформации, стабильная фиксация костных фрагментов. Однако до настоящего времени имеется ряд нерешенных вопросов.

Известные схемы для проведения чрескостных элементов через кости стопы не лишены недостатков (Бейдик О.А. с соавт., 2002; Шевцов В.И. с соавт., 2008; Catagni M.A., 2003; Kirienko A. et al., 2004). Одним из них является недостаточное количество предлагаемых уровней (не более 3–7). Принципы формирования системы координат указанных атласов затрудняют практическое использование изложенного материала. И самое главное – все известные атласы не учитывают смещение мягких тканей относительно костей стопы. Как известно, использование позиций с минимальным смещением мягких тканей позволяет уменьшить опасность возникновения не только трансфиксационных контрактур, но и инфекционных осложнений за счет снижения уровня хронической травматизации мягких тканей чрескостными элементами (Соломин Л.Н. с соавт., 2004, 2005, 2012).

Корректное планирование устранения деформаций стоп возможно только при использовании референтных линий и углов (РЛУ) (Lamm B.M. et al., 2004; Kirienko A. et al., 2004; Shalaby H. et al., 2007; Lamm B.M. et al., 2016).

К сожалению, методики определения вершины деформации (Center of Rotation of Angulation – CORA) описаны только для заднего (Paley D., 2009) и среднего отделов стопы во фронтальной плоскости (Lamm B.M. et al., 2016). Доступные в литературе референтные линии и углы (РЛУ) среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости (Chi T.D. et al., 1999; Kirienko A. et al., 2004; Lamm B.M., et al., 2016; Tudor H., 2011) позволяют констатировать наличие деформации и отчасти определить ее величину. Они не предназначены для определения вершины деформации и планирования ее коррекции.

При коррекции многоплоскостных многокомпонентных деформаций методом Илизарова использование классических «унифицированных» репозиционных узлов сопряжено со сложностями и требует от хирурга виртуозного владения методом. Кроме того, даже опытные специалисты не смогут точно (до градуса или миллиметра) предугадать положение перемещаемого отдела стопы в каждый момент периода коррекции. При этом необходимость повторных перемонтажей (замены) узлов является, по существу, частью рутинной процедуры коррекции деформации по Илизарову (Шевцов В.И., 2008; Kirienko A., 2004). С 2006 года для коррекций деформаций стоп с успехом стали использоваться аппараты, работающие на основе пассивной компьютерной навигации – т.н. ортопедические гексаподы, прежде всего Taylor Spatial Frame и Ilizarov Hexapod Apparatus (Eidelman M. et al., 2006; Floerkemeier T. et al., 2011; Taylor J., 2002). Основное преимущество гексаподов – это возможность направленного трехплоскостного взаимного перемещения костных фрагментов по «интегральной» траектории, что исключает многократные перемонтажи репозиционных узлов (Виленский В.А. с соавт., 2009; Taylor J., 1997, 2002; Paley D., 2000). Отечественный аппарат Орто-СУВ имеет преимущества перед зарубежными аналогами как в конструктивном плане, так и в прилагаемом программном обеспечении (Виленский В.А., 2009). Однако возможности аппарата Орто-СУВ при коррекции деформаций стоп до настоящего времени не были исследованы.

Степень разработанности темы

Изучение степени научной разработанности проблемы, составляющей предмет нашего исследования, показало наличие многих нерешенных вопросов. Так, известные схемы проведения чрескостных элементов (3–5 уровней) не позволяют охватить возможный спектр компоновок АВФ, используемых при коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы. К тому же, известные схемы не включают сведений по смещению мягких тканей. Известные методы анализа и планирования коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости имеют существенные недостатки. Использование гексаподов при лечении деформаций стопы признано эффективным и перспективным. Известен российский ортопедический гексапод Орто-СУВ, имеющий ряд преимуществ перед аналогами. Однако технологии его применения при лечении сложных многоплоскостных деформаций среднего и заднего отдела стопы до настоящего времени не разработаны.

Все вышеперечисленное обусловило цель и задачи настоящего диссертационного исследования.

Классификация работы

Работа включает топографо-анатомическое, экспериментальное и клиническое исследования и носит прикладной характер.

Цель исследования — на основе топографо-анатомических, экспериментальных и клинических исследований разработать новую эффективную технологию применения ортопедического гексапода Орто-СУВ при лечении пациентов с деформациями среднего и заднего отделов стопы.

Для реализации указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Выполнить топографо-анатомическое обоснование рекомендуемых позиций для проведения чрескостных элементов через кости стопы.

2. Разработать рабочую классификацию степеней сложности деформаций среднего и заднего отделов стоп на основе учета компонентов, плоскостей деформации и их сочетания.

3. Разработать оригинальные методы планирования и оценки результатов коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости.

4. Разработать оптимальные компоновки аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы, а также комбинированных деформаций с учетом их репозиционных возможностей.

5. Апробировать в клинике предложенные и усовершенствованные методики планирования и выполнения реконструктивных операций на стопе у профильных пациентов.

6. Определить необходимое оснащение, особенности предоперационной подготовки, работы с компьютерной программой, послеоперационного ведения пациентов при использовании аппарата Орто-СУВ.

Научная новизна исследования

1. При помощи оригинального устройства (патент РФ на полезную модель №172036) получены новые данные о смещении мягких тканей относительно костей стопы.

2. Определены оригинальные референтные линии и углы для среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости (положительные решения на выдачу патентов РФ по заявкам на изобретения №2016147240, 2016133699).

3. Получены новые данные по репозиционным возможностям ортопедического гексапода Орто-СУВ применительно к коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы.

4. Получены новые данные об особенностях лечения пациентов с деформациями среднего и заднего отделов стоп при помощи ортопедического гексапода: точность репозиции, длительность коррекции, осложнения.

Практическая значимость

1. Разработан комплекс из 17 схем (атлас) с определением рекомендуемых позиций для проведения чрескостных элементов через кости стопы. Использование рекомендуемых позиций призвано исключить повреждение магистральных сосудов и нервов, уменьшить опасность возникновения инфекционных осложнений и контрактур.

2. Разработаны новые способы анализа, планирования и оценки результатов коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости, использование которых не зависит от положения стопы в голеностопном суставе, наличия сопутствующей деформации смежного отдела стопы или дистального отдела голени.

3. Оригинальная классификация деформаций среднего и заднего отделов стопы позволяет определить оптимальный тип репозиционного узла, который должен быть использован для конкретного случая: унифицированный по Илизарову или ортопедический гексапод.

4. Разработаны оптимальные компоновки аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего и заднего отделов стопы, а также для коррекции комбинированных двухуровневых деформаций, обладающие наилучшими репозиционными возможностями и свойствами модульной трансформации (патенты на изобретения РФ № 2489106, 2578841).

5. Разработаны основы новой технологии лечения больных со сложными деформациями стоп на основе применения ортопедического гексапода Орто-СУВ, направленной на снижение рисков развития осложнений, свойственных для чрескостного остеосинтеза, упрощения планирования и выполнения коррекции, улучшения анатомо-функциональных результатов.

Методология исследования

Работа включала в себя четыре взаимосвязанных фрагмента: топографо-анатомический, аналитический, экспериментальный и клинический.

1. Топографо-анатомическое исследование. Перед проведением топографо-анатомического исследования для определения необходимого количества уровней и позиций были проанализированы данные литературы по чрескостному остеосинтезу стоп (Бейдик О.В. с соавт., 2002.; Оганесян О.В., 2004; Шевцов В.И., Исмаилов Г.Р., 2008; Kirienko A. et al., 2004). Затем проводилось топографо-анатомическое исследование, которое, в свою очередь, состояло из двух частей. Первая часть включала работу на замороженном трупном материале, на котором проводили исследование топографической анатомии. Были произведены распилы (пироговские срезы) на принятом числе уровней. Каждый срез подлежал фотодокументированию с обработкой изображения в программе Photoshop. Для каждой кости на каждом уровне были определены позиции доступности и позиции запрета. Было проведено исследование на 10 замороженных стопах трупов без признаков патологии. Вторая часть включала работу на нефиксированном трупном материале, чьи стопы так же не имели патологии. На каждом из уровней были определены величины смещения мягких тканей относительно костей стопы. Затем путем исключения из «позиций доступности» тех позиций, в которых имеется наибольшее смещение мягких тканей, были определены «рекомендуемые позиции» для проведения чрескостных элементов.

2. Проведены два аналитических исследования.

2.1. Были проанализированы возможные сочетания плоскостей и компонентов деформаций среднего и заднего отделов стопы и на этой основе разработаны рабочие классификации деформаций стоп, соответственно для среднего и заднего отделов. Эти классификации делят все деформации среднего и заднего отделов, в зависимости от количества компонентов и плоскостей, на три группы: от простых (одноплоскостные-однокомпонентные) до сложных (трехплоскостные-многокомпонентные). Данные классификации позволяют определить оптимальный метод лечения индивидуально для каждой деформации.

2.2. На основе анализа 64 рентгенограмм стоп, выполненных в боковой проекции с нагрузкой, были разработаны оригинальные способы оценки и планирования коррекции деформаций среднего и заднего отделов стоп в

сагиттальной плоскости. Данный метод так же был использован при анализе деформаций у всех пациентов клинической группы.

3. Было проведено экспериментальное исследование на пластиковых моделях, которое позволило разработать оптимальные компоновки аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций стоп на уровне среднего и заднего отделов стопы. В ходе эксперимента производились различные варианты фиксации крепежей и страт к опорам и были выполнены типовые для каждого отдела перемещения остеотомированного фрагмента. Определялись компоновки, которые при минимальных габаритах обеспечивают максимальную амплитуду перемещения отделов стопы. Непременным условием является использование в аппаратах только рекомендуемых позиций по проведению чрескостных элементов.

3.1. При разработке оптимальной компоновки аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы сравнивались пять вариантов, в которых проводились следующие перемещения остеотомированного фрагмента: 1) тыльное сгибание/подошвенное сгибание; 2) отведение/приведение; 3) супинация/пронация.

3.2. При разработке оптимальной компоновки аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне заднего отдела стопы сравнивались 3 варианта компоновок. Виды тестируемых перемещений: 1) тыльное сгибание/подошвенное сгибание; 2) отведение/приведение; 3) супинация/пронация.

Компоновки, которые показали наибольшую величину коррекции среднего и заднего отделов стопы, были применены для аппарата, призванного корригировать комбинированные деформации.

4. В ходе проведения клинической апробации предложенных и усовершенствованных методик планирования и выполнения коррекции с использованием аппарата Орто-СУВ нами было пролечено 35 пациентов с деформациями стоп. Из них 11 пациентам проводилась коррекция деформаций на уровне среднего отдела, 4 пациентам проводилась коррекция деформаций пяточной кости и 20 пациентам была проведена коррекция двухуровневых

деформаций. Возраст пациентов составил от 18 до 69 лет. Из них было 20 мужчин и 15 женщин. Лечение пациентов проводилось на базе клинических отделений №7 и 16 ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России.

Были проанализированы следующие показатели:

4.1. Сроки лечения: период коррекции, период и индекс фиксации, период и индекс остеосинтеза.

4.2. Точность коррекции деформации.

4.3. Функциональные результаты лечения, которые оценивались по общепринятым международным опросникам SF-36, AOFAS и шкала LEFS в следующие сроки: перед началом лечения, через 6–12 мес. и более 12 мес. после демонтажа АВФ.

4.4. Количество и сложность возникших в ходе лечения специфических для аппаратов внешней фиксации осложнений, которые были распределены в соответствии с разработанной J. Caton (1985) классификацией по категориям.

Был проведен статистический анализ всем полученных данных с использованием методик вариационной статистики в программе Statistica 6.0 и 9.0.

В дополнение данные собственных исследований были сравнены с данными мировой литературы по рассматриваемым вопросам.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Использование определенных в результате топографо-анатомического исследования «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов в кости стопы направлено на исключение повреждения магистральных сосудов и нервов, уменьшение риска развития трансфиксационных контрактур и инфекционных осложнений.

2. Полученные в ходе аналитических исследований новые референтные линии и углы позволяют провести точный анализ деформации среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости, выполнить планирование коррекции,

определить тип репозиции (одномоментная или дозированная во времени) и оценить результат коррекции.

3. Разработанные компоновки ортопедического гексапода Орто-СУВ для коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы обеспечивают максимально возможное перемещение костных фрагментов и обладают возможностью модульной трансформации аппарата.

4. Разработаны основы новой эффективной технологии лечения пациентов со сложными деформациями стопы, которую отличают высокая точность коррекции деформаций, сокращение времени коррекции и количества осложнений.

Апробация и реализация диссертационной работы

По теме диссертации опубликовано 23 печатные работы, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций результатов диссертационных исследований, 13 тезисов и 5 глав в трех монографиях.

Основные положения работы были доложены на следующих научно-практических конференциях: 25th SICOT Triennial World Congress (Прага, 2011); 7th ASAMI International and Bone Reconstruction Congress (Тессалоники, 2012); «Илизаровские чтения» (Курган, 2012); Конференции молодых ученых Северо-Западного федерального округа (Санкт-Петербург, 2013); 34th SICOT Orthopaedic World Congress (Хайдарабад, 2013); ILLRS Congress (Майами, 2015); 2nd Combined ASAMI-BR & ILLRS Meeting (Брисбен, 2016), 3rd World Ortho ReCon (LLRS and ASAMI) Congress (Лиссабон, 2017).

По теме диссертации получены патенты РФ: на изобретение №2489106 «Способ остеосинтеза аппаратом Орто-СУВ при деформациях среднего отдела стопы», на изобретение №2578841 «Способ остеосинтеза аппаратом Орто-СУВ при деформациях заднего отдела стопы», на полезную модель № 172036 «Устройство для определения величин смещения мягких тканей стопы». Получены положительные решения на выдачу патентов РФ по заявкам на изобретения № 2016147240 «Способ определения степени деформации стопы на

уровне среднего отдела для предоперационного планирования хирургической коррекции» и № 2016166699 «Способ расчета коррекции при деформациях заднего отдела стопы».

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую работу при лечении пациентов в ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Кроме этого, материалы диссертации используются при обучении клинических ординаторов, аспирантов и травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования на базе института. Разработанные методы анализа и планирования коррекции деформаций стопы используются в программе международных курсов по удлинению и коррекции деформаций конечностей (Baltimore, USA), для чего они введены в планировщик BoneNinja.

Объем и структура диссертации

Материалы диссертационного исследования представлены на 279 страницах. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, главы по материалам и методам исследования, трех глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы и приложений. Работа содержит 22 таблицы и 176 рисунков. Список литературы включает 197 источников, из них 78 – отечественных и 119 – иностранных авторов.

ГЛАВА 1

КОРРЕКЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ СРЕДНЕГО И ЗАДНЕГО ОТДЕЛОВ СТОПЫ У ВЗРОСЛЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Актуальность темы исследования

Проведенные в 2004–2008 годах в Австралии, США и Великобритании скрининговые программы показали, что от 19 до 28% населения имеют различную патологию стопы и голеностопного сустава. При этом у 38% населения патология стопы привела к вынужденному ухудшению качества жизни. Только в США в 2004 году 5,4% населения были признаны нетрудоспособными вследствие патологии стопы и голеностопного сустава (Pell R.F. et al., 2000; Gilmour J. et al., 2004; Mizel M. et al., 2004; Panchbhavi V.K. et al., 2010).

Изменение нормальной анатомии стопы ведет к нарушению ее функции, что, в свою очередь, вызывает серьезные нарушения функции всей конечности (Неретин А.С. с соавт., 2011; Свириденок А.И. с соавт., 2008; Coughlin M.J. et al., 2007). Заболевания и дисфункция стоп врожденного и приобретенного характера, травматические повреждения и их последствия относятся к наиболее частой патологии опорно-двигательной системы как у детей, так и у взрослых. По данным российских авторов, патология стоп встречается у 12–30% ортопедических больных (Миронов С.П. с соавт., 2008; Шевцов В.И. с соавт., 2008).

Этиология деформаций стоп очень разнообразна. Все причины можно условно разделить на несколько групп. Одной из самых больших групп является нарушение центральной и периферической нервных систем: ДЦП, последствия полиомиелита, нейроинфекции, травмы мозга, повреждение периферических нервов и прочее (Бейдик О.В., 2002; Виленский В.Я., 2002; Левин А.Н., 2002; Умнов В.В. с соавт., 2005; Boulton A.J.M. et al., 2000; Muir L. et al., 1995).

Изолированные проявления эквинусной деформации стопы встречаются сравнительно редко и составляют 12,5% от всех деформаций. В структуре комбинированных деформаций стопы (55% случаев) такие компоненты, как варус, вальгус, экскавация, эквинус составляют 67,5% случаев (Лосев И.И., 1999; Мухамадеев А.А. с соавт., 2012).

Относительно большую группу составляют врожденные деформации и дефекты костей стопы. Врожденная косолапость является одной из самых распространенных врожденных деформаций опорно-двигательного аппарата, по частоте занимает второе место после врожденного вывиха бедра, что составляет 0,5–6 случаев на тысячу новорожденных. Патология чаще бывает двусторонней и в 20% случаев сочетается с другими пороками развития (Виленский В.Я. с соавт., 2002; Волков С.Е. с соавт., 1998; Клычкова И.Ю., 2014; Somppi E., 1984; Thomezt J.G. et al., 1993).

Следующую группу причин, вызывающих деформации скелета стопы и нарушение ее функции, составляют заболевания или повреждения сухожилий, мышц, связок, что в этиологии деформаций стоп занимает 8–9,4% (Волков С.Е., 1998; Dubbeldam R. et al., 2011). У взрослых приобретенные многокомпонентные деформации в большинстве случаев связаны с повреждением малоберцового, большеберцового и седалищного нервов. Частота посттравматической невропатии составляет 5–13,2%, а неудовлетворительные результаты их лечения – от 2,5% до 76%. При этом нарушение тяги и противотяги мышц голени приводят к стойким порочным положениям скелета стопы – эквинусным или эквино-супинационным деформациям в сочетании со стойкими контрактурами пальцев (Леонтьев М.А., 2003; Черкес-Заде Д.И. с соавт., 2002; Шевцов В.И. с соавт., 2008).

Большую группу деформаций стоп составляют посттравматические деформации, а так же упущения и ошибки в процессе лечения осложненных открытых и закрытых переломов костей стопы. Травмы приводят не только к деформациям стоп с нарушением их статико-динамической функции, но и часто вызывают трофические нарушения и фиброзные изменения в мягких тканях, посттравматические артрозо-артриты, остеопороз, различные неврологические

нарушения и др. Степень выраженности и сочетанность перечисленных патологических явлений находятся в прямой зависимости от локализации и тяжести повреждений, приведших к развитию посттравматических деформаций (Корышков Н.А., 2006, Тихилов Р.М. и др., 2009; Черкес-Заде Д.И. и др., 2002; Швед С.И. с соавт., 1997).

1.2. Классификация деформаций стоп

С развитием методов лечения ортопедических больных классификации деформаций тоже претерпевали изменения. Так, в 70–80 гг. прошлого века широкое распространение имела классификация деформаций, в основе которой лежит перечисление компонентов деформации: конская стопа (*pes equinus*), пяточная стопа (*pes calcaneus*), полая стопа (*pes cavus*, *pes excavatus*), плоская стопа (*pes planus*), супинированная стопа (*pes supinatus*), пронация стопы (*pes pronatus*), вальгусная стопа (*pes valgus*), варусная стопа (*pes varus*), приведенная (серповидная) стопа (*pes adductus*), отведенная стопа (*pes abductus*) (Маркс В.О., 1978).

Однако однокомпонентные деформации не составляют большинства встречающихся в клинике ситуаций. Наиболее распространены многокомпонентные варианты деформаций, например полая – приведенная – варусная стопа (*pes cavus-adductus-varus*); плоская – вальгусная – отведенная (*pes planus-valgus-abductus*); полая – вальгусная (*pes cavus-valgus*); полая – поперечноплоская (*pes cavus-transversoplanus*), эквинополая (*pes equinus-cavus*), эквиноварусная (*pes cavus-varus*), эквинополоварусная (*pes equinus-cavus-varus*), эквинополоварусноприведенная (*pes equinus-cavus-varus-adductus*), пяточнополая (*pes calcaneus-cavus*), пяточно-вальгусная эквино-половарусная (*pes calcaneus-valgus equinus-cavus-varus*) (Маркс В.О., 1978; Левин А.Н., 2016).

Деформации также различают по степени фиксированности. При мягкой, нефиксированной деформации существует возможность пассивного устранения всех ее элементов. Ригидные деформации характеризуются тем, что отдельные ее компоненты пассивно устраняются неполностью. При так называемой «костной»

деформации, или фиксированной, ни один из ее компонентов невозможно устранить пассивно (Левин А.Н., 2016).

Внедрение новых методов диагностики и лечения деформаций позволило рассмотреть каждую деформацию предметно. Так, D. Paley с соавторами (2009) эквинусную стопу по уровню деформации разделяют на 4 вида (рис. 1.1):

1. Контрактура голеностопного сустава – ADTA (Anterior Distal Tibial Angle - дистальный передний большеберцовый угол) = 80° , эквинусная деформация = 20° , шейка таранной кости не соприкасается с большеберцовой костью, продольный свод стопы без патологии.

2. Ретроверсия суставной поверхности дистального отдела большеберцовой кости: ADTA = 80° , эквинусная деформация = 20° , шейка таранной кости упирается в передний край большеберцовой кости, продольный свод стопы без патологии.

3. Плоская таранная кость: ADTA = 80° , эквинусная деформация = 20° , шейка таранной кости упирается в передний край большеберцовой кости, продольный свод стопы без патологии.

4. Полая стопа (эквинусная деформация переднего отдела): ADTA = 80° , эквинусная деформация = 20° , шейка таранной кости упирается в передний край большеберцовой кости, свод стопы патологически высокий.

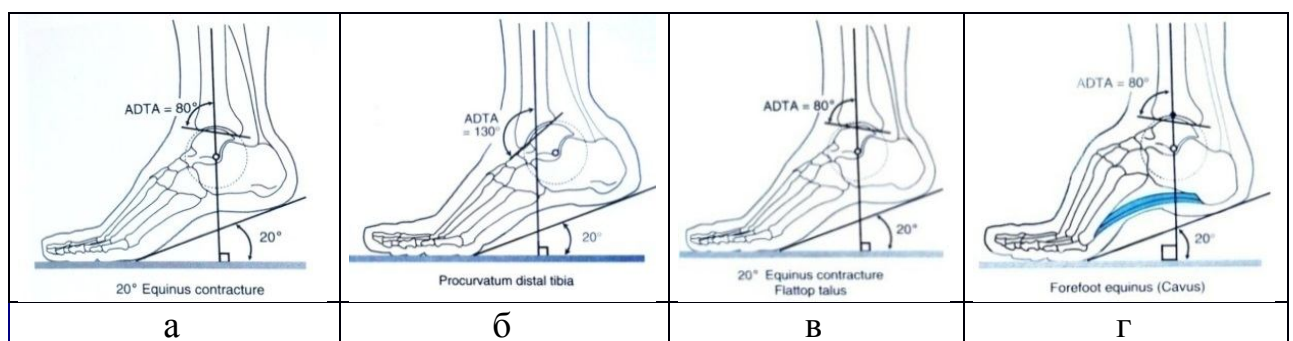


Рис. 1.1. Виды эквинусной стопы (определяются в максимальном положении тыльного сгибания стопы (Paley D. et al., 2009): а – контрактура голеностопного сустава; б – ретроверсия суставной поверхности дистального отдела большеберцовой кости; в – плоская таранная кость; г – полая стопа (эквинусная деформация переднего отдела)

Для плоско-вальгусной стопы также разработана отдельная классификация (Бродко В.Г., 2014):

1. Врожденные плоско-вальгусные стопы, обусловленные контрактурой мышц голени.

2. Структурные врожденные плоско-вальгусные стопы:

2.1. Врожденная плоско-вальгусная стопа с вертикальным расположением таранной кости;

2.2. Врожденная плоско-вальгусная стопа на почве недоразвития малоберцовой кости или неправильного ее положения.

3. «Податливая» (расслабленная) стопа – без нагрузки имеет правильную форму с хорошо выраженным сводом, но при нагрузке наступает ее плоско-вальгусная деформация, легко устраняемая пассивно и в положении на носках.

В.В. Лашковский (2011) предложил рентгенологическую классификацию данного типа деформации с использованием угла продольного свода стопы (угол А) и интертарзального угла (угол В) (рис.1.2).

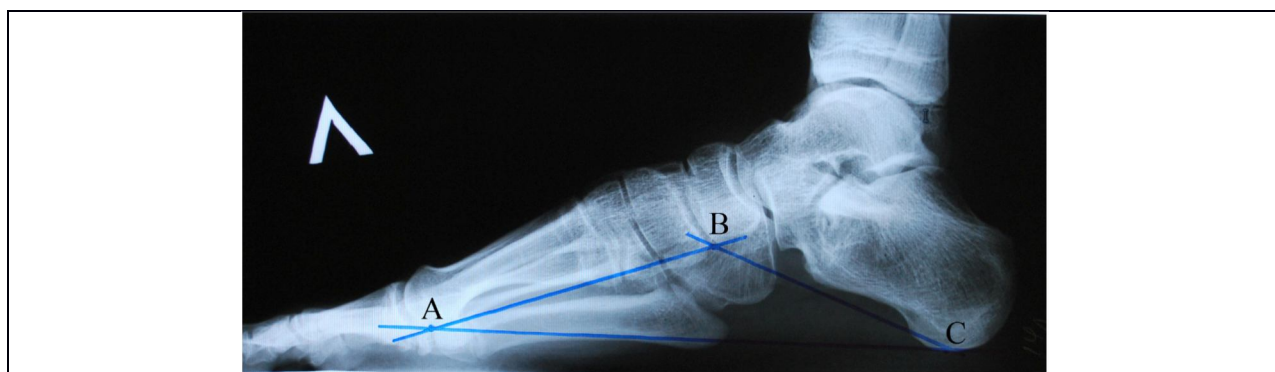


Рис. 1.2. Определение продольного свода по рентгенограмме в боковой проекции (Лашковский В.В., 2011). Три точки отсчёта: точка С – нижняя опорная точка *tuber calcanei*; точка А – нижняя опорная точка *caput ossis metatarsalis*, точка В – нижняя точка медиального ладьевидно-клиновидного сустава (между *os cuneiforme mediale* и *os naviculare*)

Степень 1: угол А – 136–145°, угол В 11–20°.

Степень 2: угол А – 146–155°, угол В – 21–30°.

Степень 3: угол А – 156–165°, угол В – 31–40°.

Степень 4: 166–175°, угол В – 41–50°.

Степень 5: угол А >176, угол В >51.

Рентгенометрические показатели дополнены клиническими характеристиками деформированной стопы:

- компенсированная форма – не имеет клинических проявлений без значительной нагрузки, деформация стопы не фиксирована;
- субкомпенсированная форма характеризуется явлениями теносиновита, асептического артрита, болевым синдромом после умеренной физической нагрузки, деформация стопы не фиксирована;
- декомпенсированная форма связана с болевым синдромом, явлениями теносиновита, асептического артрита, трофическими проявлениями со стороны кожи стопы, частичной или в значительной степени фиксированной деформацией (Армасов А.Р., Киселев В.Я., 2010; Лашковский В.В., 2011).

Однако среди существующих классификаций деформаций стоп на данный момент нет универсальной классификации, которая бы определяла количество компонентов и плоскостей деформации, что уже разработано для деформаций длинных костей. Так, В.А. Виленский с соавторами (2009) представили практичную классификацию, в основе которой лежат три основные плоскости (фронтальная, сагиттальная, горизонтальная) и все возможные компоненты (укорочение, периферическое, угловое и ротационное смещения). В зависимости от количества составляющих компонентов и охваченных плоскостей деформации распределены по степеням сложности. И в соответствии со степенью сложности деформации определяется оптимальный метод её коррекции. Однако для деформаций стоп применить эту классификацию невозможно – требуется ее существенная адаптация.

1.3. Диагностика деформации. Референтные линии и углы

При диагностике деформаций стоп основным методом исследования является рентгенография. Её выполняют в стандартных проекциях (Moller B.T., et al., 2005; Lamm B. et al., 2016): для переднего и среднего отделов стопы: тыльно-подошвенная проекция (рис. 1.3 в-г); для пяточной кости: аксиальная проекция (рис. 1.3 д-е); для всех отделов стопы в сагиттальной плоскости: боковая проекция (рис. 1.3 а-б).

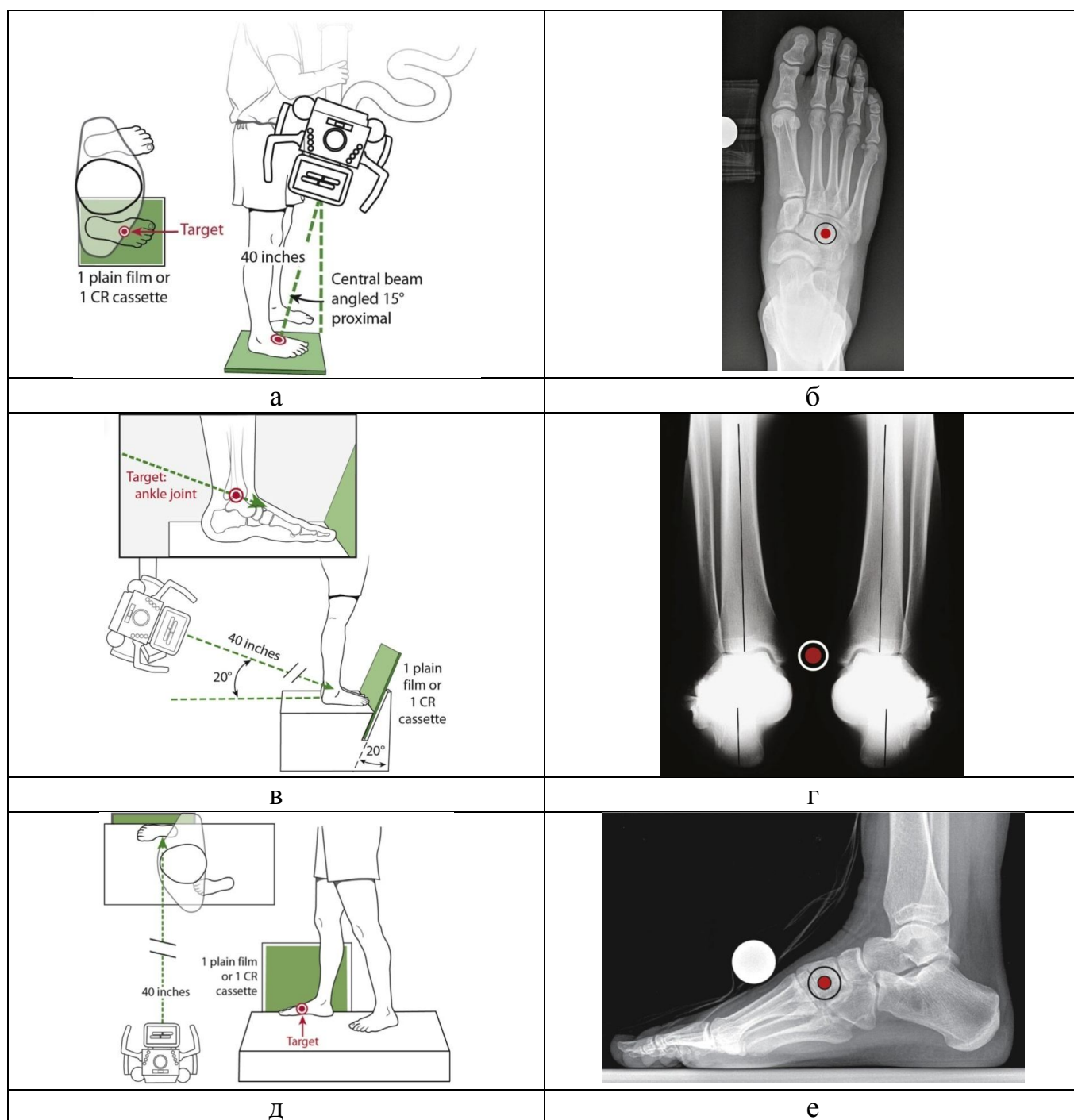


Рис. 1.3. Выполнение рентгенограмм стопы с нагрузкой (Lamm B. et al., 2016): а – прямая подошвенная проекция для переднего и среднего отделов стопы. Стопу располагают на кассете, а рентгеновский луч направляют сверху вниз под углом 15° от вертикальной оси; б – рентгенограмма переднего и среднего отделов стопы в прямой проекции; в – аксиальная проекция для пяточной кости. Стопу располагают на кассете, а рентгеновский луч направляют сзади кпереди под углом 20° от сагиттальной оси; г – рентгенограмма пяточных костей в аксиальной проекции; д – боковая проекция для всех отделов стопы. Стопу располагают на кассете, а рентгеновский луч направляют с медиальной стороны к латеральной параллельно горизонтальной поверхности так, чтобы центрация луча приходилась на медиальную клиновидную кость; е – рентгенограмма стопы в боковой проекции

Обязательным условием является выполнение всех рентгенограмм с нагрузкой, что позволяет исключить нефиксированный компонент деформации (вызванный мышечной тягой) и выявить истинную фиксированную деформацию. На рисунке 1.4 показано различие получаемых изображений в зависимости от условий съемки: без нагрузки (а) и с нагрузкой (б).

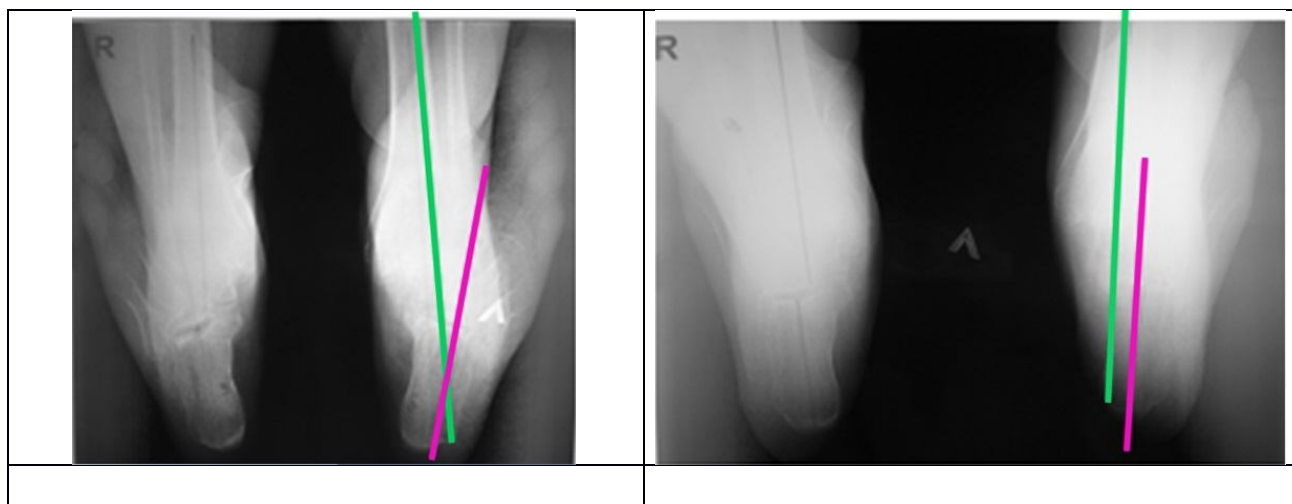


Рис. 1.4. Аксиальный снимок пяточной кости одного и того же пациента: а – рентгенограмма, выполненная без нагрузки; б – рентгенограмма, выполненная с нагрузкой

Кроме этого, направление рентгеновского луча можно подбирать индивидуально в зависимости от клинических проявлений патологии (Гафаров Х.З., 1990; Дьячкова Г.В. с соавт., 2005; Шевцов В.И. с соавт., 2008; Щекин О.В., Щекин А.О., 2010; Paley D., 2009; Szendroi M. et al., 2009).

После выполненного исследования на рентгенограмме определяют референтные линии и углы (РЛУ), которые, в свою очередь, позволяют определить наличие и проанализировать деформацию, а после коррекции – оценить результат. Референтные линии и углы включают в себя анатомические и механические оси костей, линии суставов и их угловое соотношение. Вопросом определения РЛУ стопы занимались многие авторы (Gentili A. et al., 1996; Kirienko A. et al., 2004; Lamm B.M., Paley D., 2004; Lamm B.M. et al., 2016). На сегодняшний день наиболее часто употребляются таранно-плюсневый угол – угол Meary (Chi T.D. et al., 1999; Pedowitz W.J., Kovatis P., 1995), пяточно-

плюсневый угол (Tudor H., 2011), большеберцово-плюсневый угол (Kirienko A. et al., 2004; Lamm B.M. et al., 2016). Однако использование известных РЛУ стопы зачастую позволяет лишь оценить степень деформации и результат ее коррекции. При этом возможные сопутствующие деформации таранной и пяточной костей могут привести к значительной погрешности измерений. Методика планирования коррекции, а именно определения вершины деформации (в англоязычной литературе Center of Rotation of Angulation – CORA) описана для стопы только в отношении заднего отдела во фронтальной плоскости (Paley D., 2009).

В настоящее время в литературе представлено довольно большое количество РЛУ скелета стопы (Карданов А.А. с соавт., 2007; Кирпатовский И.Д. с соавт., 2003; Шевцов В.И. с соавт., 2008; Kirienko A. et al., 2004; Lamm B.M. et al., 2016; Steel M.W. et al., 1980; Tudor H., 2011) (рис. 1.5).

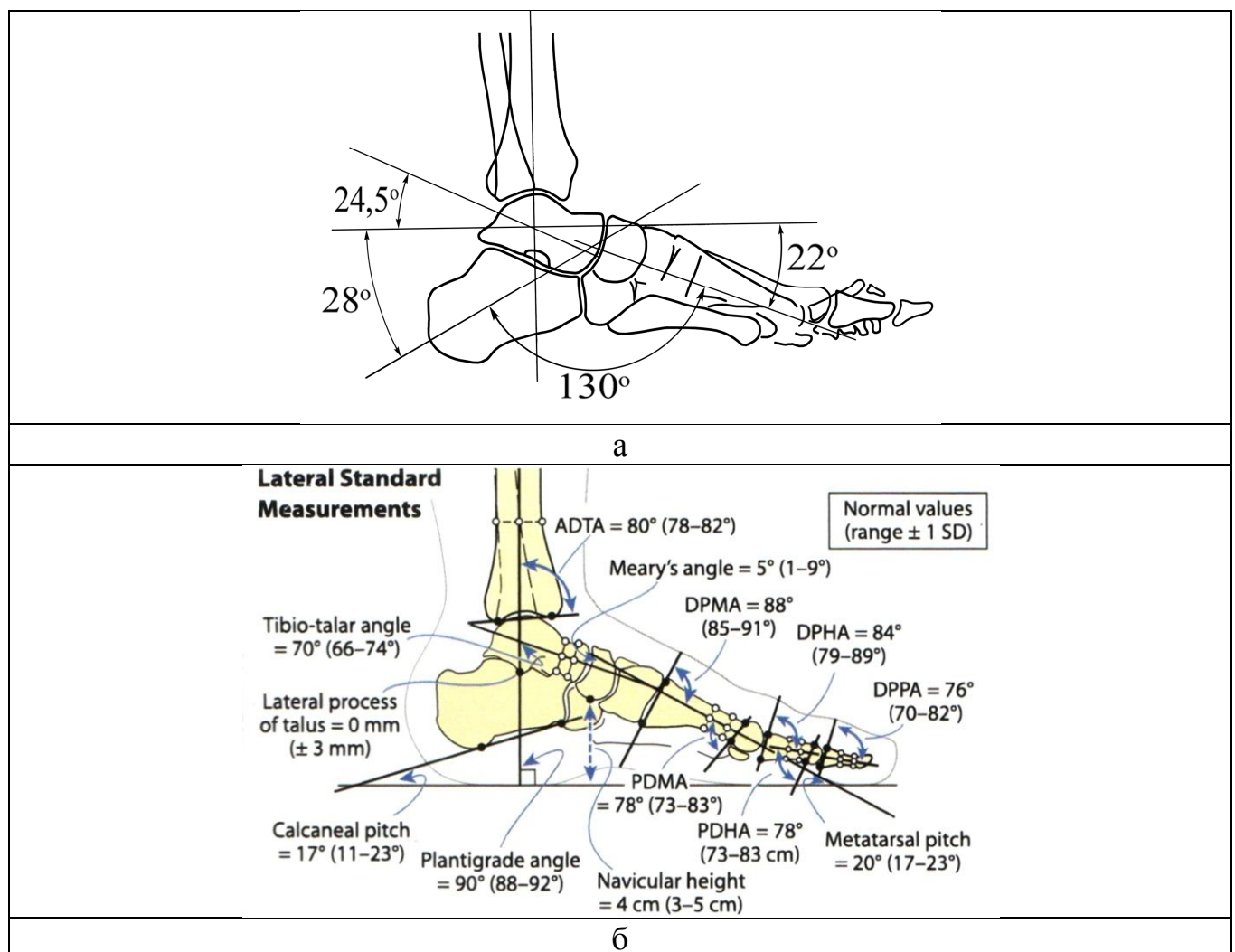


Рис. 1.5. Референтные линии и углы стопы: а – Kirienko A. с соавт., 2004; б – Lamm B., 2016

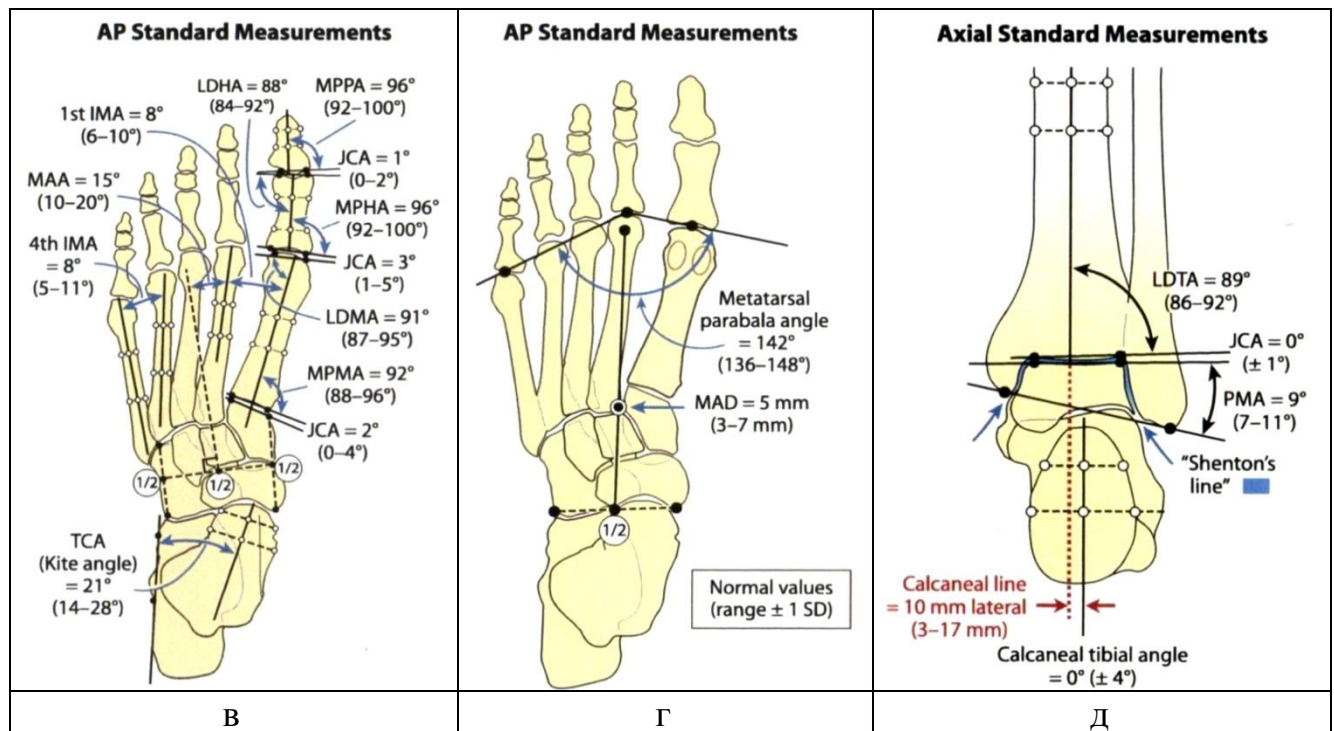


Рис. 1.5. Референтные линии и углы стопы: в-д – Lamm B., 2016

При этом способов определения CORA при деформации стопы в сагиттальной плоскости не разработано. Для решения этих вопросов в предоперационное планирование коррекции деформации стопы внедряются компьютерное моделирование (Jaquinto J.M., Wayne J.S., 2011; Siddiqui N.A., Lamm B., 2014), а также технологии 3D печати и хирургической симуляции (Jastifer J.R. et al., 2017), однако это значительно повышает стоимость диагностики.

1.4. Лечение деформаций стоп

1.4.1. Хирургическое лечение деформаций стоп

Когда консервативные методы лечения не могут быть эффективны, применяют хирургическую коррекцию. В тех случаях, когда имеется возможность и целесообразность выполнить одномоментную коррекцию и внутреннюю фиксацию, этот вариант является предпочтительным. Когда имеются противопоказания для одномоментной коррекции и(или) внутренней фиксации, используют методики чрескостного остеосинтеза (Илизаров Г.А. с соавт., 1998; Исмаилов Г.Р., Самусенко Д.В., 2003; Стецула В.И., 1987). Среди наиболее

частых противопоказаний к одномоментной коррекции и внутренней фиксации называют угрозой тракционного повреждения мягких тканей (в т.ч. сосудов и нервов), возможность значимого укорочения сегмента, высокую опасность инфекционных осложнений (Неретин А.С. с соавт., 2011; Шевцов В.И. с соавт., 2008; Kirienko A. et al., 2004, 2011; Kocaoglu M. et al., 2002; Ferreira R.C. et al., 2006; Paley D. et al., 2006; Wirth S.H. et al., 2015). Данное исследование посвящено вопросам внешней фиксации.

У детей от 2 до 12 лет костная ткань еще не полностью минерализована, и благодаря ее пластичности деформации исправляют без остеотомии. Кости стопы фиксируют в аппарате и выполняют этапную коррекцию во времени (Бейдик О.В. с соавт., 2005; Виленский В.Я. с соавт., 2002; Черкашов А.М. с соавт., 2016; Besse J.L. et al. 2006; Freedman J.A. et al., 2006; Makhdoom A. et al., 2012).

В возрасте старше 12 лет костная ткань теряет пластичность, и исправление деформации без нарушения ее целостности практически невозможно. Когда вершина деформации проекционно приходится на кость, то выполняют остеотомию (Веденов В.И. с соавт., 2008, Мовшович И.А., 2006; Черкес-Заде Д.И. с соавт., 2002; Шевцов В.И., Исмаилов Г.Р., 2008; Bradish C.F. et al., 2000; Myerson M.S., 2010). Конкретный вид остеотомии выбирают в зависимости от расположения вершины деформации и ее компонентов (рис. 1.6). После этого, при помощи приемов чрескостного остеосинтеза, формируют костный регенерат и, используя его пластичность, проводят дозированную коррекцию деформации во времени (Бейдик О.В. с соавт., 2002, 2005; Гафаров Х.З. с соавт., 1990; Голяховский В. 1999; Корышков Н.А. с соавт., 2013; Мухамадеев А.А. с соавт., 2012; Шевцов В.И. с соавт., 2008; Angus P.D. et al., 1986; Calhoun J.H. et al., 1992; Graves S.C. et al. 1993; Kirienko A. et al., 2004; Sammarco V.J. et al., 2006).

Если вершина деформации располагается на уровне сустава, то ее устраняют путем резекции суставных поверхностей с последующим артродезированием. При этом артродез может быть «удлиняющим», т.е. с дополнительной коррекцией деформации и удлинением стопы (Зырянов С.Я., 2000; Корышков Н.А., 2013; Мовшович И.А., 2006; Шевцов В.И., Исмаилов Г.Р., 2008; Kling T.F. et al., 1994; Myerson M.S., 2010; Rathjen K.E. et al., 1998).

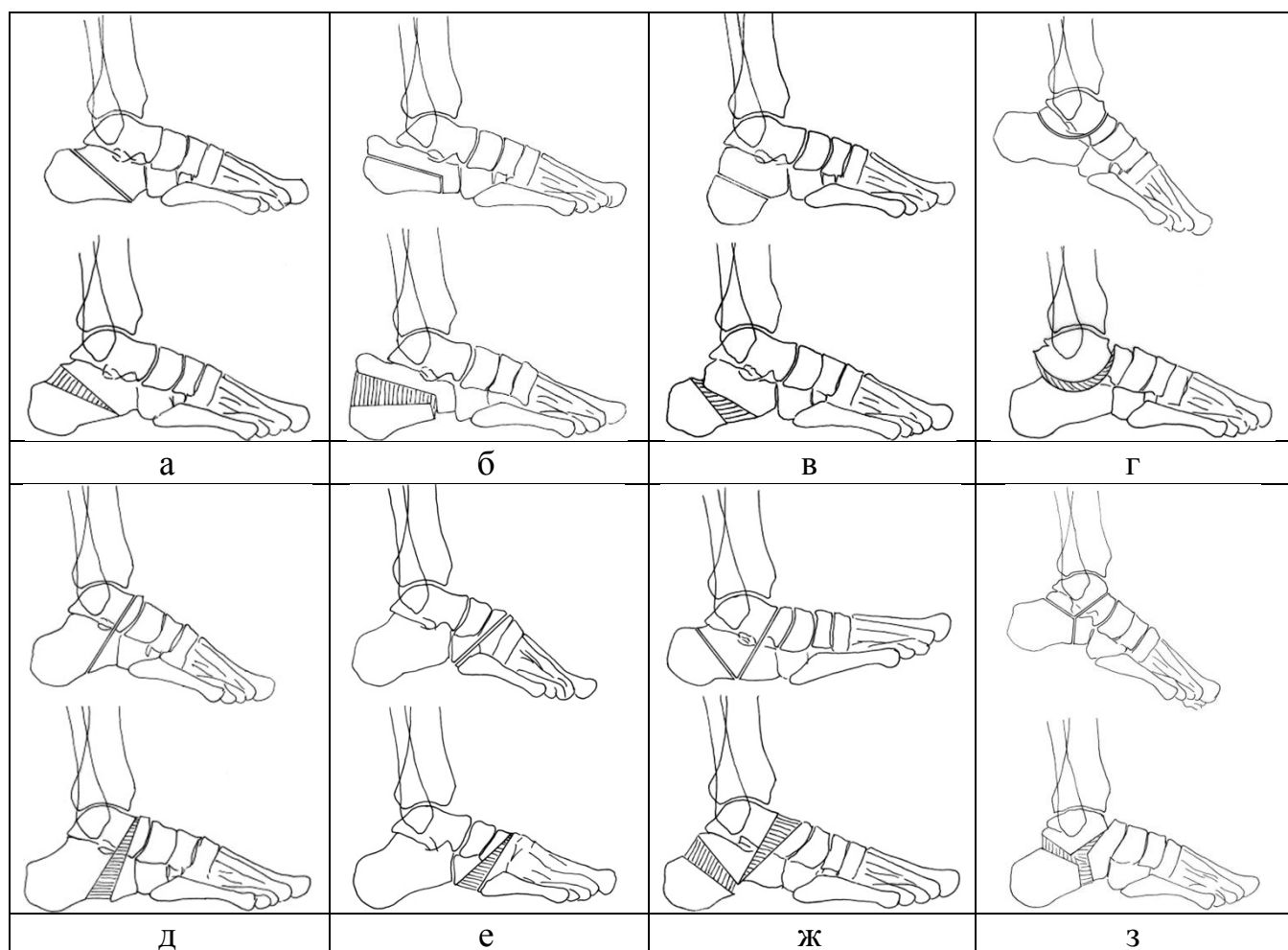


Рис. 1.6. Остеотомии костей стопы для проведения дозированной коррекции во времени (Kirienko A. et al., 2004): а–б – остеотомия пяточной кости при коррекции «плоской стопы»; в – остеотомии пяточной кости, коррекция «пяточной стопы»; г – шарнирная остеотомия таранной кости и выведение стопы из эквинусной установки на уровне голеностопного сустава; д–е – остеотомии костей предплюсны: на уровне пяточной и таранной костей (д) и на уровне клиновидной и кубовидной костей (е) при коррекции полой стопы в зависимости от уровня расположения вершины деформации; V-образная (ж) и Y-образная (з) остеотомии при коррекции двухуровневых деформаций

В РНЦ ВТО им. Г.А. Илизарова детально разработаны компоновки аппарата Илизарова для коррекции деформаций среднего и заднего отделов стоп (рис. 1.7).

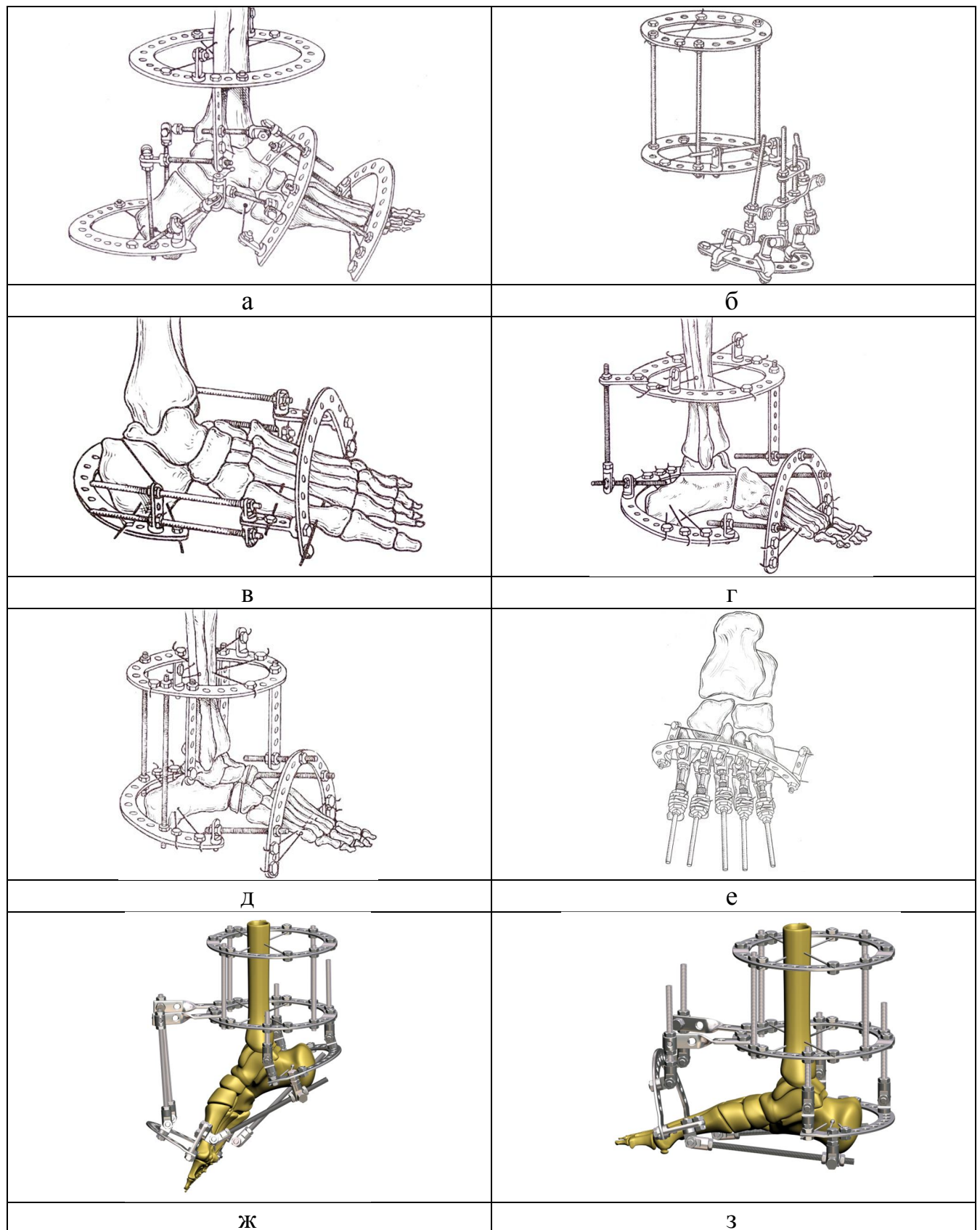


Рис. 1.7. Компоновки аппарата Илизарова для коррекции деформаций стопы: а-в – для коррекции на уровне заднего отдела (Шевцов В.И. с соавт., 2008); г – для коррекции двухуровневой деформации (Шевцов В.И. с соавт., 2008); д-е – для коррекции среднего и переднего отделов (Шевцов В.И. с соавт., 2008); ж-з – для коррекции комбинированных деформаций стоп (Данилкин М.Ю., 2007)

Метод аппаратного лечения с дозированной во времени коррекцией деформации имеет следующие преимущества перед одномоментной коррекцией (Голяховский В., Френкель В., 1999; Гохаева А.Н. с соавт., 2013; Илизаров Г.А., 1987; Исмаилов Г.Р. с соавт., 2002, 2003; Истомина И.С. с соавт., 1990; Ключин Н.М. с соавт., 2010; Корышков Н.А. и соавт., 2005; Kirienko A., 2011):

1. Постепенное перемещение фрагментов позволяет выполнять коррекцию максимально точно в соответствии с планированием.

2. Формирование костного регенерата позволяет вместо травматичной резекции (например, клиновидной резекции при «полой стопе», приводящей к ее укорочению) использовать менее травматичную остеотомию.

3. Позволяет избежать укорочения сегмента.

4. Регенерат имеет пластичность, что позволяет в случае необходимости изменять направление и силу воздействия на фрагменты через фиксирующие опоры аппарата.

5. При дозированной коррекции одновременно с ростом костной ткани происходит не только растяжение, но и рост окружающих мягких тканей (кожи, сухожилий, мышц и сосудисто-нервных пучков), что улучшает их адаптацию.

Г.Р. Исмаилов с соавторами (1993) отмечают, что при анализе ближайших (до 1 года) и отдаленных результатов лечения 158 пациентов со сложными деформациями стоп, пролеченных по методу Илизарова, в 94,93% случаях был достигнут хороший результат, в 5,07% – удовлетворительный; неудовлетворительных результатов не было.

Однако стоит отметить, что применение аппарата с шарнирными репозиционными узлами для коррекции сложных многоплоскостных деформаций затруднено рядом причин: работа с этими узлами для перемещения фиксирующих опор в нескольких плоскостях одновременно требует мастерства и опыта у лечащего доктора, пациент получает довольно большую лучевую нагрузку, так как требуется постоянный контроль коррекции (Виленский В.А. с соавт., 2009).

Необходимо подчеркнуть, что применение чрескостного остеосинтеза не исключает сопутствующих необходимых операций на мягких тканях:

транспозиции мышц и сухожилий, частичных или полных тенотомий, капсулотомии, апоневротомии и пр. (Волков С.Е., 1998; Коломиец А.А. с соавт., 2006; Корышков Н.А., 2014; Мовшович И.А., 2006; Свириденко А.С. с соавт., 2016; Шевцов В.И. с соавт., 2008; Canale S.T., Beaty J.H., 2012; Dubbeldam R. et al., 2011; Hutchins P.M. et al., 1995).

1.4.2. Использование ортопедических гексаподов

1.4.2.1. Общая информация

Проблема управления расположением объекта в трехмерном пространстве требует решения не только в ортопедии, но и во многих отраслях техники. Одним из перспективных направлений в данной области признано применение ортопедических гексаподов, или просто – гексаподов (Виленский В.А. с соавт., 2009; Eidelman M., 2008; Taylor J.C., 1997).

Гексаподы – это устройства, структурно состоящие из двух, основной и перемещаемой, платформ-опор, которые соединены системой из шести телескопических стержней специальной конструкции – т.н. страт. Отличие между аппаратами имеется в конструктивных особенностях самих платформ-опор, страт, а также в особенностях узлов крепления страт к опорам (рис. 1.8 а-к). Количество страт не связано с количеством плоскостей и степеней свободы, в которых нужно осуществлять перемещение опор относительно друг друга (Bonev I.A., 2003). При установке пяти страт система становится нестабильной, семи – перенапряженной (Виленский В.А. с соавт., 2009).

Для ортопедии гексапод интересен тем, что позволяет двигаться одной платформе (перемещаемый модуль) относительно другой (базовый модуль) по наикратчайшей траектории в трех плоскостях свободы (Cappel K.L., 1967; Eidelman M., 2008; Feldman M., 2003; Iyun O., 2007; Kristiansen L.P. et al., 2006; Paley D., 2009; Rozbruch R.S., 2002; Sluga M. et al., 2003; Taylor J.C., 1997, 2002).

Первый ортопедический гексапод (рис. 1.8 а) был разработан в Советском Союзе С.И. Пысларем с соавторами (патент SU 1222261, 1984). Второй гексапод был запатентован в 1985 году во Франции Р. Moniot (1.8 б). В начале 90-х годов

прошлого века в РНЦ «ВТО им. акад. Г.А. Илизарова» был разработан еще один отечественный гексапод (рис. 1.8 в). Однако в клинического применения все эти устройства не получили, в том числе по причине отсутствия адаптированного для ортопедии программного обеспечения (Shevtsov V.I. et al., 2008, неопубликованные данные).

Первыми использовали гексапод в клинике для коррекции деформаций братья Тейлор из Мемфиса, штат Теннесси (Taylor J.C., 1997). В 1994 году Гарольд и Чарльз Тейлор разработали компьютерную программу, необходимую для планирования коррекции деформации. Это привело к созданию Taylor Spatial Frame (TSF) (рис. 1.8 г). Первая клиническая апробация была в 1995 произведена Чарльзом Тейлором. Удобство лечения пациентов со сложными деформации с применением TSF, а также точность достигаемых результатов сделала это устройство очень популярным в настоящее время (Dammerer D. et al., 2011; Eidelman M., Chezar A., 2005; Eidelman M., 2008; Manner H.M. et al., 2007; Reitenbach E. et al., 2016).

Независимо от братьев Тейлор, Klaus Seide и Dietmar Wolter из Гамбурга (Германия) использовали 6 оригинальных телескопических стержней для соединения кольцевых опор аппарата Илизарова и запатентовали своё изобретение 18 января 1996 года (Seide K. et al., 1999) (рис. 1.8 д). К настоящему времени семейство ортопедических гексаподов также включает Smart Correction (рис. 1.8 е), TL-Hex (1.8 ж), Spider Frame (рис. 1.8 з); Paley Frame (рис. 1.8 и) и отечественный аппарат Орто-СУВ (рис. 1.8 к).

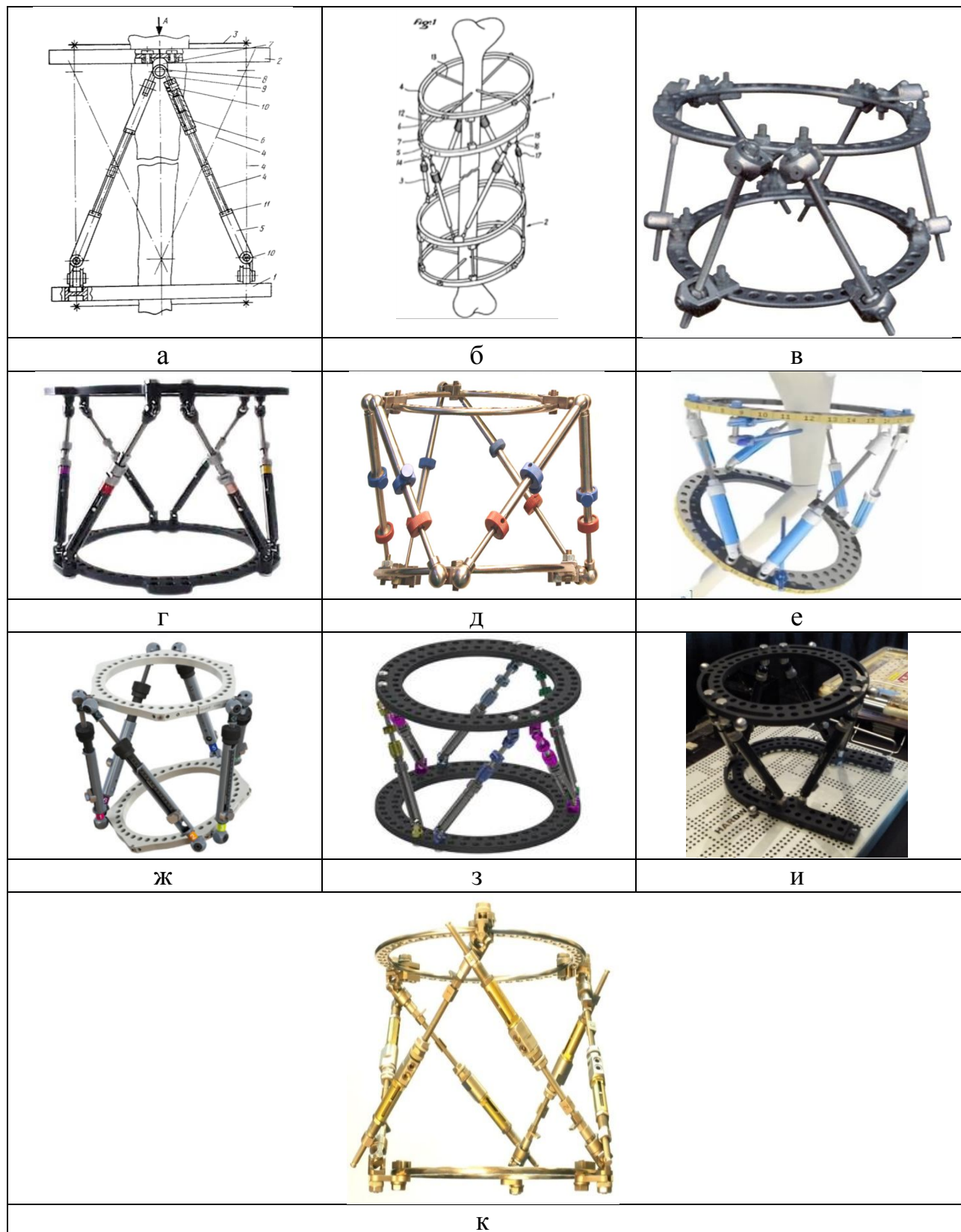


Рис. 1.8 . Ортопедические гексаподы: а – аппарат S. Pislar и S. Stamatini; б – аппарат Moniot; в – аппарат, разработанный в РНЦ «ВТО им. акад. Г.А. Илизарова»; г – Taylor Spatial Frame; д – Ilizarov Hexapod System; е – Smart Correction; ж – TL-Hex; з – Spider Frame; и – Paley Frame; к – Орто-СУВ

1.4.2.2. Роль гексаподов в лечении деформаций стоп

В настоящее время в зарубежной ортопедии наиболее распространенным гексаподом является TSF (рис. 1.9), который нашел успешное применение при коррекции сложных деформаций стоп (Floerkemeier T. et al., 2011; Taylor J., 2013).

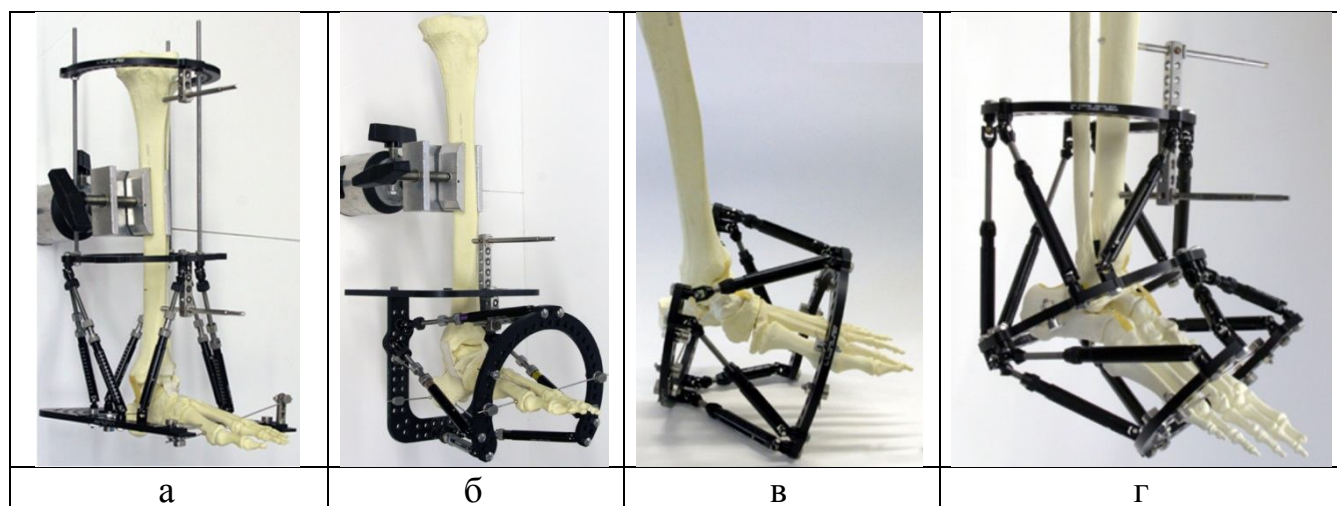


Рис. 1.9. Компоновки TSF для коррекции деформаций стопы: а – компоновка для коррекция эквинуса на уровне голеностопного сустава; б – компоновка для коррекция поллой стопы; в – компоновка для коррекция плоской стопы; г – компоновка для коррекции двухуровневой деформации

Mark Eidelman и Alexander Katzman выполнили коррекцию сложных деформаций стоп у 13 пациентов (15 стоп) с помощью аппарата TSF. Цели были достигнуты у 11 больных. Авторы отметили, что TSF является мощным и точным хирургическим методом для коррекции деформаций конечностей и стоп (Eidelman M. et al., 2008). Позднее эти же авторы доложили о лечении 7 пациентов с различными артрогрипозными деформациями стоп с помощью аппарата TSF. Восстановление опороспособности стопы было получено у 5 пациентов. У одного пациента развился рецидив эквинусной деформации, у ещё одного – частичный рецидив супинации переднего отдела стопы. H. Waizy с соавторами доложили о 8 пациентах с тяжелыми деформациями стоп, которые были пролечены с помощью аппарата TSF. В 7 случаях был получен хороший результат, в 1 случае – неудовлетворительный. (Waizy H. et al., 2011). TSF использовался для создания компрессионного артродеза голеностопного сустава у 10 пациентов с тяжелыми

деформациями стоп. Во всех случаях результат был удовлетворительный – сформированы опороспособные стопы с небольшими функциональными ограничениями без выраженного болевого синдрома (Thiryayi W.A. et al., 2010, Cook J.J. et al., 2011). Было показано успешное применение TSF для коррекции эквиноварусных деформаций стоп (Wukich D.K. et al., 2006).

1.4.2.3. Орто-СУВ и его преимущества

В 2006 году в России был разработан оригинальный ортопедический гексапод – аппарат Орто-СУВ (рис. 1.10).

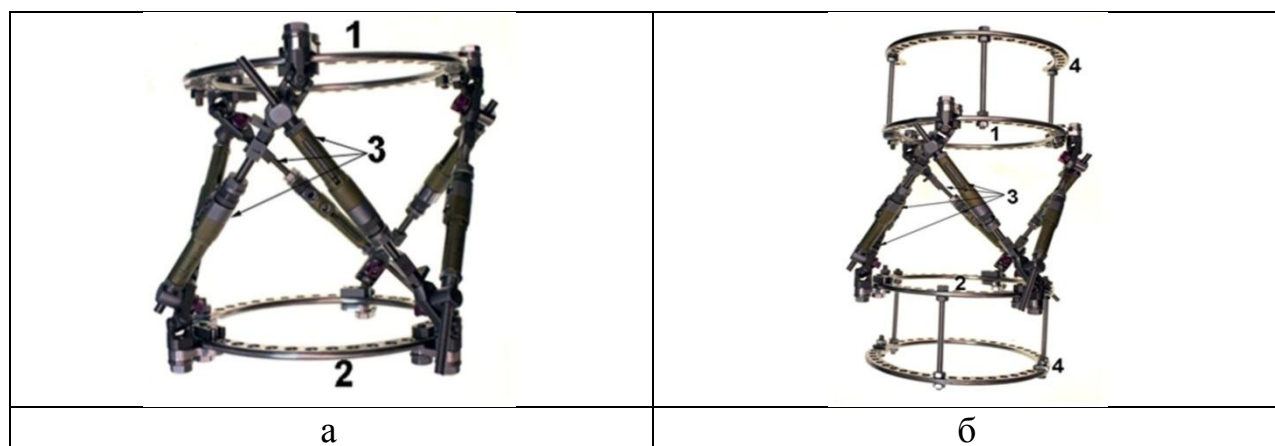


Рис. 1.10. Устройство аппарата Орто-СУВ: а – базовая комплектация; б – комплектация со стабилизирующими опорами. 1 – основная опора; 2 – перемещаемая опора; 3 – страты; 4 – стабилизирующие опоры (используются при необходимости)

Орто-СУВ обладает рядом преимуществ перед аналогами (Виленский В.А., 2009).

1. Конструктивные преимущества:

- могут быть использованы внешние опоры любой формы и любого типа, за исключением монолатеральных и арочных;
- опоры можно накладывать под любым углом по отношению к осям костных фрагментов;
- кость может располагаться как в центре опоры, так и эксцентрично;
- страты могут быть фиксированы к любому из отверстий внешних опор;
- возможна фиксация страт и к стабилизирующим опорам;

- длина страт формально не лимитирована.

2. Преимущества программного обеспечения:

- не требуется подключения к интернету;
- минимальное количество (12) параметров, измеряемых “вручную”;
- все расчеты проводятся на основе стандартных рентгенограмм, вводимых непосредственно в программу;
- используется только ортопедическая терминология;
- имеется многоуровневая защита от ошибок пользователя;
- имеется возможность планирования коррекции деформации на основе как анатомических, так и механических осей;
- наличие опции масштабирования;
- полная визуализация предполагаемого результата коррекции;
- возможность точного произвольного изменения положения дистального костного фрагмента;
- наличие различных опций программы: русской, английской, итальянской;
- возможность выбора скорости и кратности коррекции;
- наличие уникальной функции "multy-total residual", позволяющей производить (если необходимо) перерасчеты и "дорасчеты", обеспечить перемещение дистальной опоры (и фрагмента, закрепленного в ней) по любой необходимой траектории.

Аппарат Орто-СУВ успешно применяется для коррекции сложных деформаций длинных трубчатых костей и при контрактурах коленного сустава (Соломин Л.Н. и др., 2012; Solomin L.N., 2013; Solomin L.N. et al., 2009, 2011), однако его возможности в коррекции сложных деформаций стопы до настоящего времени не изучены.

Вышеперечисленное обосновывает актуальность разработки основ технологии применения основанного на компьютерной навигации аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций стоп.

1.5. Атласы проведения чрескостных элементов

Для открытых доступов к костям всегда используются подходы, основанные на точных знаниях топографической анатомии (Островерхов Г.Е., 1972; Santi

М.Д., et al., 1996). Однако для проведения чрескостных элементов в кости знания топографической анатомии имеют не меньшую роль, так как это делается «вслепую» в зонах наименее вероятного расположения сосудов и нервов (Бейдик О.А. с соавт., 2002). Известны схемы для проведения чрескостных элементов через кости стопы: Бейдик О.А. и др., 2002, 2005; Шевцов В.И. и др., 2008; Catagni М.А., 2003; Kirienko A. et al., 2004 (рис. 1.11-12).

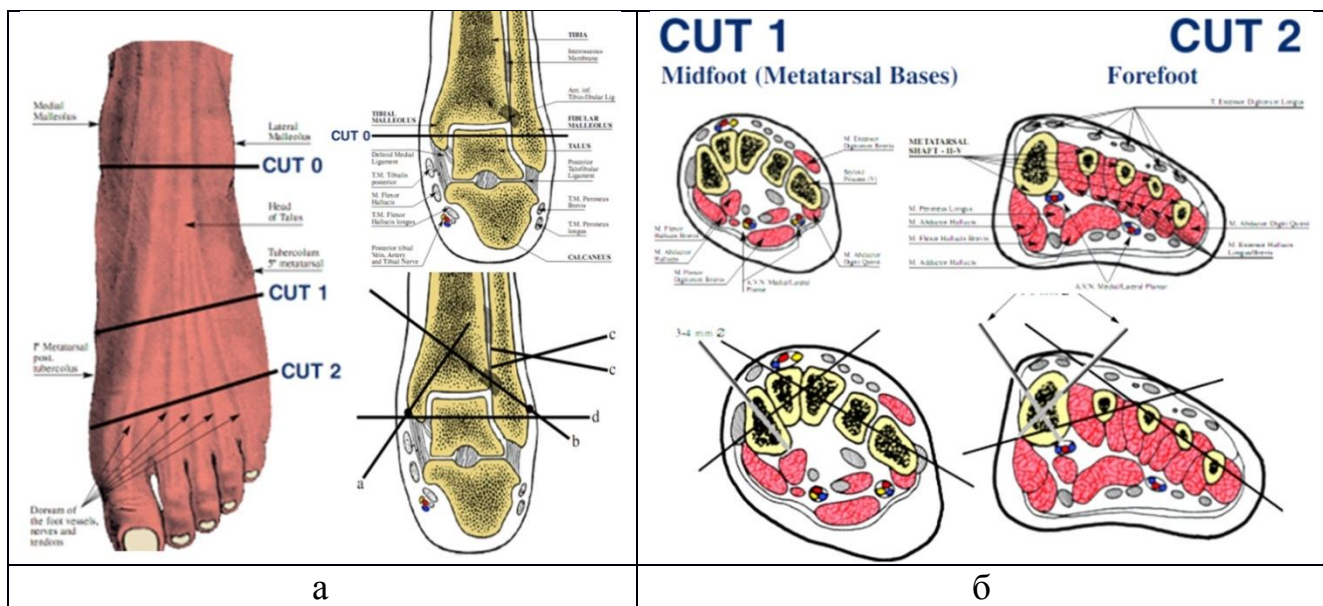


Рис. 1.11. Фрагмент из атласа Catagni М.А. (2003): а – уровень голеностопного сустава – срез 0; б – уровень костей предплюсны (срез 1) и уровень костей плюсны (срез 2)

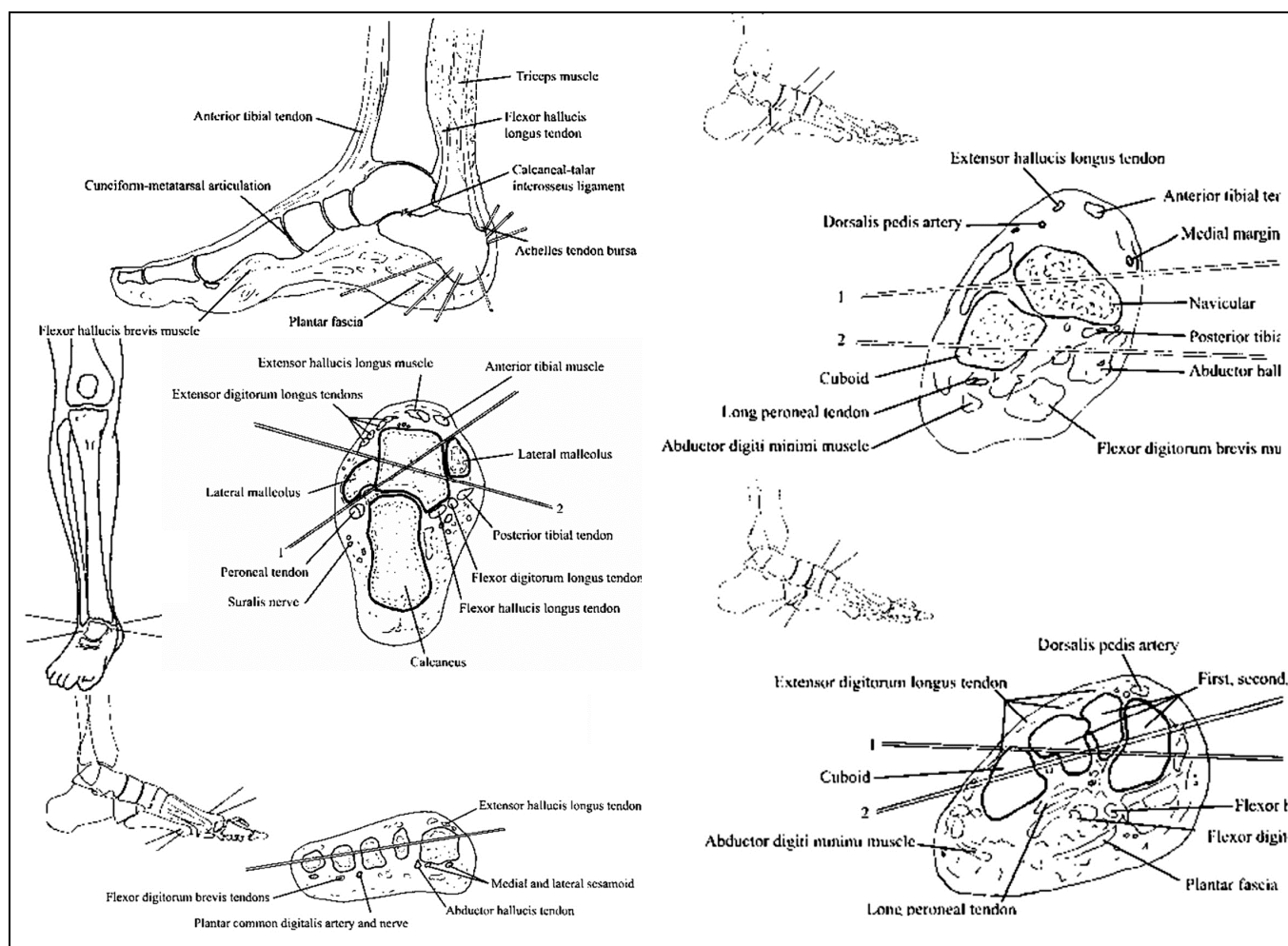


Рис. 1.12. Схемы проведения чрескостных элементов по А. Kirienko (2004)

Указанным атласам присущи следующие недостатки:

- 1) недостаточное для клинического применения количество уровней для проведения чрескостных элементов;
- 2) отсутствует система координат, которая обозначает ориентиры проведения чрескостных элементов, что затрудняет практическое применение данных схем;
- 3) отсутствует информация, которая могла бы быть использована для профилактики развития контрактур и инфекционных осложнений.

В «Атласе рекомендуемых позиций для проведения чрескостных элементов», разработанном в РНИИТО им. Р.Р. Вредена рассмотрены позиции, учитывающие зоны безопасного расположения магистральных сосудов и нервов, а также величины смещение мягких тканей (Соломин Л.Н. и др., 2005, 2012). Использование позиций с минимальным смещением мягких тканей позволяет уменьшить опасность возникновения не только трансфиксационных контрактур, но и инфекционных осложнений за счет снижения уровня хронической

травматизации мягких тканей чрескостными элементами. Поэтому данные позиции названы «Рекомендуемыми позициями» (РП) для проведения чрескостных элементов. Кроме этого в атласе выделены «Позиции доступности» (ПД) и «Позиции запрета» (ПЗ). ПД – это позиции, в проекции которых нет магистральных сосудов и нервов, но смещение мягких тканей не учитывается. ПЗ – это позиции, в проекции которых располагаются крупные сосуды и нервы (Барабаш А.П. и соавт., 1997; Соломин Л.Н., 2004, 2010).

Для точного обозначения «Рекомендуемых позиций», «Позиций доступности» и «Позиций запрета» используется система координат метода унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза (МУОЧО) (Барабаш А.П., Соломин Л.Н., 1997). Для этого каждая длинная кость делится на 8 основных уровней – с I по VIII. Уровни «0» и «IX» располагаются в проекции проксимальных и дистальных эпифизов. На каждом уровне имеется 12 позиций (рис. 1.13 а-б). Независимо от того, правая это или левая конечность, поз. 3 всегда располагается по внутренней поверхности, а 12 – спереди.

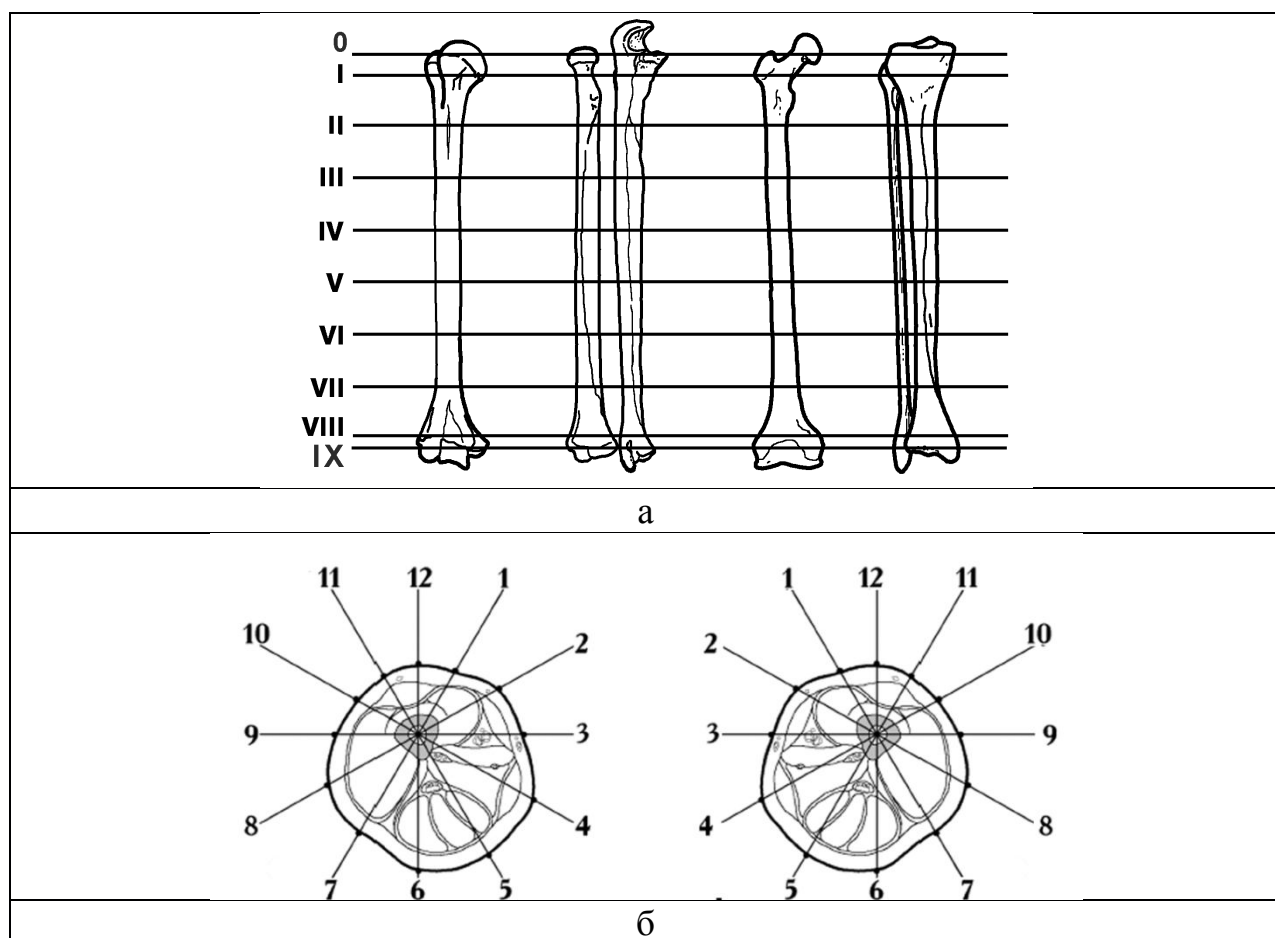


Рис. 1.13. Система координат МУОЧО: а – уровни; б – позиции

Следует отметить, что до настоящего времени МУОЧО применительно к стопе не разработан. После решения этого вопроса, можно было бы использовать систему координат МУОЧО-стопа для атласа рекомендуемых чрескостных элементов через стопу.

1.6. Резюме

Проведенный анализ литературы по вопросам использования чрескостного остеосинтеза при лечении пациентов с деформациями стоп показал отсутствие практических классификаций деформаций стоп, которые бы позволили обосновать выбор типа репозиционного узла: унифицированного по Илизарову или универсального на основе гексапода. Доступные в литературе референтные линии и углы (РЛУ) стопы для сагиттальной плоскости позволяют констатировать наличие деформации и отчасти определить ее величину. Они не предназначены для определения вершины деформации и планирования ее коррекции. Известные схемы проведения чрескостных элементов через кости стопы имеют ряд ограничений: не имеют достаточного с клинической точки зрения количества уровней по проведению чрескостных элементов; принципы формирования системы координат затрудняют практическое использование изложенного материала; не учитывается смещение мягких тканей относительно костей стопы.

Лечение сложных многоплоскостных деформаций стоп с использованием аппаратов, работа которых выполняется на основе пассивной компьютерной навигации, представляется весьма перспективным. Отечественный ортопедический гексапод Орто-СУВ имеет ряд преимуществ перед зарубежными аналогами как конструктивно, так и по прилагаемому программному обеспечению. Однако его возможности при лечении сложных деформаций стоп до настоящего времени не изучены. Нет технологии (методики) применения аппарата Орто-СУВ для лечения деформаций среднего и заднего отделов стоп, основанной на использовании оптимальных компоновок аппарата, а также особенностях использования компьютерной программы.

Изучению названных вопросов посвящены последующие главы диссертационного исследования.

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика и структура исследования

Комплексное исследование было проведено в ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России и на кафедре оперативной хирургии (с топографической анатомией) Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова. Все разделы взаимосвязаны общей целевой установкой, направленной на оптимизацию всех этапов лечения пациентов с деформациями среднего и заднего отделов стопы аппаратами внешней фиксации. Работа состоит из топографо-анатомической, аналитической, экспериментальной и клинической частей.

Топографо-анатомическое исследование направлено на определение оптимальных позиций для проведения чрескостных элементов на стопе. Аналитический раздел посвящен систематизации и разработке новых данных по референтным линиям и углам, позволяющим анализировать и планировать коррекцию деформаций среднего и заднего отделов стоп, а также проводить оценку результата лечения. Этот же раздел посвящен разработке классификации деформаций стоп, которая дает возможность определить оптимальный тип чрескостного аппарата, который целесообразно использовать при коррекции: унифицированные узлы по Илизарову или гексапод на базе пассивной компьютерной навигации. Экспериментальная часть работы преследовала цель разработать оптимальные компоновки ортопедического гексапода (аппарата Орто-СУВ) для коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы, а также их комбинации, которые конструктивно позволяют выполнить наибольшее перемещение модульной части аппарата без перемонтажей, а после проведения модульной трансформации принимают минимальные габариты.

Клиническая часть работы представляет собой анализ результатов лечения 35 пациентов с деформациями стоп на уровне среднего и заднего отделов разной степени сложности на базе отделений РНИИТО им. Р.Р. Вредена. В процессе лечения всех пациентов была произведена апробация данных, полученных в ходе предыдущих этапов исследования. Анализ полученных данных проводился с использованием статистического метода малой выборки, полученные результаты сравнивали с данными литературы.

2.2. Топографо-анатомическое исследование: методика определения рекомендуемых позиций для проведения чрескостных элементов через кости стопы

2.2.1. Система координат

При определении необходимого количества уровней мы исходили из принципов необходимости и достаточности. Были проанализированы данные основных руководств по чрескостному остеосинтезу стопы (Бейдик О.В. и др., 2002; Оганесян О.В., 2004; Соломин Л.Н., 2005, 2015; Шевцов В.И. и др., 2008; Kirienko et al., 2004), о чем подробнее сказано в главе 1.

В системе координат метода унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза (МУОЧО) позиции (то есть окружность, разделенная на сектора) определяются по аналогии с циферблатом часов, который виртуально переносился на поперечный распил каждого уровня стопы отдельно для каждой кости (рис. 2.1 а-б). За центр деления берется центр кости, позиции распределяются с таким условием, что позиция 3 всегда (и для левой, и для правой стопы) располагается по медиальной поверхности, позиция 9 – по латеральной, позиция 6 – по задней поверхности (у костей стопы снизу), а позиция 12, соответственно, по передней (у костей стопы, соответственно, сверху).

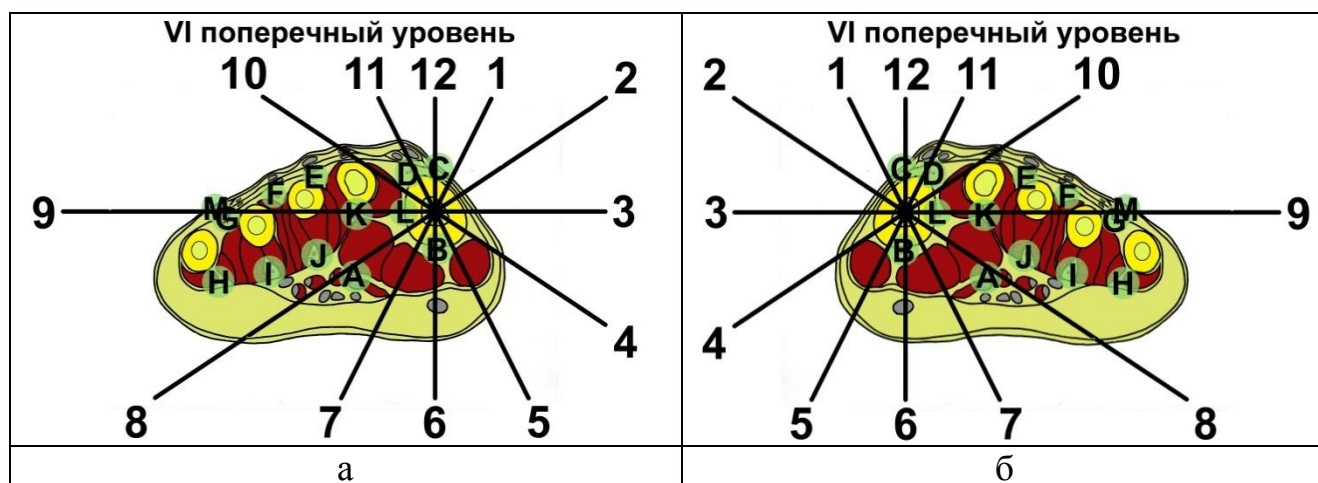


Рис. 2.1. Уровень VI, распределение 12 позиций от центра первой плюсневой кости: а – левая стопа; б – правая стопа

2.2.2. Определение позиций доступности

Топографо-анатомические исследования с определением «позиций доступности» производились на 8 замороженных трупных препаратах стоп и нижней половины голени трупов людей, умерших по причинам, не приводящим к нарушению анатомии нижних конечностей. Последовательно производились поперечные срезы с таким условием, чтобы на короткие кости (ногтевые и средние фаланги пальцев, клиновидные, ладьевидная и др.) приходился, как минимум, один срез, на более длинные – плюсневые и пяточная кости – до четырех срезов. На костях промежуточной длины (основные фаланги, кубовидная и др.) выполнялось такое количество срезов, которое может зафиксировать вариативность топографии сосудов и нервов на протяжении всей длины кости. Срезы фотографировались в стандартных условиях цифровой камерой (Nicon D-700, Olimpus VG-150), изображение заносилось в компьютер, и посредством графического редактора Photoshop производился перенос аналогового изображения интересующих объектов в схемы. Для удобства обозначения сосудов и нервов на схемах зоны их расположения были обрисованы кругом диаметром 5–7 мм (в зависимости от диаметра структуры и вариации ее расположения) и маркированы латинскими буквами в алфавитном порядке. Ниже располагается расшифровка буквенных обозначений.

Для уточнения топографической анатомии стопы на уровнях, где располагаются наиболее крупные сосуды и нервные стволы, проводился анализ сканов пластинированных прозрачных распилов стопы (техника пластинации эпоксидной смолой), изготовленных в Международном морфологическом центре под руководством д.м.н. Д.А. Старчика специально для нашего исследования.

В дополнение к этому, для контроля и сравнения наших схем, мы использовали цифровые изображения 200 серий срезов, сделанных с помощью компьютерной томографии (Ackerman M.J., 1995).

2.2.3. Определение критериев рекомендуемых позиций для введения чрескостных элементов в кости стопы

Изучение смещения мягких тканей выполнено в эксперименте на 10 препаратах комплекса «голень-стопа» до развития трупного окоченения. Все комплексы были взяты у трупов людей в возрасте 27–54 лет, умерших от причин, не связанных с патологией опорно-двигательного аппарата и не имеющих при жизни подобной патологии. Длины стоп составляли 23–28 см, ширина на уровне середины плюсневых костей 7–9,5 см, высота продольного свода – 2,4–3,7 см.

Определение рекомендуемых позиций включало в себя исследование смещения мягких тканей относительно костей стопы. Определение величины смещения дистальнее сустава Лисфранка проводилось при сгибании и разгибании межфаланговых (40/0/0) и плюснефаланговых (40/0/30) суставов. А при исследовании проксимальнее сустава Лисфранка к ним добавлялось сгибание/разгибание в голеностопном суставе: (50/0/20). Среди «Позиций доступности» выявлялись те, в проекции которых величины смещения мягких тканей не превышали 10 мм. Именно эти позиции были обозначены как «рекомендуемые позиции».

Эксперимент выполнялся при помощи оригинального устройства (рис. 2.2) и метода его использования (патент РФ на полезную модель №172036). Устройство состоит из модуля на основе двух опор, фиксирующего голень. К опорам по их задней поверхности крепятся полукольца (3) для возможности установить стенд

на рабочем столе. К дистальной опоре модуля шарнирно фиксируется контрольная опора (4). При этом ось вращения шарниров совпадает с осью вращения голеностопного сустава. Контрольная опора фиксируется к стопе при помощи стержня-шурупа, введенного в пяточную кость.

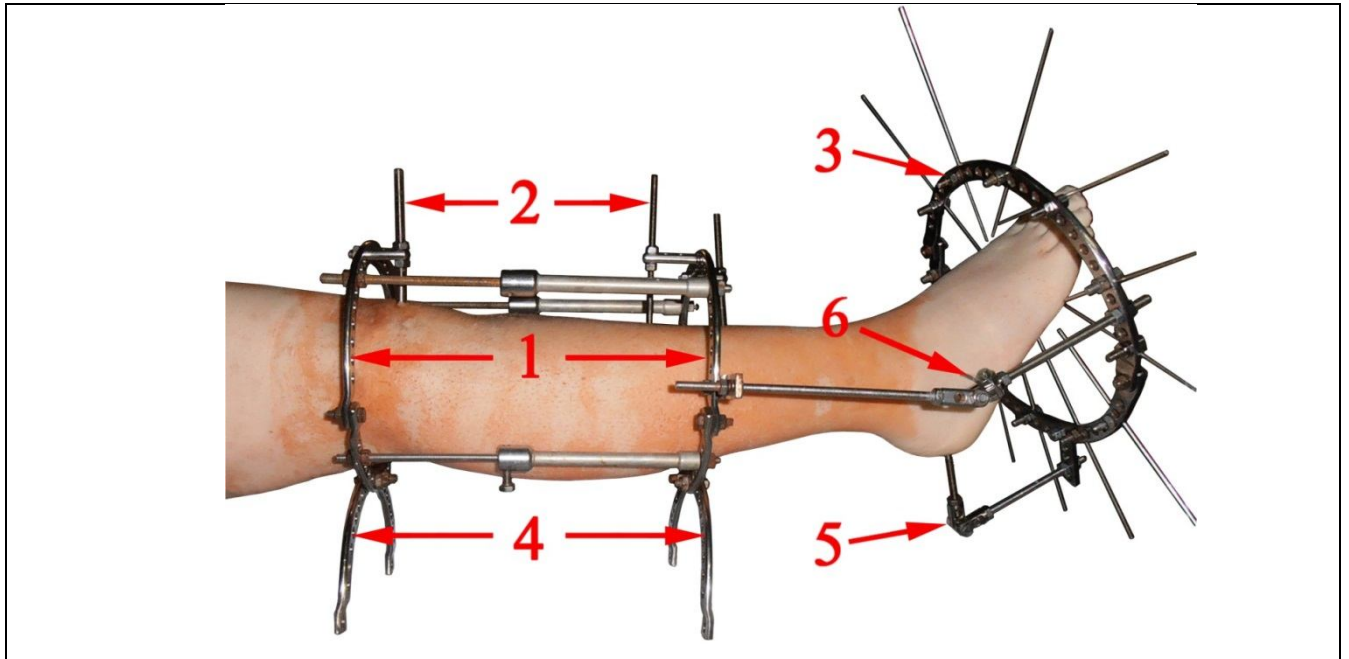


Рис. 2.2. Устройство для определения смещения мягких тканей стопы. Пояснения в тексте

На контрольной опоре (рис. 2.3) расположены двенадцать направителей с фиксационными болтами (1). В каждый направитель введен щуп (2). При введении всех щупов их направляющие концы сходятся в центре опоры.

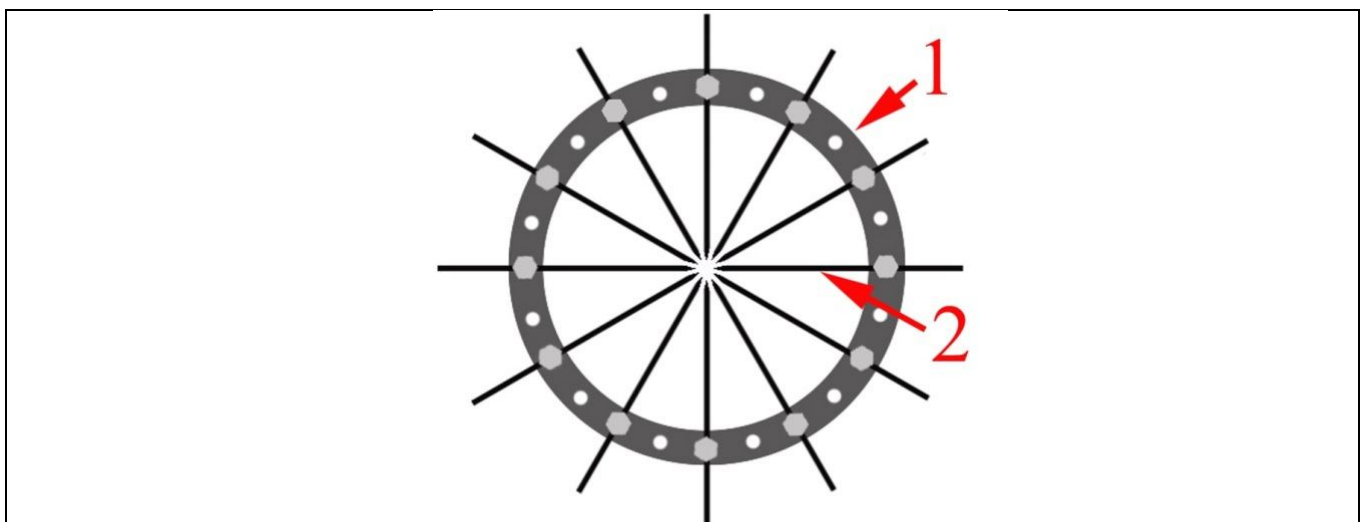


Рис. 2.3. Контрольная опора. Пояснения в тексте

В ходе выполнения эксперимента контрольная опора устанавливалась на исследуемом уровне стопы. Суставы стопы и голеностопный сустав выводились в нейтральное положение. Щупы сдвигались к центру опоры до соприкосновения с кожей. В проекции касания кончика щупа маркером ставили метку, щупы отводили. Затем производили подошвенное сгибание суставов, выдвигали щупы до соприкосновения с кожей; ставились метки маркером другого цвета. Используя этот же алгоритм, определяли смещение кожи при тыльном сгибании, ставя метки третьего цвета. Расстояние между метками в каждой позиции замерялось в миллиметрах.

Следующим этапом удаляли кожу и повторяли указанный алгоритм действий для фасции. Последним этапом удаляли фасцию и проводили эксперимент по исследованию смещения сухожилий и мышц.

Из величин, полученных при исследовании, формировали массив данных, которые обрабатывали статистически. Сравнение изучаемых отклонений выполнялась по принципу анализа связанных выборок с помощью критерия знаков, критерия Вилкоксона и критерия Фридмана (рис. 2.4 а-в). Критерием статистической достоверности получаемых выводов мы считали общепринятую в медицине величину $P < 0,05$. Полученные средние величины отображали в виде диаграмм (рис. 2.4 г).

После этого анализировали полученные данные и определяли, в каких позициях смещение кожи, фасций, сухожилий и мышц является наименьшим при каждом виде движения.

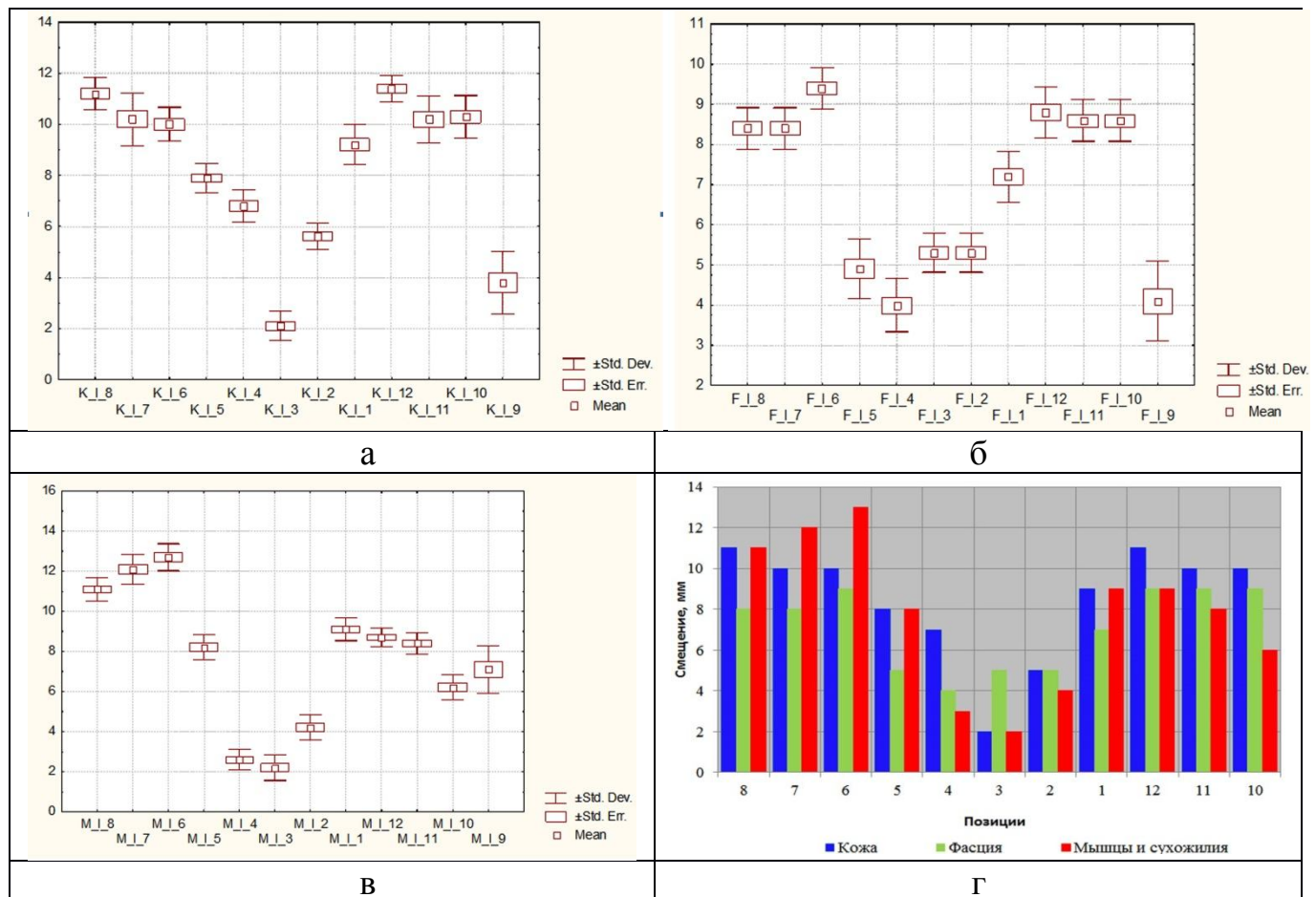


Рис. 2.4. Статистическая обработка величин смещения мягких тканей относительно I плюсневой кости на уровне субкапитальной зоны: а – средние величины смещения кожи; б – средние величины смещения фасции; в – средние величины смещения мышц и сухожилий; г – диаграмма средних величин смещения мягких тканей относительно уровня субкапитальной зоны первой плюсневой кости

На завершающем этапе были определены позиции запрета, позиции доступности, рекомендуемые позиции, которые были отражены в виде графических схем (см. приложение 1).

2.3. Аналитические исследования

Аналитические исследования включали работу по разработке классификации деформации стоп, позволяющей определить ее сложность и, следовательно, показания для применения того или иного репозиционного узла. Вторая часть аналитических исследований включала разработку новых методов анализа и

планирования коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости.

2.3.1. Методика разработки рабочей классификации деформаций стоп

Как было отмечено в главе 1, на данный момент отсутствует классификация деформаций стоп, которая позволяла бы определить степень сложности деформации стопы на основе анализа составляющих ее компонентов в каждой из плоскостей. В свою очередь, определение степени сложности деформации позволит определить, какой тип репозиционного узла (унифицированный по Илизарову или универсальный на основе компьютерной навигации) должен быть использован для коррекции деформации. Наиболее близким прототипом для подобной классификации является классификация деформаций длинных костей, представленная В.А. Виленским (2009).

Так как стопа условно разделена на 3 отдела (передний, средний и задний), каждый из них можно условно считать “целым фрагментом”, расположение которого можно оценить в стандартной системе координат, включающей три стандартные плоскости: фронтальную, сагиттальную и горизонтальную (рис. 2.5).

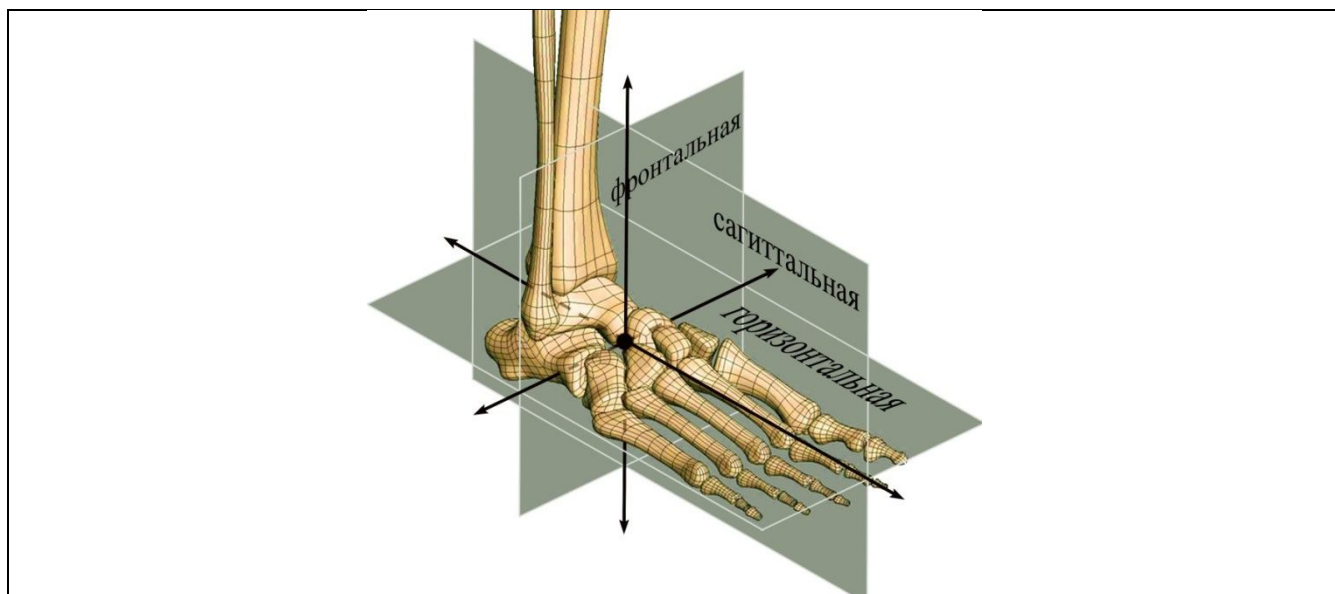


Рис. 2.5. Стандартные плоскости

По аналогии с классификацией-прототипом, принято, что классификации могут быть одно-, двух- и трехплоскостные. А в зависимости от количества составляющих компонентов – одно-, двух-, трех-, четырехкомпонентными.

Применительно к среднему отделу стопы возможно 5 компонентов деформации:

- укорочение,
- ротация по сагиттальной оси (вектор движения находится во фронтальной плоскости),
- тыльное/подошвенное сгибание (вектор движения находится в сагиттальной плоскости),
- смещение по ширине,
- отведение/приведение (вектор движения находится в горизонтальной плоскости).

В заднем отделе стопы также могут быть определены пять компонентов деформации:

- укорочение,
- ротация по фронтальной оси (вектор движения находится в сагиттальной плоскости),
- ротация по сагиттальной оси (вектор движения расположен параллельно фронтальной плоскости),
- смещение по ширине,
- ротация по вертикальной оси (вектор движения расположен параллельно горизонтальной плоскости).

На основании анализа возможных комбинаций данных компонентов отдельно для среднего и заднего отделов стопы, деформации были разделены на простые, средней сложности и сложные. Результаты данного раздела работы представлены в главе 4.1.

2.3.2. Методика разработки анализа и планирования коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в боковой проекции

В исследовании нами было проанализировано 64 рентгенограммы стоп в боковой проекции. Возрастная категория пациентов – от 23 до 54 лет. Все рентгенограммы были выполнены с нагрузкой в боковой проекции согласно методике, описанной п.1.3 (см. рис.1.3). Для исключения наличия деформации стопы проводились замеры пяточно-метатарзального (а), пяточно-таранного (а) и таранно-метатарзального углов (а, г) стоп, угла между второй плюсневой костью и костями предплюсны (б, д), а также пяточно-большеберцовый угол (д) (см. рис.1.5, глава 1).

Были исследованы вариации расположения опорных (т.е. расположенных наиболее дистально) точек пяточной и первой плюсневой костей относительно суставной линии блока таранной кости. Для этого передняя и задняя точки суставной поверхности блока таранной кости (а и b) и опорные точки пяточной и головки первой плюсневой кости соединялись линиями (рис. 2.6). Образованная фигура имеет форму четырехугольника, где *ab* верхняя сторона, а *dc* – нижняя сторона.

Находились следующие параметры:

1. Величины всех четыре углов: $\angle dab$, $\angle abc$, $\angle bcd$, $\angle cda$.
2. Отношение длины верхнего основания к задней стороне: $k1 = \frac{ad}{ab}$
3. Отношение верхней стороны к передней стороне: $k2 = \frac{bc}{ab}$
4. Отношение верхней и нижней сторон: $k3 = \frac{dc}{ab}$

Полученные данные были обработаны статистически.

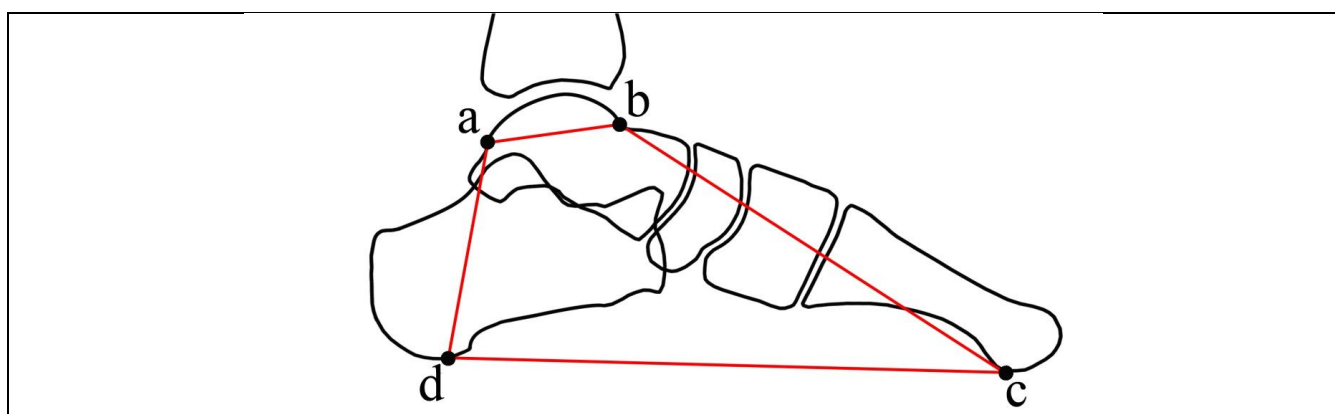


Рис. 2.6. «Четырехугольник стопы». Пояснения в тексте

При создании схем РЛУ, облегчающих планирование коррекции деформаций среднего отдела стопы, использовались как анатомическая (рис. 2.7), так и механическая (рис. 2.8) оси 1-й плюсневой кости.

При разработке схемы РЛУ на основе анатомической оси 1-й плюсневой кости выясняли (рис. 2.7):

- где и под каким углом пересекается продолжение линии сустава блока таранной кости с анатомической осью 1-й плюсневой кости;
- на каком расстоянии от точки пересечения этих линий находится передняя точка головки 1-й плюсневой кости.

Для этого на рентгенограммах определяли заднюю (*a*) и переднюю (*b*) точки суставной линии блока таранной кости, которые соединялись линией (линия-1) (рис. 2.7 а). Длина отрезка *ab* в миллиметрах принималась за условную единицу измерения длины, равную 1.

Следующим этапом определяли локализацию точки пересечения линии-1 и среднediaфизарной линии (анатомической оси) 1-й плюсневой кости (т.е. линии-2) – точку *c*. Также определяли величину угла пересечения линии-1 и линии-2 (рис. 2.7 б-в).

Место пересечения среднediaфизарной линии 1-й плюсневой кости (линия-2) с передним краем головки 1-й плюсневой кости обозначали как точку *d*. В завершение выясняли, на каком расстоянии от точки *c* находится точка *d*.

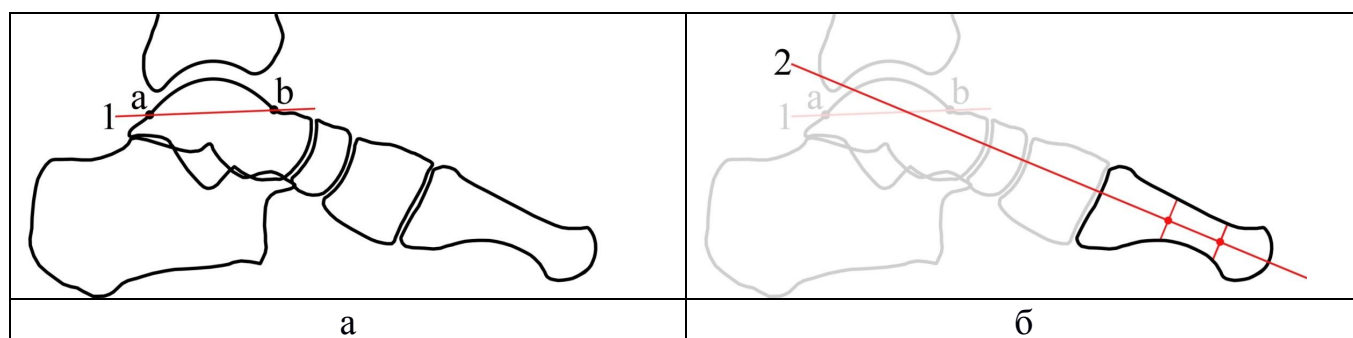


Рис. 2.7. Определение РЛУ среднего отдела стопы с использованием среднediaфизарной линии (анатомической оси) 1-й плюсневой кости: а – линия-1 является продолжением суставной линии блока таранной кости; б – линия-2 является продолжением среднediaфизарной линии 1-й плюсневой кости

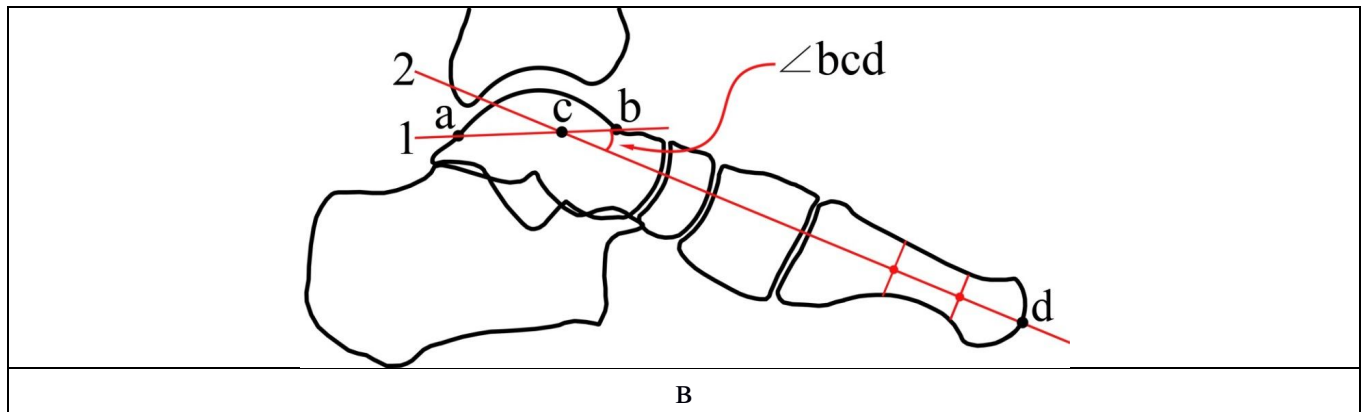


Рис. 2.7. Определение РЛУ среднего отдела стопы с использованием среднediaфизарной линии (анатомической оси) 1-й плюсневой кости: в – определение точки пересечения линии-1 и линии-2 (точка c) и величины угла пересечения этих линий ($\angle bcd$). Точка d находится на пересечении линии-2 с передним краем головки плюсневой кости

Так как длину отрезка ab принимали за условную единицу измерения (в мм), то искомые расстояния ac и cd соотносили к ab в виде коэффициентов. Таким образом, выясняли следующие параметры:

1. Угол пересечения линии-1 и линии-2: $\angle bcd$
2. Отношение длины ac к длине ab :

$$k1 = \frac{ac}{ab}$$

3. Отношение длины cd к длине ab :

$$k2 = \frac{cd}{ab}$$

При разработке схемы РЛУ на основе механической оси 1-й плюсневой кости выясняли (рис. 2.8):

- где и под каким углом пересекается линия сустава блока таранной кости (линия-1) с механической осью первой плюсневой кости (линия-2);
- на каком расстоянии от точки пересечения этих линий находится передняя точка головки первой плюсневой кости.

Алгоритм нахождения данных параметров совпадал с нахождением РЛУ по среднediaфизарной линии первой плюсневой кости. Так же определялись задняя (a) и передняя (b) точки суставной линии блока таранной кости, которые соединялись линией (линия-1) (рис. 2.8 а). Длина отрезка ab в миллиметрах принималась за условную единицу измерения длины, равную 1.

Строилась механическая ось первой плюсневой кости – линия, соединяющая центры суставных поверхности головки и основания – линии-2 (рис. 2.8 б). Следующим этапом определяли локализацию точки пересечения линии-1 и линии-2 – точку *c*. Также определяли величину угла пересечения линии-1 и линии-2 (рис. 2.8 в).

Место пересечения среднediaфизарной линии 1-й плюсневой кости (линия-2) с передним краем головки 1-й плюсневой кости обозначали как точку *d*. В завершение выясняли, на каком расстоянии от точки *c* находится точка *d*.

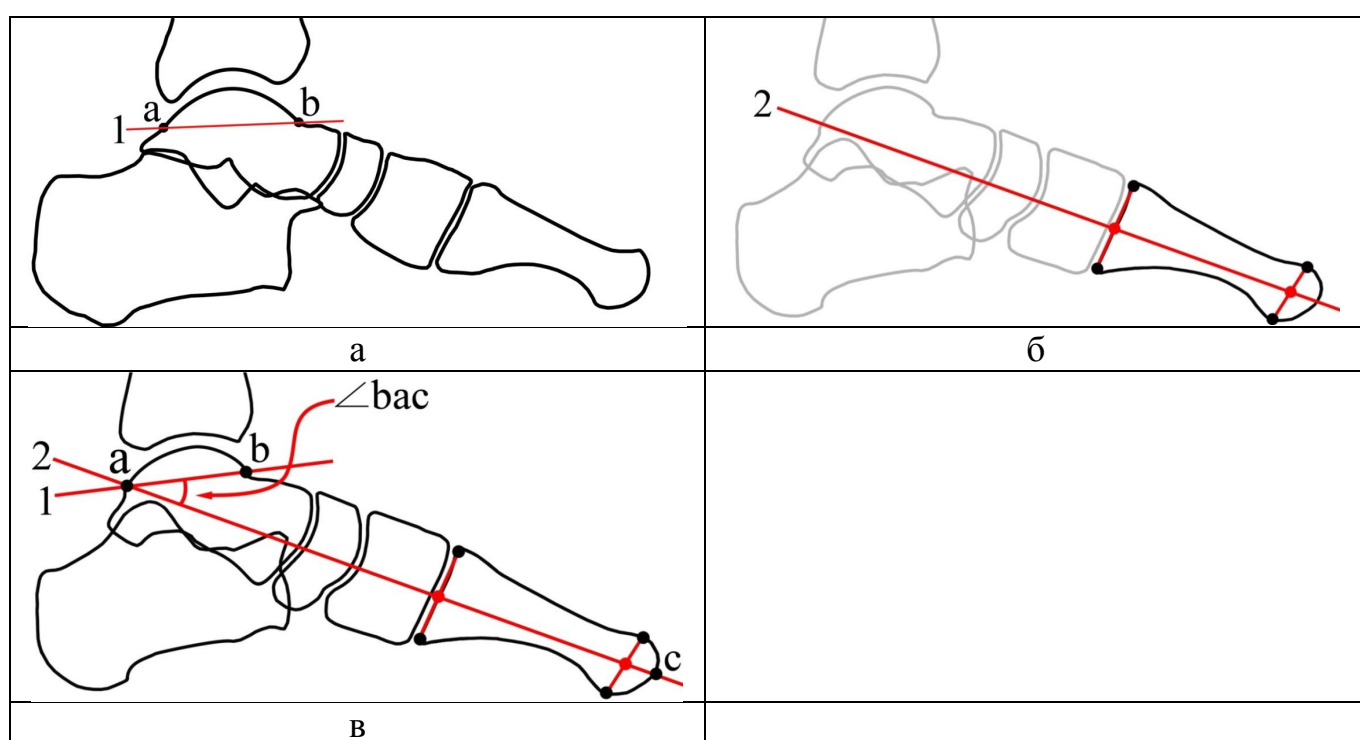


Рис. 2.8. Определение РЛУ первой плюсневой кости относительно ее механической оси: а – линия-2 является продолжением механической оси 1М; б – определение точки пересечения линии-1 и линии-2 и величины угла пересечения этих линий ($\angle bac$). Точка *c* находится на пересечении линии-2 с передним краем головки плюсневой кости

При создании РЛУ, облегчающих планирование коррекции деформаций заднего отдела стопы, определяли, где и под каким углом продолжение оси пяточной кости пересекается с продолжением суставной линии блока таранной кости. Кроме этого определяли должное положение задней точки пяточной кости.

Для этого через заднюю и переднюю точки суставной линии блока таранной кости проводили линию-1 (ab , рис. 2.9 а). Затем проводили линию-2, являющуюся осью пяточной кости. Для этого точку опоры пяточной кости и вершину апофиза – место прикрепления ахиллова сухожилия (точки ef) соединяли линией и в середине полученного отрезка проводили перпендикулярную линию, продлевая ее до пересечения с продолжением суставной линии блока таранной кости (рис. 2.9 б). Точку пересечения линии-1 и линии-2 обозначили буквой c , а заднюю точку пяточной кости на линии-2 – точкой d (рис. 2.9 в).

Таким образом выясняли следующие параметры:

1. Угол пересечения линии-1 и линии-2: $\angle acd$
2. Отношение расстояния bc к расстоянию ab :

$$k1 = \frac{bc}{ab}$$

3. Отношение cd к ab :

$$k2 = \frac{cd}{ab}$$

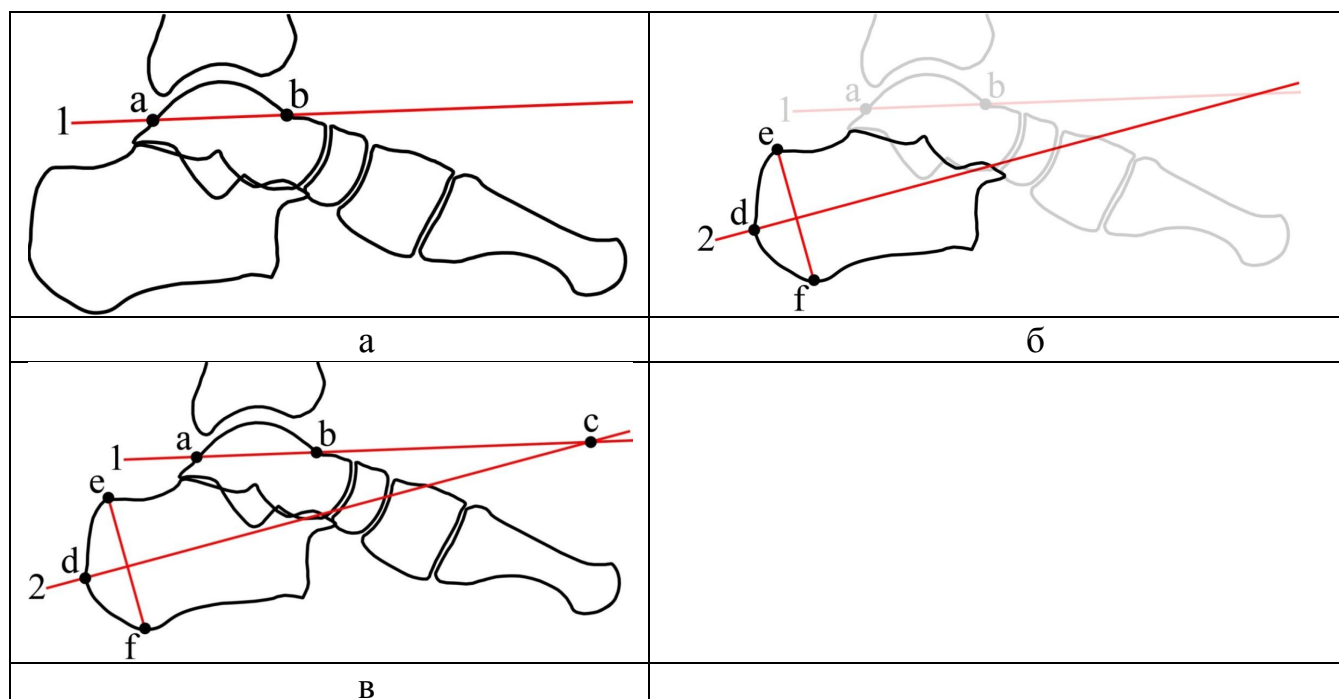


Рис. 2.9. РЛУ заднего отдела стопы: а – ab – линия-1; б – построение линии cd (оси пяточной кости) – линии-2; в – точка c – пересечение линии-1 и линии-2

Все анализируемые данные (искомые углы и коэффициенты между расстояниями) были найдены на 64 рентгенограммах и были записаны в таблицу Excel (Microsoft Office 2007). Затем полученные массивы обрабатывали с использованием статистического программного обеспечения Statistica 6.0.

2.4. Экспериментальное исследование

В исследовании были использованы пластиковые комплексы «голень-стопа». Длина моделей стоп составляла 27 см, ширина на уровне середины плюсневых костей – 8 см, высота продольного свода – 2,5 см. Кроме этого были использованы стандартный набор Орто-СУВ и детали аппарата Илизарова (рис. 2.10 а-в). С учетом размеров пластиковых стоп были использованы опоры диаметром 130 мм.

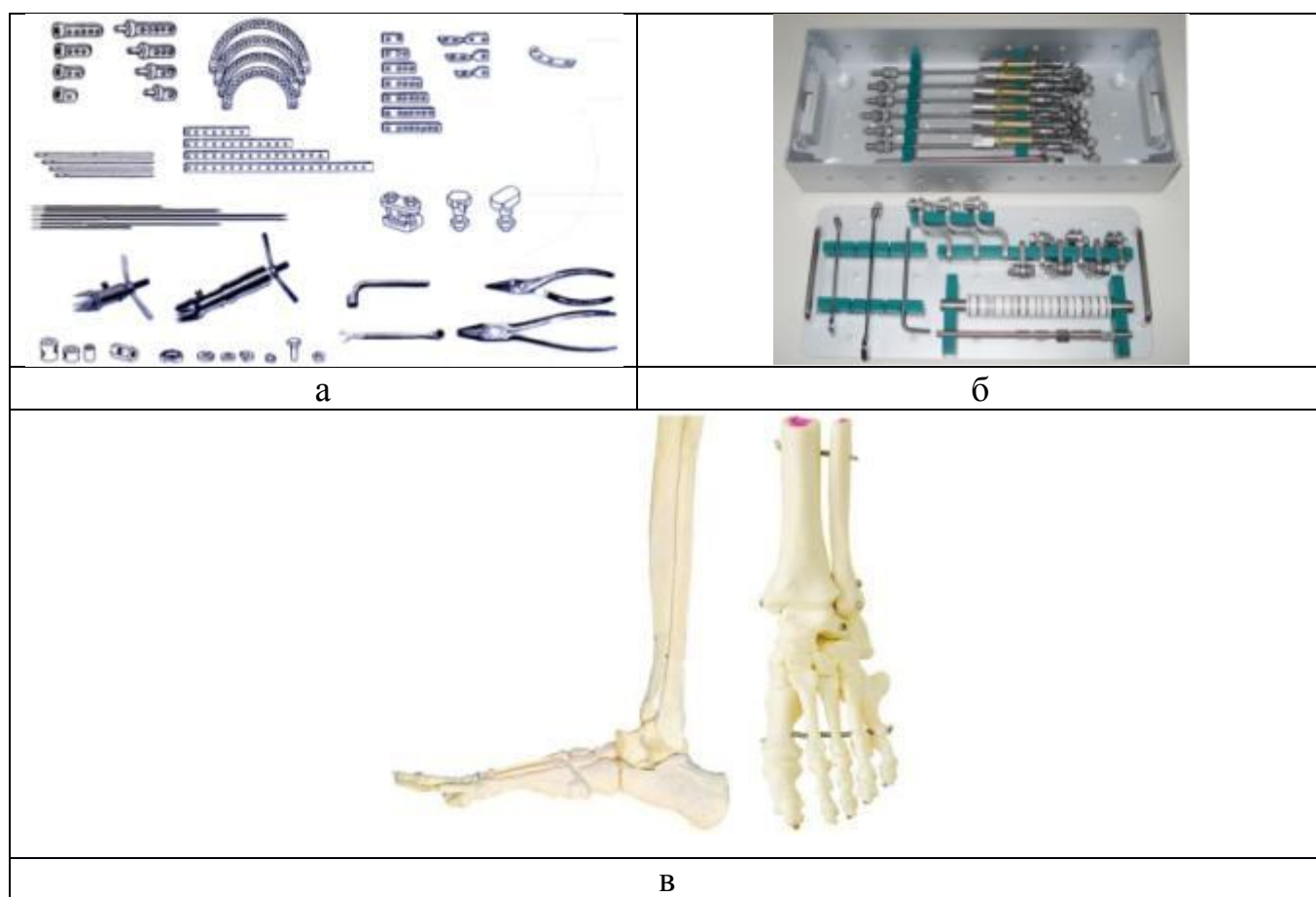


Рис. 2.10. Материалы, используемые в эксперименте по определению оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ: а – детали аппарата Илизарова; б – комплект Орто-СУВ; в – пластиковая модель комплекса «голень-стопа»

Выбор оптимальной компоновки основывался на следующих условиях:

- компоновка должна позволять выполнение наибольших перемещений мобильной опоры аппарата (а значит, и фиксированного в ней отдела стопы);
- для уменьшения габаритов в период фиксации компоновка должна обладать способностью модульной трансформации;
- все компоновки Орто-СУВ должны иметь возможность “работать” со стандартной компьютерной программой Орто-СУВ.

Учитывая возможность длительной (от 2–3 нед. до 1,5–2 мес.) коррекции и длительность периода фиксации, из компоновок, показывающих сходные возможности коррекции деформации, выбирали ту, которая имеет сравнительно меньшие габариты.

Для среднего отдела стопы были исследованы 5 вариантов компоновок, для заднего отдела – 3 варианта компоновок. Необходимо отметить, что предварительно рассматривалось большее количество вариантов компоновок: 8 для среднего отдела и 6 – для заднего. Однако проанализированные опыт использования гексаподов и кинематика СУВ-платформы позволили остановиться на вышеназванном количестве и признать выбранные компоновки наиболее перспективными.

В режиме «быстрых страт» проводили исследуемое перемещение с максимально возможной в данной компоновке амплитудой. Предельным считалось положение, при котором хотя бы одна из страт касалась кости или деталей аппарата. По принятым условиям эксперимента предполагалось, что размеры пластиковой модели соответствуют наружным контурам мягких тканей. Это допущение соответствует ситуации, когда бы использовалась костная модель, размеры которой на 5–10 мм меньше любого из размеров используемой модели. При выборе компоновок аппарата Орто-СУВ для одномоментной коррекции двухуровневых деформаций стопы (среднего и заднего отделов) были выбраны компоновки, которые показали лучшие результаты перемещений, соответственно, среднего и заднего отделов, и при этом не происходит конфликта (контакта) между стратами и опорами.

Для получения статистически значимых данных собиралось по 6 экземпляров каждой модели, и каждое перемещение повторяли 5 раз. Всего было выполнено 30 экспериментов. Затем проводили статистическую обработку полученных величин. Сравнение изучаемых отклонений выполнялась по принципу анализа связанных выборок с помощью критерия знаков, критерия Вилкоксона и критерия Фридмана. Критерием статистической достоверности получаемых выводов мы считали общепринятую в медицине величину $p < 0,05$.

Для обозначения компоновки опор аппарата использовали метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза.

2.4.1. Определение оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы

Как уже указывалось, для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы исследованы 5 вариантов компоновок (рис. 2.11). Базовая опора фиксировалась к нижней трети костей голени, перемещаемая опора фиксировалась к плюсневым костям.

Так как расстояние между опорами было относительно мало и не позволяло установить страты аппарата Орто-СУВ непосредственно к ним, использовали дополнительные «выносные» приспособления: опоры из колец, 2/3 кольца, 1/2 кольца, консоли, Z-образные пластики.

Компоновка по МУОЧО*:

$$\frac{V,2,130; VII,3-9; VII,2-8}{130} - \frac{calc.,8-2; calc.,4-10}{2/3 \ 130} - O-CUB -$$

$$\frac{VI,4,1M-VI,4,2M; VI,8,5M-VI,8,4M-VI,8,3M; X,8,cub.-IX,8,cunief.lat.-VIII,8,2M- VIII,8,1M;}{2/3 \ 130}$$

$$X,4,navic.-IX,4,cunief.int.-VIII,4,3M-VII,4,4M$$

*1M, 2M, 3M, 4M, 5M – это соответственно I плюсневая, II плюсневая, III плюсневая, IV плюсневая и V плюсневая кости; cub. – кубовидная кость; cunief.lat. – латеральная клиновидная; cunief.int. – средняя кубовидная; navic. – ладьевидная и calc. – пяточная кости.

В данном случае представлена полная формула согласно заявленному методу обозначения. В дальнейшем для сокращения будет использоваться укороченный вариант обозначения.

	Вид спереди	Вид сбоку
Компоновка 1		
	$\frac{V,2,130; VII,3-9; VII,2-8}{130} - \frac{calc.,8-2; calc.,4-10}{2/3 \ 130} - O-CYB -$ $\frac{m/tars.,I,3- m/tars.,V,9; m/tars.,V,9- m/tars.,I,3}{1/2 \ 130 - 1/2 \ 130}$	
Компоновка 2		
	$\frac{V,2,130; VII,3-9; VII,2-8}{130} - \frac{calc.,8-2; calc.,4-10}{2/3 \ 130} - O-CYB -$ $\frac{m/tars.,I,2-m/tars.,IV,8; m/tars.,V,10-m/tars.,II,4}{2/3 \ 120}$	

Рис. 2.11. Исследуемые компоновки для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы (компоновки 1-2)

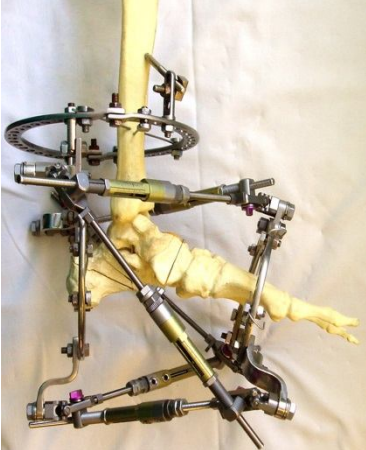
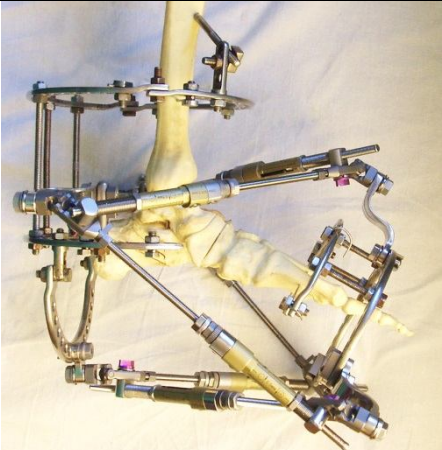
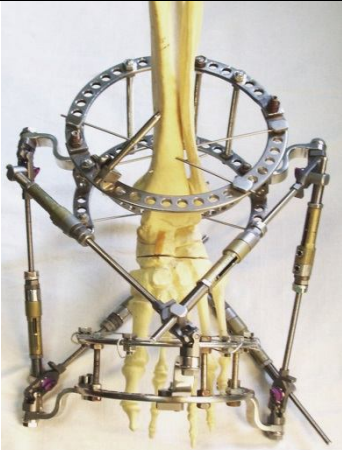
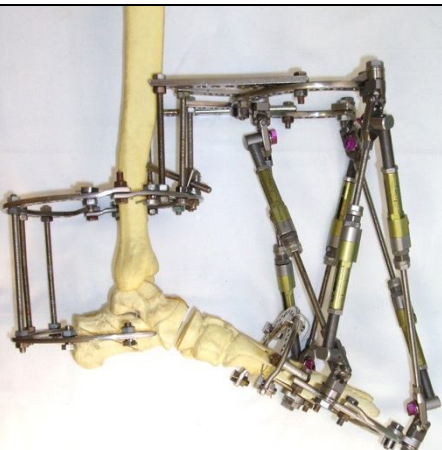
Компоновка 3		
	<u>V,2,120; VII,3-9; VII,2-8</u> – <u>calc.,8-2; calc.,4-10;</u> – O-CYB - ₁₃₀ _{1/2 130} <u>m/tars.,I,2- m/tars.,IV,8; m/tars.,V,10- m/tars.,II,4;</u> _{2/3 130}	
Компоновка 4		
	<u>V,2,120; VII,3-9; VII,2-8</u> – <u>calc.,8-2; calc.,4-10;</u> – O-CYB - ₁₃₀ _{1/2 130} <u>m/tars.,I,2- m/tars.,IV,8; m/tars.,V,10- m/tars.,II,4;</u> _{2/3 130}	
Компоновка 5		
	<u>V,2,120; VII,3-9; VII,2-8</u> – <u>calc.,8-2; calc.,4-10;</u> – O-CYB - ₁₃₀ _{1/2 130} <u>m/tars.,I,2- m/tars.,IV,8; m/tars.,V,10- m/tars.,II,4;</u> _{2/3 130}	

Рис. 2.11. Исследуемые компоновки для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы (компоновки 3-5)

Для определения оптимальной компоновки О-СУВ во всех пяти компоновках исследованы возможности следующих перемещений: тыльное и подошвенное сгибание, супинация и пронация, отведение и приведение (рис. 2.12).

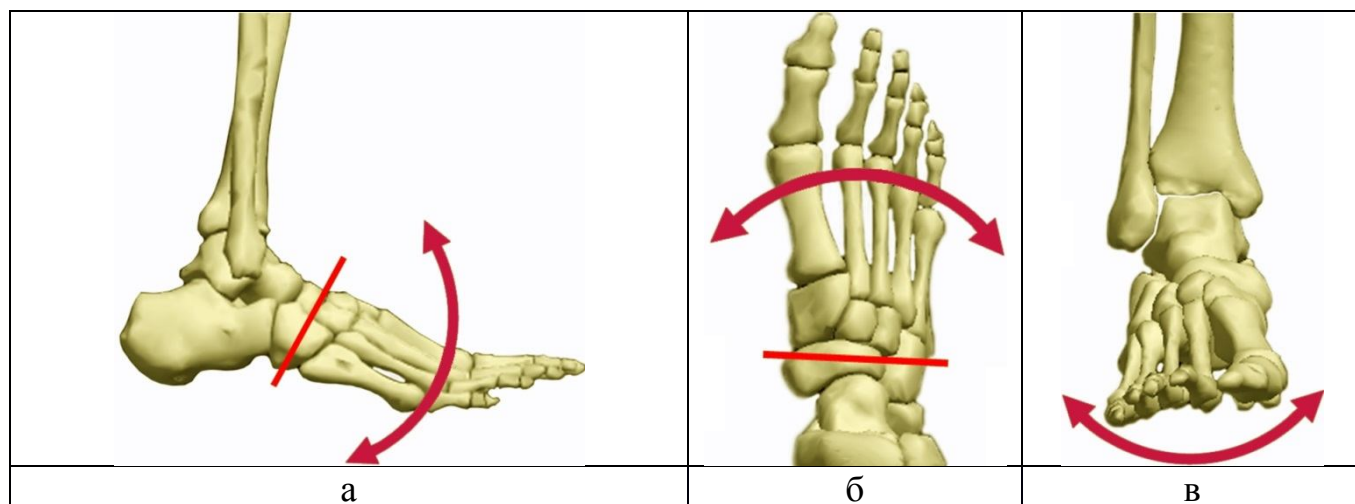


Рис. 2.12. Исследуемые перемещения для среднего отдела стопы: а – тыльное сгибание/подошвенное сгибание; б – отведение/приведение; в – супинация/пронация

В ходе эксперимента каждой из разработанных моделей собирали по 6 экземпляров, и в режиме «быстрых страт» проводились по 5 серий указанных перемещений. Все полученные величины обрабатывались статистически, и на основании полученных среднестатистических данных строили диаграмму. В выборе оптимальной компоновки предпочтение отдавалось модели, в которой суммарное расстояние передвижения дистального фрагмента было наибольшим.

2.4.2. Определение оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для лечения деформаций на уровне заднего отдела стопы

При выборе компоновки для коррекции заднего отдела стопы были изучены 3 вида компоновок. Исследуемые компоновки отличались между собой различными вариантами расположения опор и позиций креплений страт между опорами (рис. 2.13).

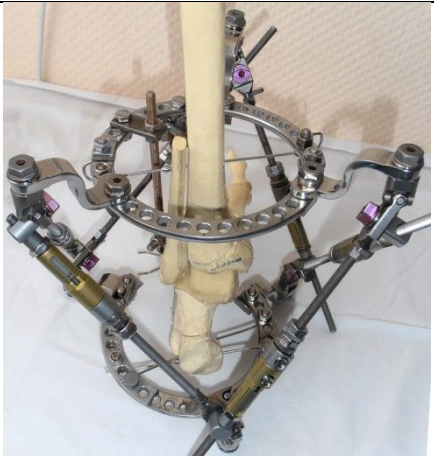
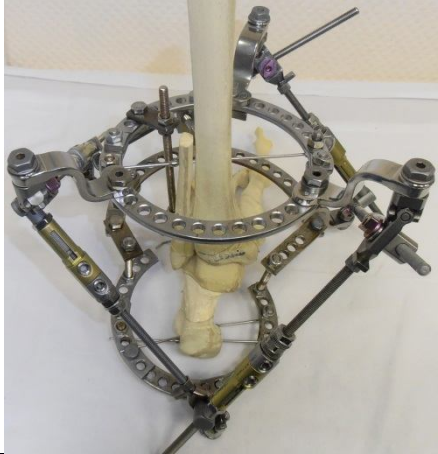
	Вид сбоку	Аксиальный вид
Компоновка 1		
	<u>VI,12,120; VII,3-9; VII,2-8; talus,2,80</u> – O-CYB – <u>calc.,8-2; calc.,4-10</u> 130 2/3 130	
Компоновка 2		
	<u>VII,12,120; VI,3-9; VI,2-8; talus,2,80</u> – O-CYB – <u>calc.,8-2; calc.,4-10</u> 130 2/3 130	
Компоновка 3		
	<u>VII,12,120; VI,3-9; VI,2-8; talus,2,80</u> – O-CYB – <u>calc.,8-2; calc.,4-10</u> 130 2/3 130	

Рис. 2.13. Исследуемые компоновки для коррекции деформаций на уровне заднего отдела стопы

При исследовании движения перемещаемой опорой производились в соответствии с наиболее распространенными компонентами деформаций данного отдела (рис. 2.14):

- ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз),
- смещение по ширине,
- ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость),
- ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость).

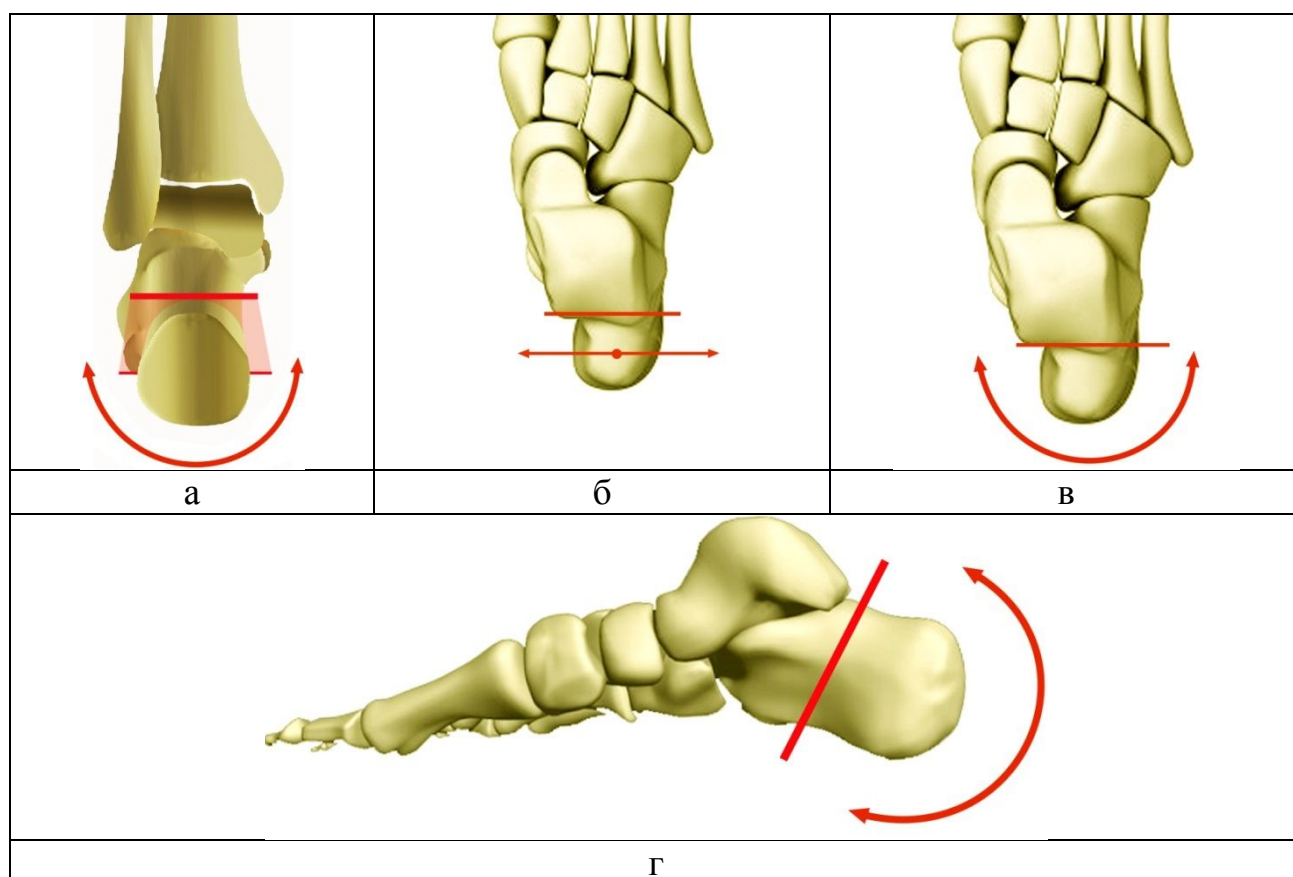


Рис. 2.14. Перемещения, исследуемые в компоновках для коррекции заднего отдела стопы: а – ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз); б – смещение по ширине; в – ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); г – ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость)

При изучении данных компоновок собирали по 6 экземпляров для каждой модели, и в режиме «быстрых страт» проводили по 5 серий указанных перемещений. Все полученные величины обрабатывались статистически, и на основании полученных среднестатистических данных строили диаграмму. Выбор оптимальной компоновки основывался на тех же критериях, которые были перечислены для компоновок, используемых при деформации среднего отдела стопы.

2.4.3. Определение оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для коррекции комбинированных деформаций стопы

Для коррекции комбинированных деформаций (т.е. включающих деформации среднего и заднего отдела стопы) были использованы компоновки аппаратов, которые показали наилучшие результаты для коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы. Задачей исследования было определить наиболее удобные и эффективные варианты комбинации.

2.5. Клиническое исследование. Изучение эффективности клинического применения аппарата Орто-СУВ при коррекции деформаций стопы

Для изучения клинической эффективности разработанных компоновок аппарата Орто-СУВ мы проанализировали результаты лечения пациентов с деформациями стоп и сравнили полученные результаты с данными мировой литературы.

2.5.1. Общая характеристика пациентов

Лечение пациентов проводилось на базе клинических отделений №7 и 16 РНИИТО им. Р.Р. Вредена. В общей сложности было пролечено 35 пациентов из них 11 пациентам проводилась коррекция деформаций на уровне среднего отдела, 4 пациентам проводилась коррекция деформаций пяточной кости и 20 пациентам была проведена коррекция двухуровневой деформации. Возраст пациентов был от 18 до 69 лет. Из них мужчин – 20, женщин – 15.

Для оценки степени сложности деформации мы проводили рентгенографию в четырех стандартных проекциях с нагрузкой (глава 1, п.1.2). Определение величины деформации производилось следующим путем: на произведенных рентгенограммах определяли РЛУ костей стопы пациента и, сравнивая их с нормальными значениями РЛУ, вычисляли, на сколько градусов и миллиметров и в какой плоскости имелось отклонение того или иного сегмента стопы.

На рентгенограммах, выполненных в боковой проекции, анализ деформации, планирование коррекции и оценка результата выполнялись нами в соответствии с оригинальными методиками, описанными в п. 2.3.2.

На рентгенограммах в тыльно-подошвенной проекции, анализ деформации, планирование коррекции и оценка результата выполнялись по схемам, приведенным в п. 1.3 (см. рис. 1.5 в-г).

Величина деформации, её вершина и планирование коррекции на уровне заднего отдела стопы проводилась по аксиальной проекции, согласно методике, описанной в п. 1.3 (см. рис. 1.5 е).

2.5.2. Оценка точности коррекции деформации

Для определения точности коррекции проводился анализ рентгенограмм сразу после коррекции, через 6 (± 2) и 12 (± 4) мес. после демонтажа аппарата. При этом определяли, соответствуют ли в эти временные промежутки линии и углы референтным значениям. Все встречающиеся отклонения были проанализированы по величине и срокам выявления.

Для деформаций на уровне среднего отдела в горизонтальной плоскости (тыльно-подошвенная проекция) оценивали взаимоотношение среднедиафизарной оси II плюсневой кости к блоку костей предплюсны, т.е. величину т.н. метатарзального проиводящего угла (Metatarsus adductus angle – МАА) (рис. 2.15). В сагиттальной плоскости (боковая проекция) оценивали расположение механической оси I плюсневой кости и границы ее головки относительно линии блока таранной кости. Таким образом, оценивали величину латерального механического угла среднего отдела стопы – мЛСУ (Lateral Mechanical Midfoot

Angle – mLMA). Кроме этого оценивали степень восстановления длины среднего отдела стопы. Подробнее об этом методе анализа деформации изложено в п. 4.2.1.2.

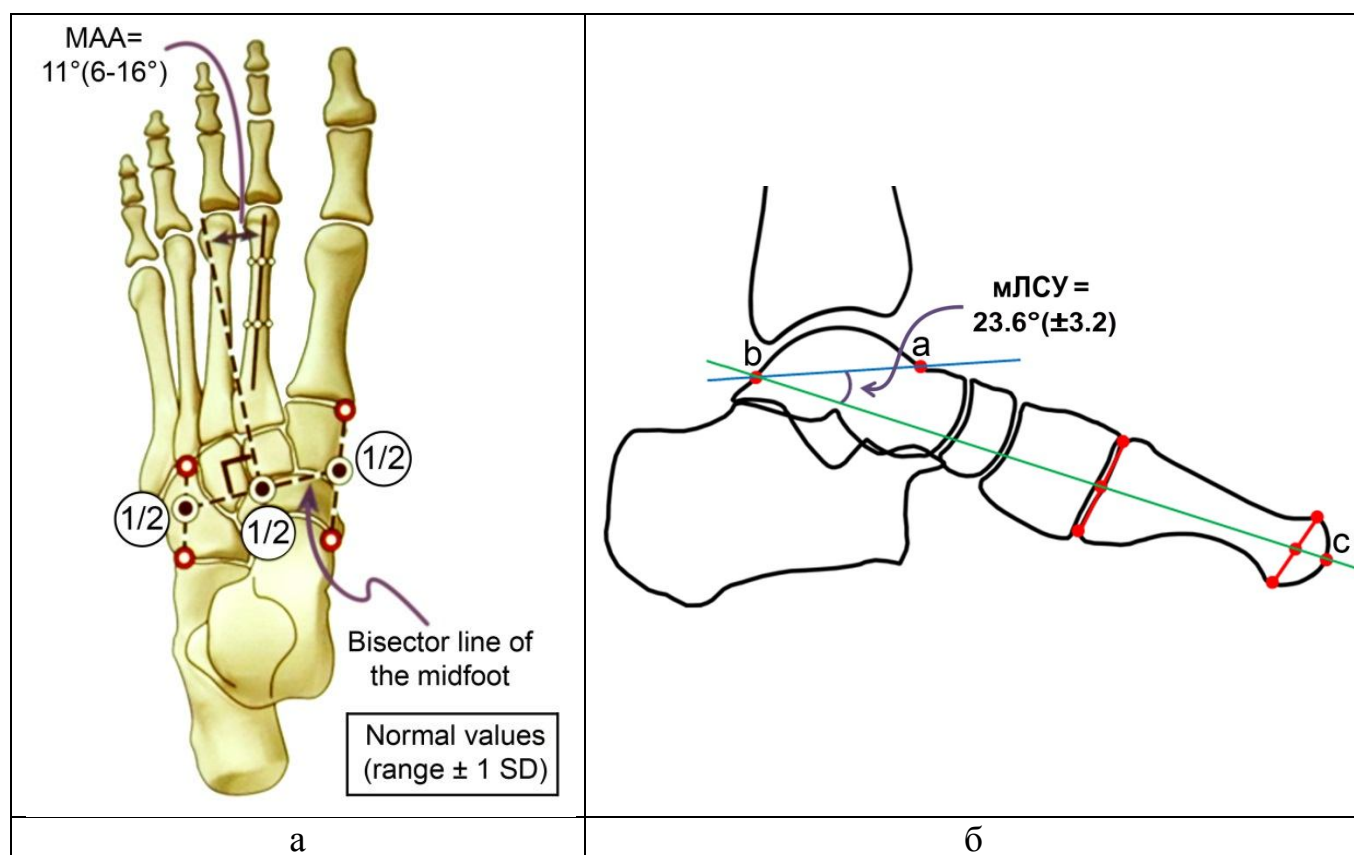


Рис. 2.15. Референтные линии и углы среднего отдела стопы: а – в тыльно-подошвенной проекции (Lamm B.M. et al., 2016); б – в боковой проекции. Пояснения в тексте

Для пациентов с деформациями на уровне заднего отдела стопы в аксиальной проекции оценивались референтные значения расположения оси пяточной кости относительно оси большеберцовой кости – задний тиббио-пяточный угол (ЗТПУ) (posterior tibial-calcaneal angle – PTCA) (рис. 2.16).

В сагиттальной плоскости (боковая проекция) оценивали величину латерального пяточного угла – ЛПУ (Lateral Hindfoot Angle – LHA). Кроме этого оценивали степень восстановления длины пяточной кости. Подробнее об этом методе анализа деформации изложено в п. п.4.2.2.

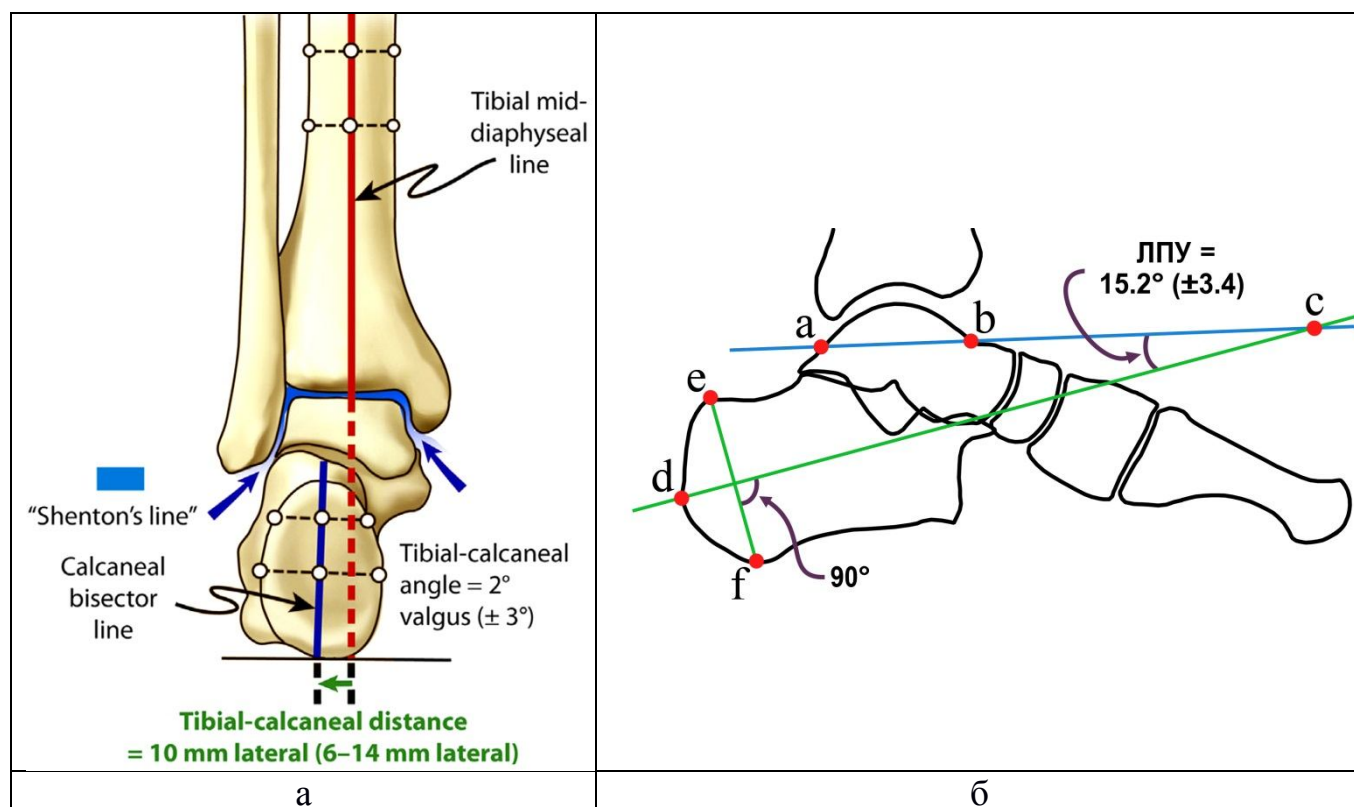


Рис. 2.16. Референтные линии и углы заднего отдела стопы: а – в аксиальной проекции (Lamm B.M. et al., 2016); б – в боковой проекции. Пояснения в тексте

С учетом незначительного количества клинических случаев для статистической обработки применялся метод статистического анализа малых выборок двойным критерием Фридмана, где $p > 0,05$.

2.5.3. Оценка продолжительности коррекции

Для клинического исследования эффективности разработанных компоновок Орто-СУВ были рассмотрены показатели, специфичные для чрескостного остеосинтеза (рис. 2.17). Весь срок лечения делился на три периода:

- Период коррекции деформации (дистракции) (К) – время от начала коррекции деформации до момента ее полного устранения.
- Период фиксации (Ф) – время от момента окончания коррекции деформации до демонтажа аппарата.
- Период остеосинтеза (О) – время от момента операции до демонтажа аппарата внешней фиксации. С учетом конечной величины удлинения производили расчет индексов фиксации и остеосинтеза.

- Индекс фиксации (ИФ) – это отношение времени фиксации в АВФ к величине удлинения (Шевцов В.И. с соавт., 1999). Индекс остеосинтеза (ИО) – это отношение времени нахождения пациента в АВФ к величине удлинения (Архипов Г.К., 1987; Tsuchiya H. et al., 2003).

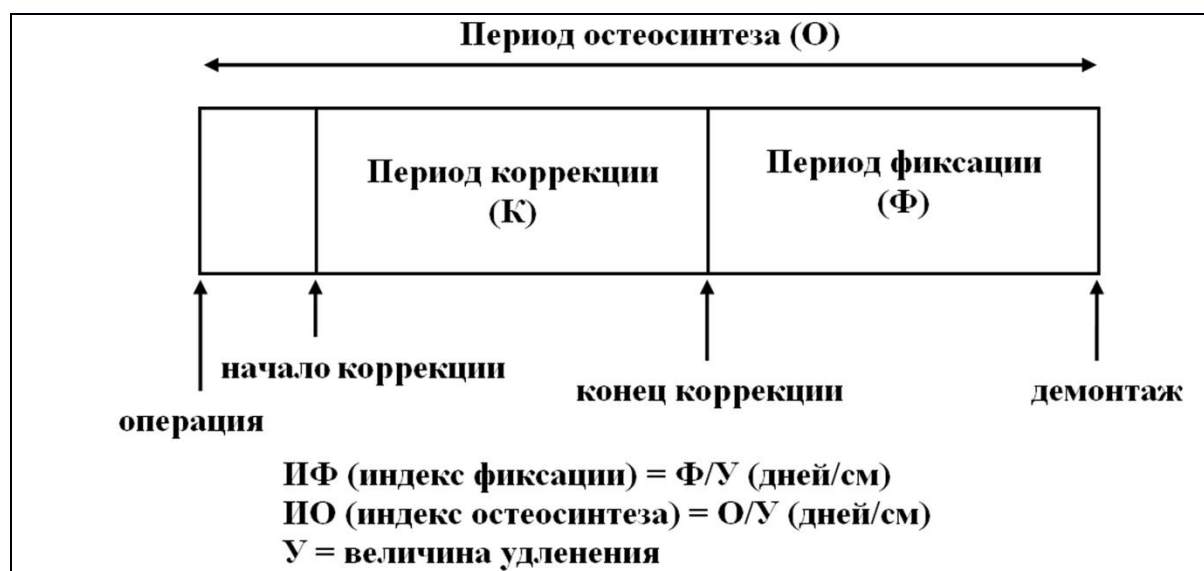


Рис. 2.17. Характеристики чрескостного остеосинтеза (Скоморошко П.В., 2014)

Однако статистически достоверного анализа провести по всем параметрам не удалось. Это объясняется тем, что значительной группе пациентов – 12 (34,3%) – сразу после коррекции была проведена фиксация погружными конструкциями (интрамедуллярные стержни, канюлированные винты). То есть, период фиксации в АВФ был равен «0», соответственно, период остеосинтеза был равен периоду коррекции.

2.5.4. Определение качества лечения по шкалам (опросники SF-36, AOFAS и шкала LEFS)

Для определения качества проводимого лечения нашим пациентам проводилось анкетирование. Были использованы международные опросники: SF-36, AOFAS и шкала LEFS.

2.5.4.1. Опросник качества жизни SF-36

SF-36 (The Short Form-36) – это неспецифический опросник для оценки качества жизни пациента, широко используемый при любых заболеваниях. SF-36 состоит из 36 вопросов, сгруппированных в восемь шкал: физическое функционирование, ролевая деятельность, телесная боль, общее здоровье, жизнеспособность, социальное функционирование, эмоциональное состояние и психическое здоровье (McHorney C.A. et al., 1994). Показатели каждой шкалы составлены таким образом, что чем выше значение показателя (от 0 до 100), тем лучше оценка по избранной шкале. Из них формируют два параметра: психологический и физический компоненты здоровья. Результаты представляются в виде 8 шкал (более высокая оценка указывает на более высокий уровень качества жизни). Шкалы группируются в два показателя: «физический компонент здоровья» и «психологический компонент здоровья». Анкетирование проводилось до начала лечения, через 6 и 12 мес. после окончания фиксации в АВФ (приложение №1).

После опроса данные были обработаны в программе Statistica 6.0 по двойному критерию Фридмана, где $p=0,01$.

2.5.4.2. Опросник AOFAS

Опросник AOFAS сочетает в себе субъективную оценку боли и функции до и после лечения. Анкета имеет 2 варианта: для пациентов с деформациями на уровне среднего отдела стопы и для пациентов с деформациями на уровне заднего отдела стопы. Обе анкеты представлены в приложениях 2.1. и 2.2.

Опросы проводились нами до начала лечения и через 12 и более месяцев после коррекции (практически всегда после окончания реабилитационного лечения). Данные опроса были обработаны в программе Statistica 6.0 по двойному критерию Фридмана, где $p=0,01$.

Результат лечения с использованием шкалы AOFAS оценивается следующим образом: отличный 95–100 баллов, хороший 75–94, удовлетворительный 51–74, плохой – 50 и менее баллов.

2.5.4.3. Функциональная шкала для нижней конечности LEFS

Функциональная шкала для нижней конечности (Lower Extremity Functional Scale, или LEFS) состоит из 20 утверждений, оцениваемых по четырехбалльной системе от «нет трудностей» (4 балла) до «выраженные трудности или невозможность выполнения» (0 баллов) (Binkley J.A. et al. 1999) (приложение 3). Заполнялся опросник самими пациентами. Опросы проводились до начала лечения, через 6 месяцев после окончания коррекции и через 12 и более месяцев после коррекции (практически всегда после окончания реабилитационного лечения). Подсчет производится суммированием баллов по всем пунктам (максимальное число баллов равно 80, минимальное – 0). Данные опроса обрабатывались статистически по двойному критерию Фридмана, где $p < 0,05$.

Полученные данные оценивались следующим образом: выраженные трудности или отсутствие функции (0–19 баллов), значительное ограничение функции (20–39 баллов), умеренное ограничение функции (40–59 баллов), небольшое ограничение (60–79 баллов), нет ограничения функции (80 баллов).

2.5.5. Оценка осложнений

Все осложнения, встречающиеся в ходе лечения, мы разбили на 3 категории согласно классификации, разработанной J. Caton в 1985 г. (Barreto B.V. et al., 2006; Caton J., 1991).

Категория I – это осложнения, которые устраняются в процессе коррекции консервативно (воспаление кожи в области прохождения чрескостных элементов, контрактура пальцев, требующая подстоппника или ЛФК, некроз краев послеоперационной раны и пр.).

Категория II – осложнения, которые потребовали дополнительных оперативных вмешательств, выполненных в период коррекции (теногенная контрактура пальцев, клиническое укорочение ахиллова сухожилия, требующие полной или частичной тенотомии сухожилий, трансартикулярной фиксации пальцев, перелом чрескостных элементов, раннее сращение в области остеотомии).

Категория III – это осложнения, которые потребовали дополнительной госпитализации (гипопластический регенерат – повторное развитие деформации, спицевой остеомиелит).

Данные были обработаны статистически по двойному критерию Фридмана, где $p > 0,05$.

В завершение мы сравнивали имеющиеся данные с данными, которые получили другие авторы при лечении аналогичных пациентов с использованием чрескостного остеосинтеза. Поиск литературы по теме диссертации осуществляли в базе данных PubMed и электронной национальной библиотеке eLIBRARY. Глубина поиска составила 15 лет.

2.6. Метод статистического анализа

В ходе проведенной работы исследования проводились на разных выборках, в результате чего нам требовались разные статистические методы обработки данных. Для анализа мы использовали программную систему STATISTICA for Windows (версии 6.0 и 9.0).

При анатомическом исследовании величины смещения мягких тканей, при анализе рентгенограмм (в боковой проекции) в поисках референтных значений анатомических осей пяточной, первой плюсневой кости, коэффициентов искомых расстояний и экспериментальном исследовании из полученных значений были сформированы большие массивы данных, которые обрабатывали статистически. Сравнение изучаемых отклонений выполнялось по принципу анализа связанных выборок с помощью критерия знаков, критерия Вилкоксона и критерия Фридмана.

Сравнение количественных параметров (возраст, значения референтных линий и углов, длительность коррекции, продолжительность фиксации, общий период остеосинтеза, индексы фиксации и остеосинтеза, данные опросников и полученные в ходе лечения осложнения и др.) в исследуемых группах осуществлялось с использованием непараметрических критериев Манна – Уитни,

медианного хи-квадрат и модуля ANOVA (Реброва О.В., 2002; Юнкеров В.И., 2005).

При сравнении двух групп параметров и для уверенной интерпретации полученных сравнений мы основывались на общепринятой в медицине величине $p < 0,05$. И, соответственно, уверенные выводы о наличии или отсутствии достоверных различий делали в том случае, если мы имели одинаковые результаты по всему множеству применявшихся критериев, что позволяло говорить об их устойчивости (Реброва О.В., 2002; Юнкеров В.И. и др., 2005). Для визуализации сравнительного и статистического анализа нам служили диаграммы или блочные графики.

ГЛАВА 3

ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕСТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЧРЕСКОСТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОСТИ СТОПЫ

В данном разделе представлены результаты топографо-анатомического исследования. Раздел состоит из морфологической части – критерии определения «позиций запрета» и «позиций доступности», и экспериментальной части – критерии определения «рекомендуемых позиций».

3.1. Обоснование «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов через стопу

При определении количества уровней, необходимых для исследования, мы взяли за основу методику определения «рекомендуемых позиций» на длинных трубчатых костях, использованную в работах Д.А. Мыкало (2007), Р.Е. Инюшина (2008), М.В. Андрианова (2007), П.Н. Кулеша (2007), выполненных в РНИИТО им. Р.Р. Вредена. Однако длинные трубчатые кости охватывают весь сегмент между проксимальными и дистальными суставами, и если распределение сегмента на 8 уровней для них являются достаточными, то для костей стопы это правило неприемлемо, так как стопа имеет 26 костей (исключая добавочные и сесамовидные) и 22 сустава. Исходя из этого, в нашу задачу входило распределить уровни на стопе таким образом, чтобы в них попали все кости скелета стопы. Было определено, что минимально достаточным количеством уровней в поперечной плоскости стопы является 14 (рис. 3.1 а). Ногтевые и средние фаланги пальцев при исследовании брались за один уровень, основные фаланги охватывали два уровня. Так как основная фаланга первого пальца имеет значительно бóльшую длину в сравнении с основными фалангами других пальцев, она была разделена на 3 уровня. Уровни V, VIII и IX должны быть расположены не параллельно другим уровням, а скошено. Это связано с

особенностями ориентации плюснефаланговых и плюснепредплюсневых суставов. Кости предплюсны расположены в двух уровнях: ряд клиновидных костей в пределах уровня IX, а последующая ладьевидная кость – в пределах уровня X. Так как кубовидная кость своей длиной перекрывает все клиновидные и ладьевидная кости, то на нее приходится два уровня: IX и X. Пяточную кость, с учетом анатомического расположения сосудов и нервных стволов, было решено разделить на 4 уровня, в три из которых попадает также таранная кость.

Так как в области нахождения таранной и пяточной костей имеется подтаранный сустав, плоскость которого имеет острый угол к горизонтальной плоскости и вертикально идущие сосудисто-нервные пучки и сухожилия, возникла необходимость в исследовании дополнительных косых уровней. Мы определили, что достаточным количеством является 3 косых уровня (рис. 3.1 б).

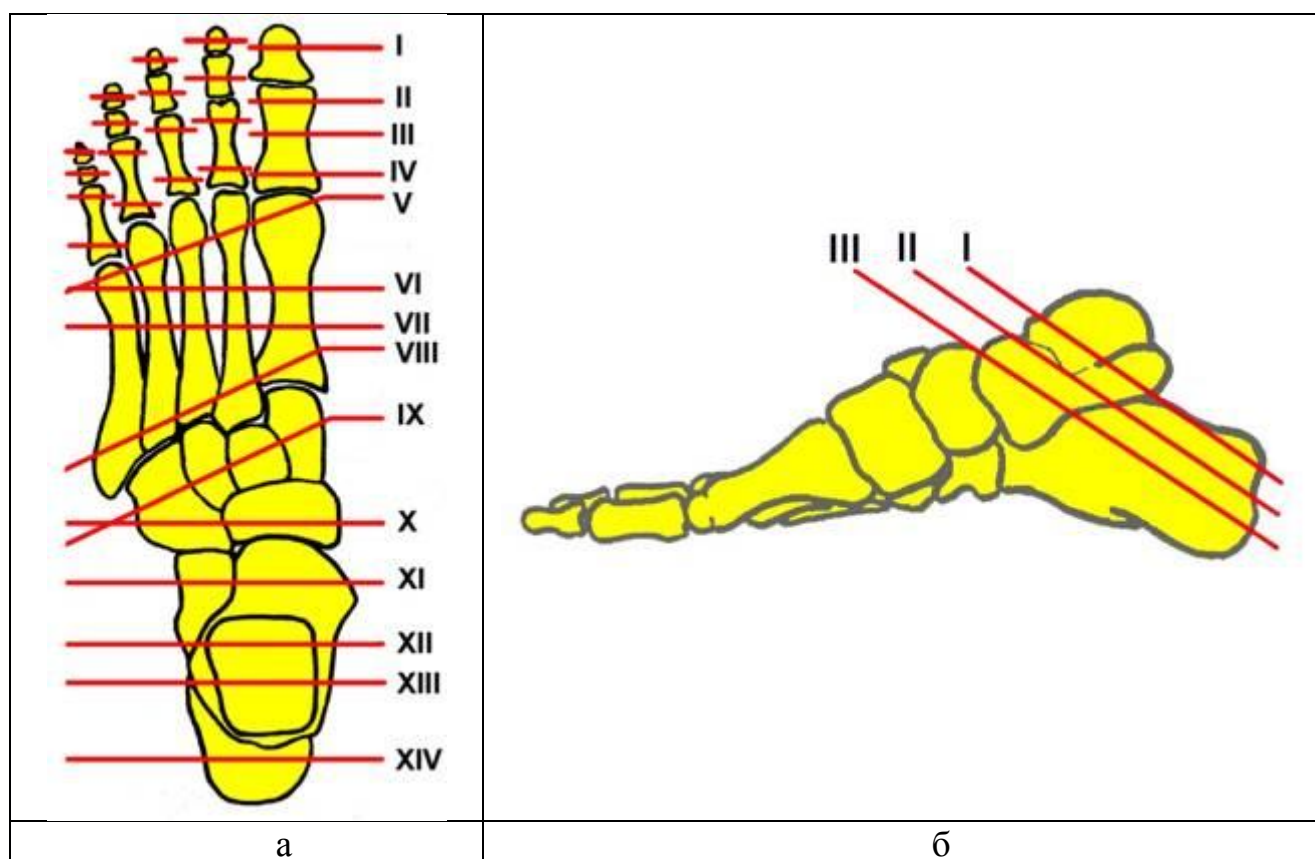


Рис. 3.1. Деление стопы на уровни: а – поперечные, б – косые

Для обозначения позиций, подлежащих изучению, использовали метод унифицированного обозначения чрескостных элементов (см. главу 2, п. 2.2). В проекции каждой позиции на замороженных срезах проводилось исследование

расположения сосудов и нервов, а на нефиксированном анатомическом препарате – смещаемости мягких тканей.

Для изучения каждой конкретной позиции (например, позиции 6), дополнительно были проанализировали секторы, состоящие из примыкающих 1/2 секторов соседних позиций (то есть, для сектора позиции 6 изучаемый сектор охватывал 1/2 сектора между позициями 5 и 6 и 1/2 сектора между позициями 6 и 7 – рис. 3.2.). Если в изучаемую зону (сектор) попадал крупный сосуд или нерв, то позиция 6 являлась «позицией запрета», так как проведение в нее чрескостного элемента может вызвать повреждение этих структур. При отсутствии в данном секторе сосудисто-нервных пучков позицию определяли как «позицию доступности».

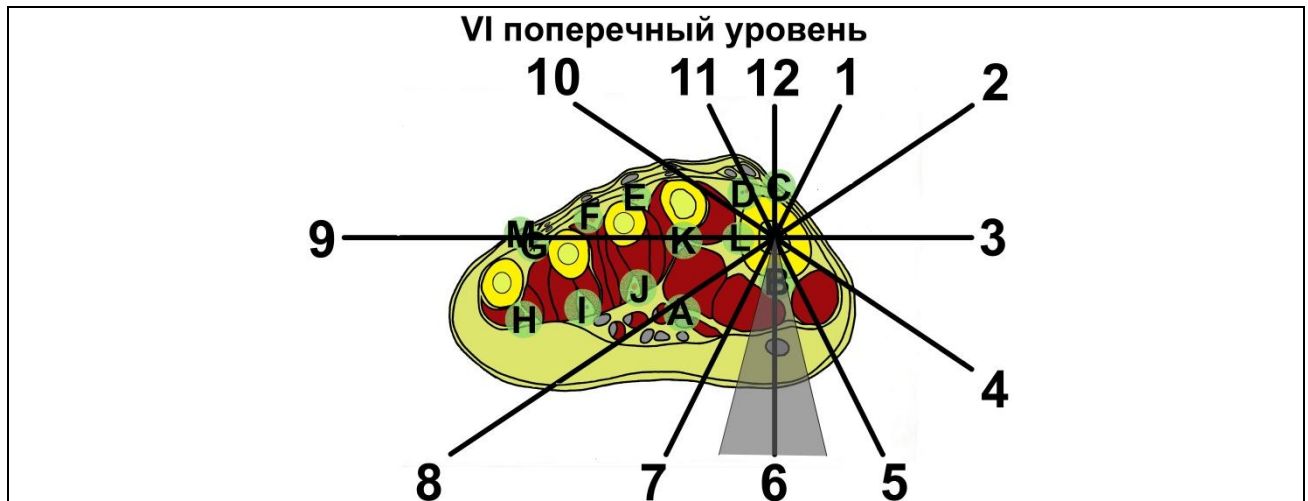


Рис. 3.2. Зона топографо-анатомических исследований позиции 6 – сектор серого цвета между серединой позиций 5 и 6 и серединой позиций 6 и 7

Далее проводилось функциональное исследование: в пределах каждой позиции исследовали смещение мягких тканей при движениях в суставах (п. 2.1, рис. 2.2.3). Если смещение превышало 1 см, то для проведения чрескостного элемента данная позиция является неблагоприятной из-за риска развития инфекционного воспаления или трансфиксационной контрактуры. Позиции доступности, в которых смещение мягких тканей не превышало допустимых значений, были обозначены нами как «рекомендуемые позиции».

Исследование объема смещения мягких тканей проводилось выборочно. Так, уровни пальцев (I и II), а также уровни пяточной кости (XIII-XIV) не были

включены в исследование, т.к. на этом промежутке стопы смещаемых мягких тканей нет или их количество настолько незначительно, что объемом их смещения можно пренебречь (рис. 3.3).

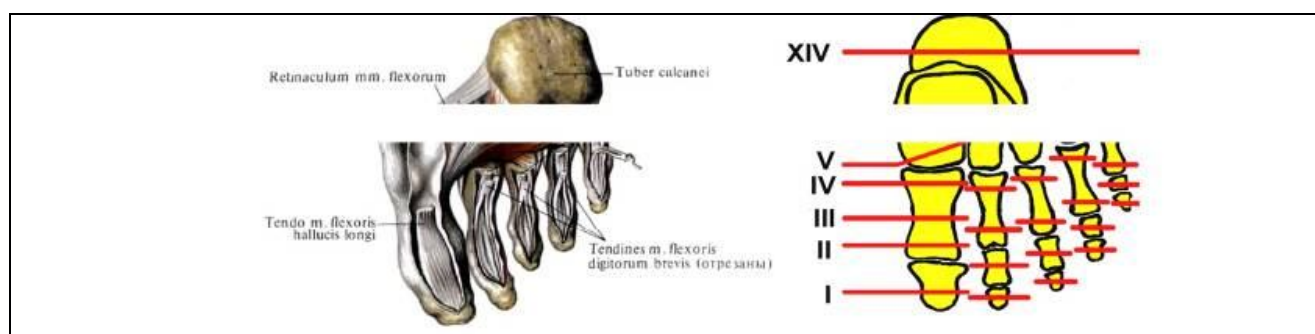


Рис. 3.3. Рисунок из атласа анатомии человека (Синельников Р.Д., 1996) и схема: уровни I, II и XIV, где нет значимой подвижности мягкотканых структур

Кроме этого учтено, что анатомически на протяжении плюсневых костей мышцы подошвенной области стопы разделяются на три группы (рис. 3.4), которые заключены в три фасциальных ложа и располагаются продольно. Следовательно, уровни плюсневых костей (V, VI, VII и VIII) предположительно будут иметь примерно одни и те же величины смещения, поэтому нами проведено исследование только на уровне VI, который является наиболее используемым при фиксации чрескостных элементов.

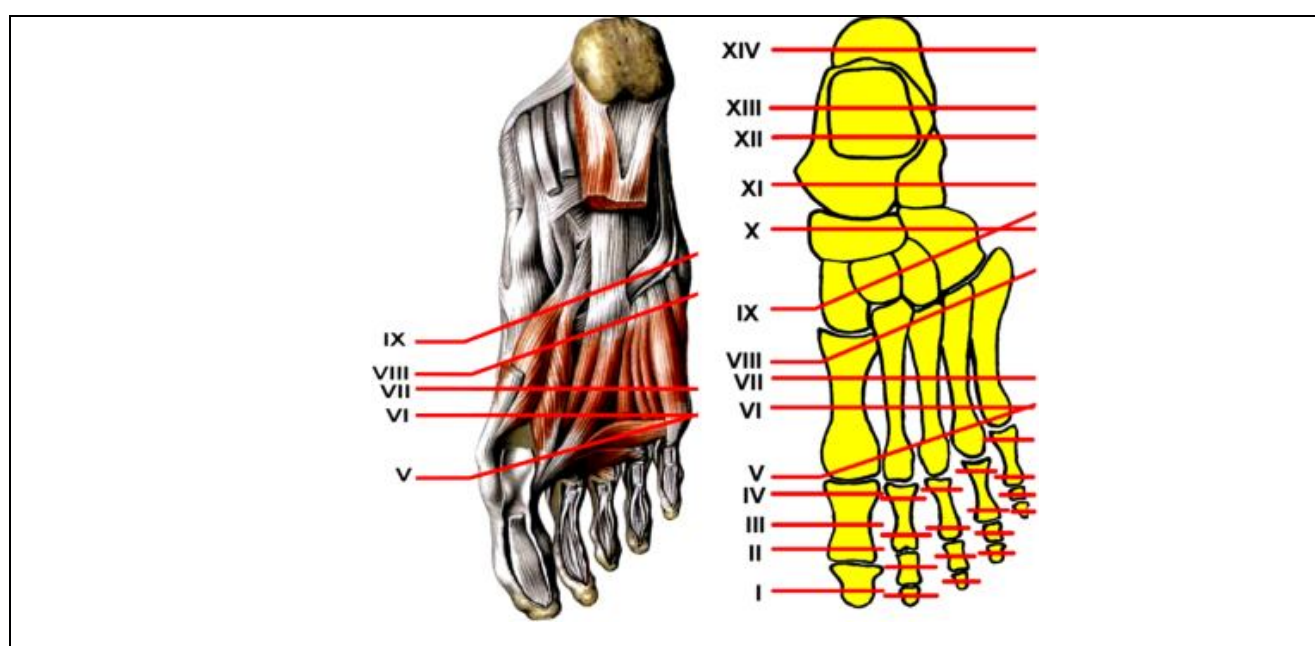


Рис. 3.4. Рисунок мышц стопы из атласа анатомии человека (Синельников Р.Д., 1996) и схема продольного расположения мышц на уровне плюсневых костей (уровни VI–VII)

Для удобства ознакомления все полученные при исследовании результаты были перерисованы и графически отображены в виде схем, построенных от центра каждой кости на всех 14 поперечных и трех косых уровнях (см. приложение 1). Однако в данной главе для представления методического подхода и характера выполненной работы будут изложены обоснования «рекомендуемых позиций» на наиболее значимых для чрескостного остеосинтеза уровнях: VI, IX, X, XI и косой уровень II (примеры приводятся на наиболее медиально расположенных костях: I плюсневая, медиальная клиновидная, ладьевидная кости, а также в проекции шейки таранной и суставного отростка пяточной костей).

3.1.1. Обоснование «рекомендуемых позиций» для 1–5-го пальцев, уровни I–V

Для наглядности в качестве примеров мы представили срезы на первом и втором пальцах (рис. 3.5). Так как уровень I приходится на середину ногтевых фаланг 1–5-го пальцев (рис. 3.1 а), а кровоснабжение тканей осуществляется мельчайшей концевой сетью артерий, то позиции запрета для проведения чрескостных элементов здесь отсутствуют (рис. 3.5 а-б). Однако наличие по тыльной поверхности ногтевых пластинок характеризует позиции 1, 2, 10, 11, 12 как относительно неблагоприятные для проведения чрескостных элементов.

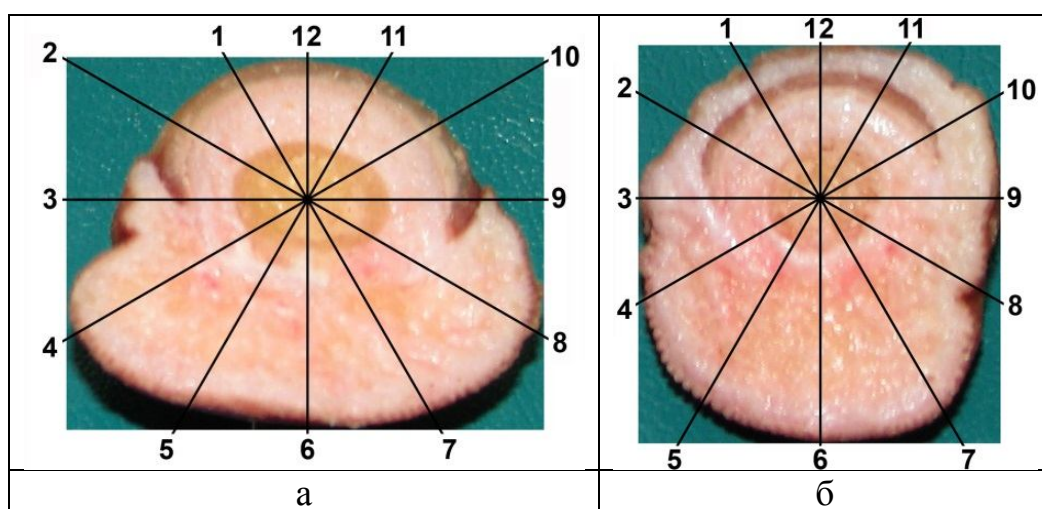


Рис. 3.5. Поперечные распилы первого и второго пальцев левой стопы, уровень I: а – первый палец с позициями, б – второй палец с позициями

Уровень II проходит по головке основной фаланги первого пальца и по головкам средних фаланг 2-5-го пальцев (рис. 3.1 а, 3.6). На этом уровне сохраняются собственные пальцевые сосуды и нервы. Поэтому здесь возникает необходимость выделения позиций запрета для проведения чрескостных элементов. Так же на этом уровне прослеживаются сухожилия длинного сгибателя первого пальца и длинного сгибателя пальцев. Таким образом, если рассматривать уровень II при необходимости фиксации чрескостными элементами, вся окружность средней фаланги доступна, кроме позиции.

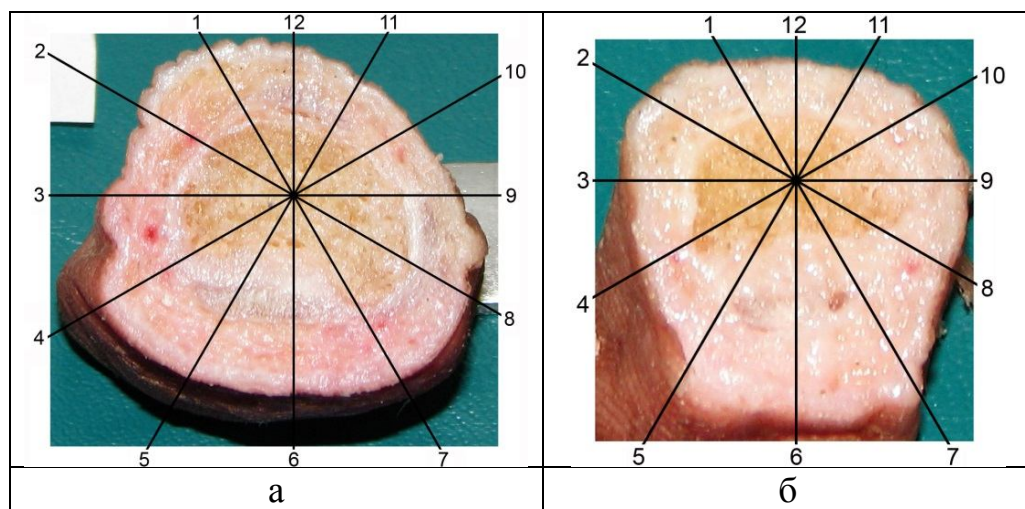


Рис. 3.6. Поперечные распилы первого (а) и второго (б) пальцев левой стопы, уровень II

Уровни III-IV пересекают, соответственно, середину и основание основной фаланги первого пальца, а также середины и основания основных фаланг 2-5-го пальцев (рис. 3.1 а). На этом уровне диаметр сосудов и нервов, окружающих фаланги, имеют довольно крупный диаметр, и их повреждение уже приведет к более серьезным последствиям, а вследствие этого «позиций запрета» становится больше. С тыльной и подошвенной поверхностей к костям прилегают сухожилия разгибателей и сгибателей соответственно (рис. 3.7 а-б). Поскольку прохождение чрескостного элемента через сухожилие может привести к постоянной травматизации при движении в суставах пальцев и вызвать такие осложнения, как фиксационную контрактуру или инфекционное воспаление, то их наличие, в свою очередь, ограничивает доступ к кости для проведения чрескостных элементов.

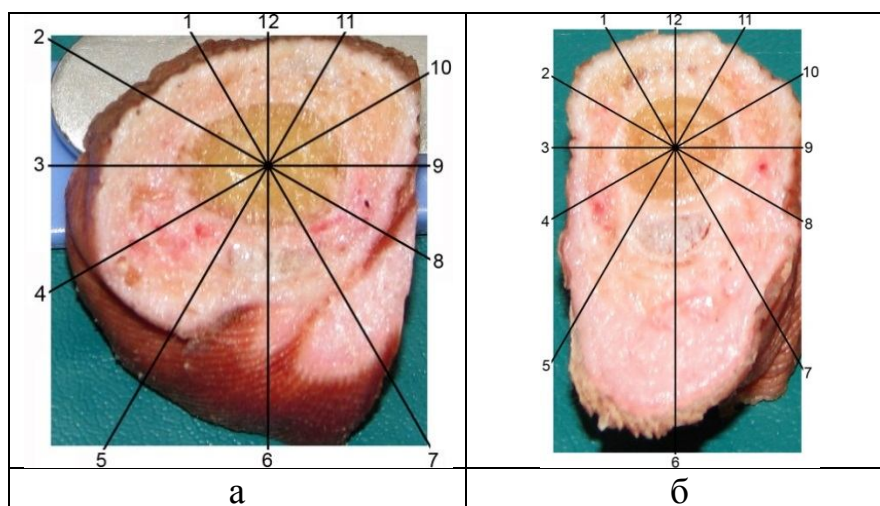


Рис. 3.7. Поперечные распилы в области головок основных фаланг первого (а) и второго (б) пальцев левой стопы (уровень III)

Кости стопы на уровне IV и проксимальнее его представляют единый блок, окружены кожей, подкожно-жировой клетчаткой, фасцией и связочным аппаратом (рис 3.8 а-б). Сосудисто-нервные пучки представлены как собственно пальцевыми, так и общепальцевыми артериями, венами и нервами, их диаметр увеличивается до 1–1,5 мм. Как следствие, при рассмотрении двенадцати позиций к костям стопы «позиций запрета» становится больше (в сравнении с предыдущими уровнями). Это же касается и наиболее смещаемых структур, к которым на этом уровне относятся сухожилия. На этом уровне сухожилия покрывают большую площадь кости, так как становятся распластанными – разгибательный аппарат у основания пальца в поперечнике более широкий, а сгибатели представлены тремя сухожильными пучками: две ножки сухожилие короткого сгибателя и сухожилие длинного сгибателя. Таким образом, площадь «недоступности» для проведения чрескостных элементов у основания пальцев довольно значительная, и «рекомендуемые позиции» для проведения чрескостных элементов в кости стопы весьма ограничены.

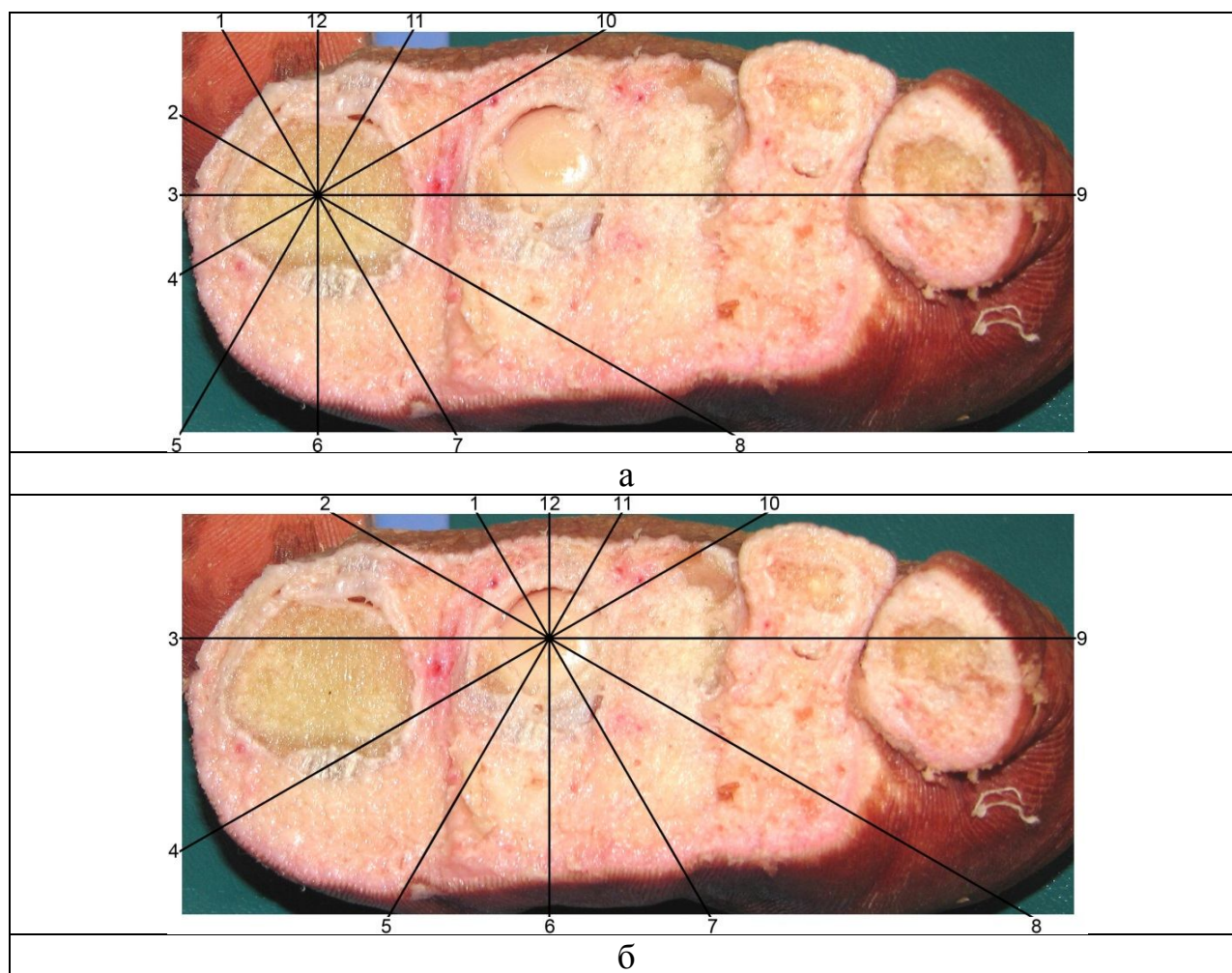


Рис. 3.8. Поперечные распилы по основаниям пальцев левой стопы (уровень IV): а – первая плюсневая кость с проведенными через центр позициями; б – вторая плюсневая кость с проведенными через центр позициями

Уровень V проходит через головки плюсневых костей (рис. 3.9). На этом уровне появляются тыльные и подошвенные плюсневые артерии, вены и нервы довольно крупного диаметра, которые окружают кости стопы, что еще больше ограничивает доступ для проведения ЧЭ в кости.

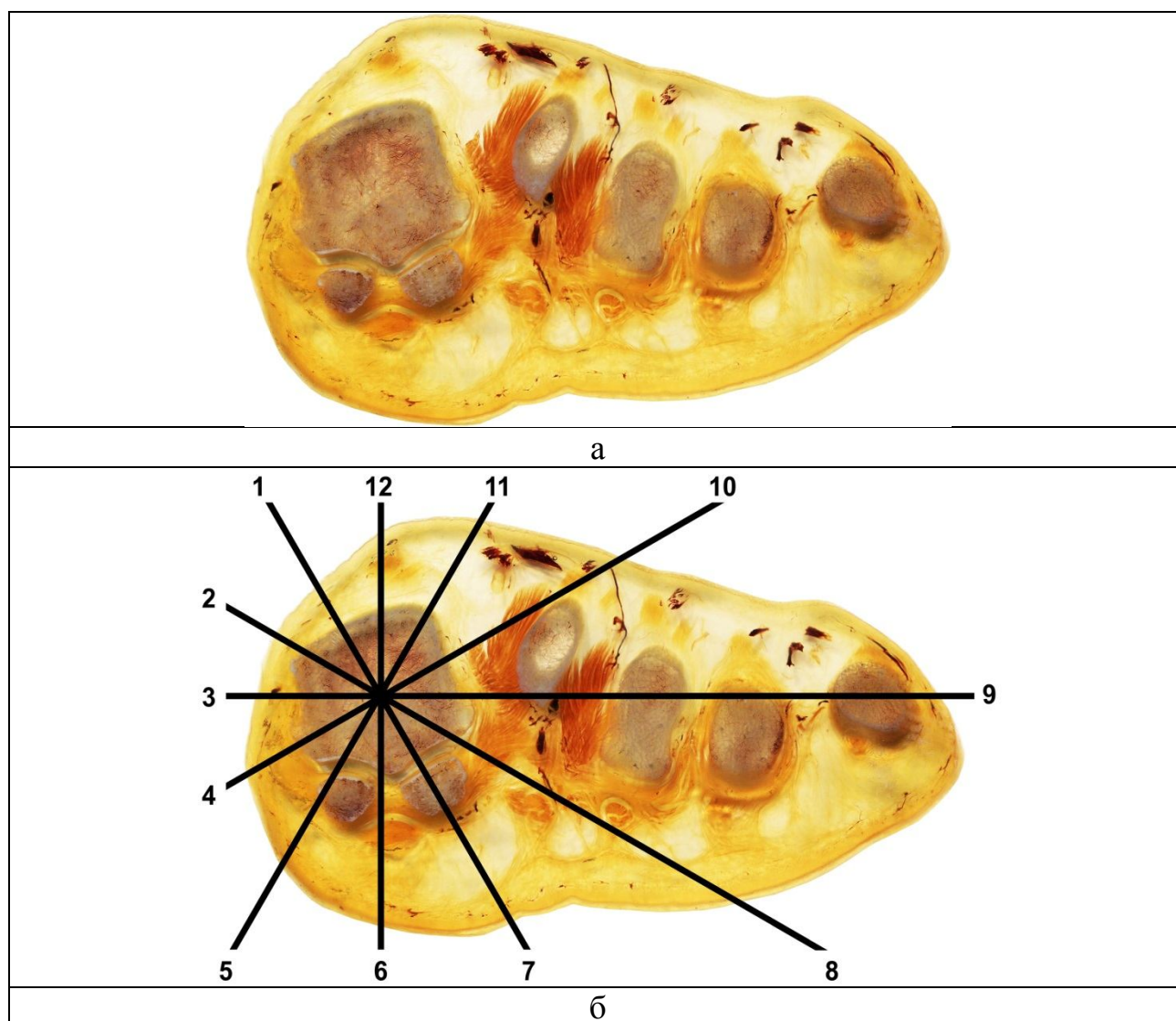


Рис. 3.9. Поперечный распил левой стопы по субкапитальной зоне плюсневых костей (уровень V): а – скан пластинированного распила; б – первая плюсневая кость с проходящими через нее позициями

На разных пальцах это приводит к 3–9 «позициям запрета» из двенадцати. С учетом располагающихся на тыле стопы сухожилий разгибателей пальцев, а со стороны подошвы сухожилий собственных сгибателей 1-го пальца, длинных и коротких сгибателей со второго по пятый пальцы, создаются относительно неблагоприятные условия для проведения чрескостных элементов. Позиций, которые мы можем отметить как рекомендуемые, остается не очень много: от двух до четырех (см. приложение 1).

3.1.2. Обоснование «рекомендуемых позиций» для I–V плюсневых костей, уровень VI

Уровень VI, как нами было уже отмечено, наиболее часто используется для фиксации костей переднего отдела стопы в аппаратах внешней фиксации, поэтому мы рассмотрим его более детально. Аналитическая программа включала фотографирование распила и составление в графическом редакторе принципиальной схемы с точным переносом всех структур среза (рис. 3.10).

На этом уровне располагаются головка 1-й плюсневой кости и субкапитальные зоны 2-5-х плюсневых костей (см. рис. 3.1 а). На данном уровне проходят собственно пальцевые сосуды и нервы, плюсневые тыльные и подошвенные сосуды и нервы, отдельно располагаются глубокие медиальные подошвенная артерия и вены; истоки большой подкожной вены, глубокий малоберцовый нерв; малая подкожная вена и тыльно-латеральная ветвь кожного нерва (рис. 3.10).

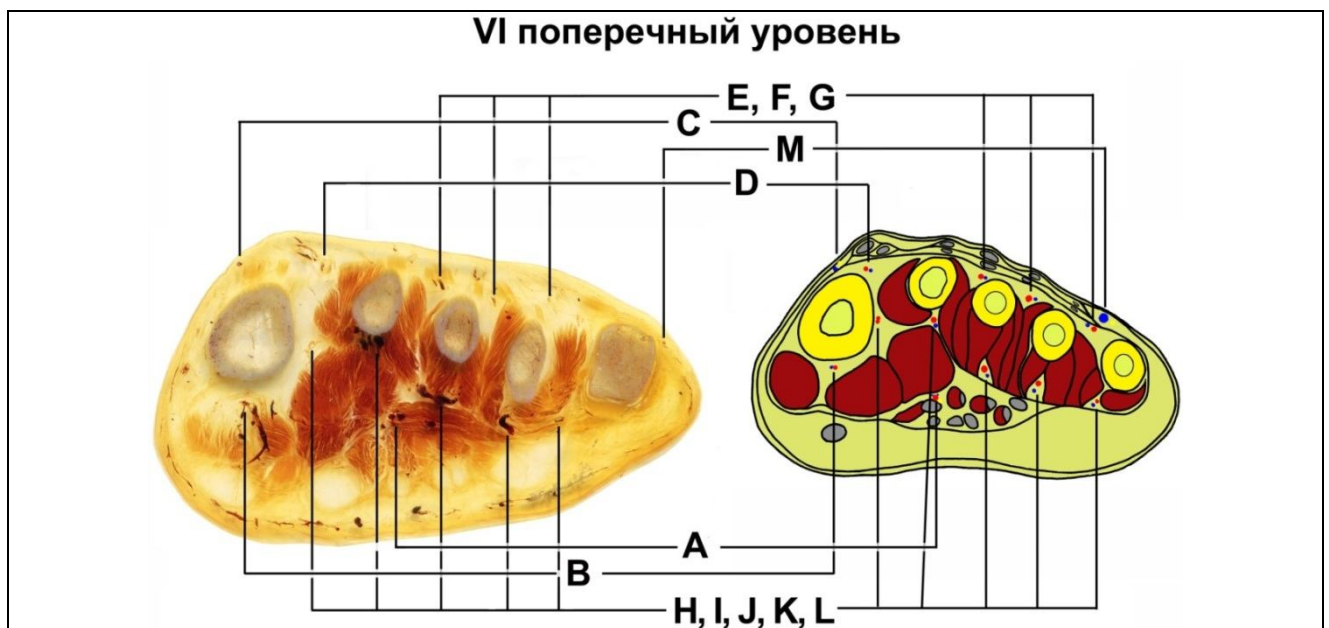


Рис. 3.10. Цифровое фото и его принципиальная топографо-анатомическая схема гистотопогаммы поперечного распила стопы на уровне субкапитальной зоны плюсневых костей (уровень VI): А – *a. et vv. plantaris medialis profundis, n. digitalis plantaris communis*; В – *a. et vv. plantaris medialis superficialis, n. digitalis plantaris proprius*; С – *v. saphena magna, n. saphenous*; D – *a. metatarsalis dorsalis I, n. peroneus profundus*; E, F, G – *aa. et vv. metatarsales dorsales*; H, I, K, L – *aa. et vv. metatarsales plantares, nn. digitales plantares communes*; M – *v. saphena parva, n. cutaneus dorsalis lateralis*

Такое большое количество сосудов и нервов обуславливает большое количество «позиций запрета»: от 4–5 до 8.

Так, если взять в качестве примера первую плюсневую кость и окружающие ее сосуды, видно, что позиции 8 и 9 будут наиболее неблагоприятны, так как на позиции 8 расположены *aa. et vv. prof. plantaris mediales et vv., nn. digitales plantares communi*; а на позиции 9 *aa. et vv. metatarsales dorsales* и *n. digitales plantares communi* (рис. 3.11).

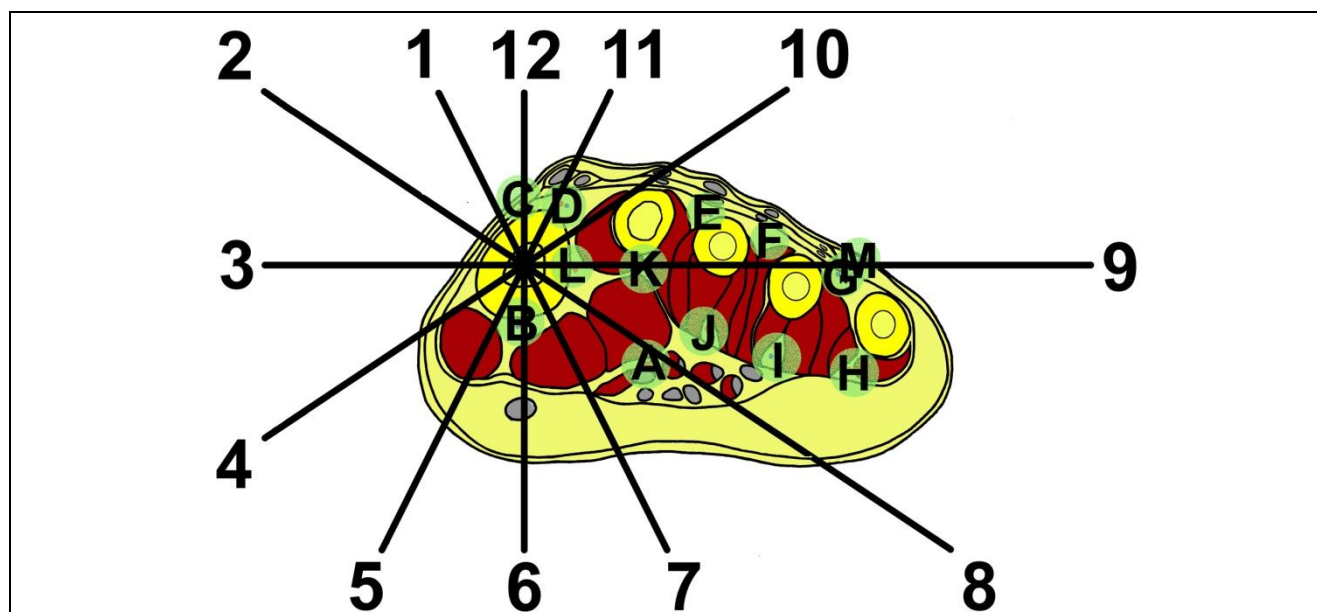


Рис. 3.11. Схема поперечного распила через плюсневые кости (уровень VI). Распределение сосудов и нервов по 12 позициям, проходящим через центр первой плюсневой кости: А – *a. et vv. plantaris medialis profundus, n. digitalis plantaris communis*; В – *a. et vv. plantaris medialis superficialis, n. digitalis plantaris proprius*; С – *v. saphena magna, n. saphenous*; D – *a. metatarsalis dorsalis I, n. peroneus profundus*; E, F, G – *aa. et vv. metatarsales dorsales*; H, I, K, L – *aa. et vv. metatarsales plantares, nn. digitales plantares communes*; М – *v. saphena parva, n. cutaneus dorsalis lateralis*

При распределении всех 12 позиций от центра первой плюсневой кости мы получили следующее положение сосудов и нервов соответственно 12 позициям: 1–5, 7 – отсутствие сосудов и нервов; 6 – *r. superficialis a. plantaris med. et vv., n. digitalis plantaris proprius, tendo m. flexor hallucis longus*; 8 – *a. profundus plantaris medialis et vv., n. digitalis plantaris communis*; 9 – *aa. metatarsalis dorsalis et vv., n. digitalis plantaris communis*; 10 – *aa. metatarsales dorsales et vv.*; 11 – *aa. metatarsalis*

dorsalis I, n.peroneus profundus; 12 – *v. saphena magna, n. safenus*. Таким образом, в зависимости от особенностей распределения сосудов и нервов в плоскости поперечного распила среднего отдела стопы на уровне VI мы распределяем позиции доступности и позиции запрета следующим образом: «позиции запрета» – 6, 8, 9, 10, 11, 12; «позиции доступности» – 1, 2, 3, 4, 5, 7.

Кроме большого количества располагающихся на этом уровне сосудов и нервов, здесь же можно отметить гораздо большее количество мягких тканей, имеющих значительную подвижность. Для исследования объема смещения мягких тканей в соответствии с каждой позицией для разных костей нами проведены эксперименты с использованием устройства (глава 2, пункт 2.3) (рис.3.12).

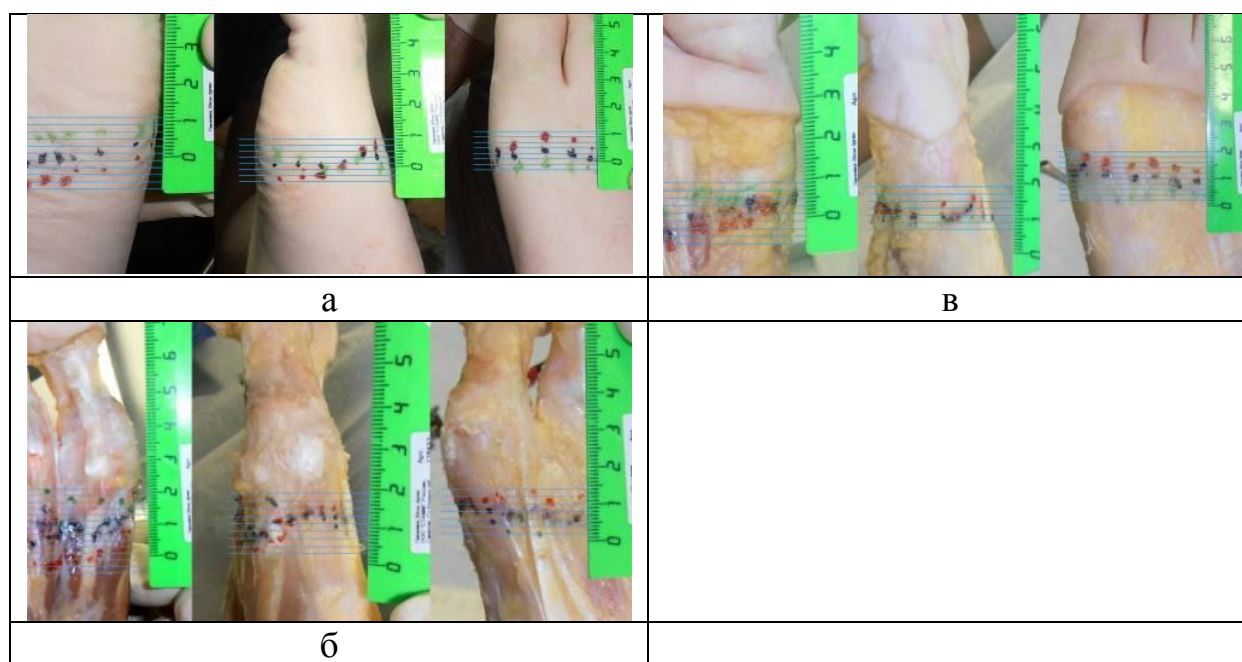


Рис. 3.12. Измерение величины смещения мягких тканей, оцениваемой на разных секторах от центра первой плюсневой кости (уровень VI): а – смещение кожи, б – смещение фасции, в – смещение мышц

Первым этапом исследовалось смещение кожи (рис. 3.11а). Затем кожу отсепаровывали и проводили аналогичное измерение смещаемости фасций (рис. 3.11 б). На завершающем этапе проводилось исследование объема смещения сухожилий и мышц (рис. 3.11 в). В результате проведенного исследования мы выяснили амплитуду смещения всех слоев мягких тканей при движении в

суставах стопы и голеностопного сустава по всем 12 позициям (относительной центра первой плюсневой кости). Полученные данные были обработаны при помощи программы Statistica 6.0 и отражены в виде диаграммы (рис. 3.13).

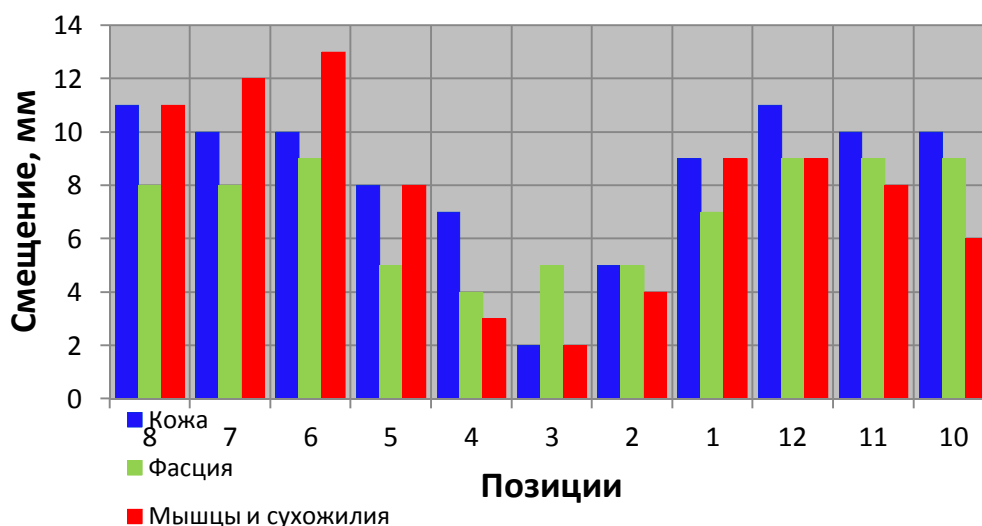
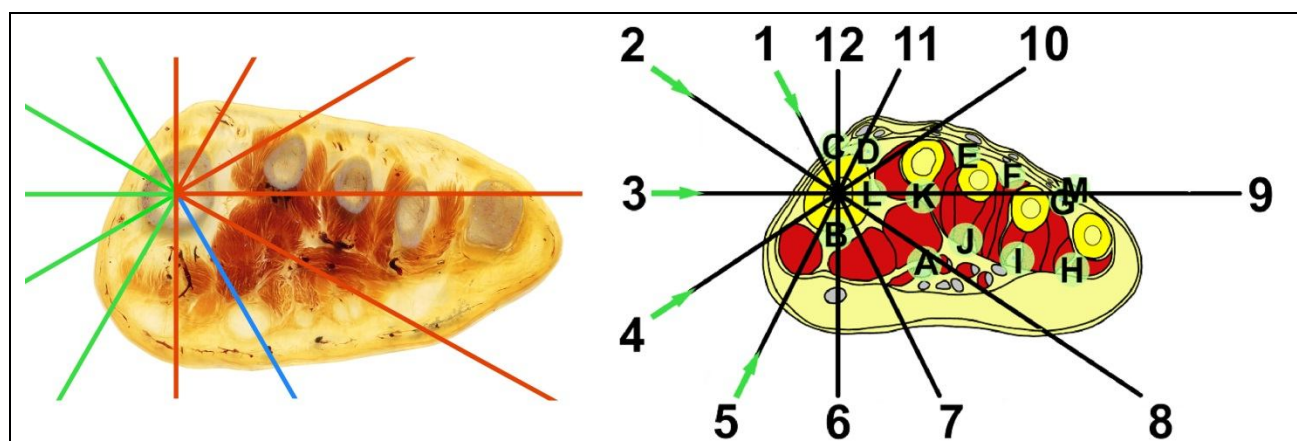


Рис. 3.13. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне VI стопы (первая плюсневая кость)

Выяснено, что смещение всех слоев мягких тканей вокруг первой плюсневой кости на уровне VI превышает 1 см в позициях 6, 7, 8, 12. То есть, данные позиции менее благоприятны для проведения чрескостных элементов. Если взять в качестве «позиций доступности» 1, 2, 3, 4, 5, 7 и из них исключить полученные позиции со смещением, превышающим 1 см, то оставшиеся позиции 1, 2, 3, 4, 5 являются наиболее благоприятными, то есть могут быть рекомендованы для проведения через них чрескостных элементов (рис. 3.14).



Metatarsus 1

Уровень VI

Позиции запрета (оранжевый цвет): 6,8,9,10,11,12

Позиции доступности (голубой цвет): 1,2,3,4,5,7

Рекомендуемые позиции (зеленый цвет): 1,2,3,4,5

Рис. 3.14. Уровень VI: отображение позиций, рекомендованных для проведения чрескостных элементов в первую плюсневую кость (позиции с зелеными стрелками)

Важно отметить, что наибольшие величины смещаемости мягких тканей на уровне VI приходятся на подошвенную поверхность стопы. Это связано с тем, что на ней имеется большое количество мышц и сухожилий, проходящих между ними и фасциальными футлярами. Эти анатомические структуры при сгибании и разгибании в межфаланговых и плюснефаланговых суставах очень мобильны. Напротив, по тыльной стороне стопы на этом уровне сухожилия смещаются не на столь большую величину; большей подвижностью обладает фасциальный аппарат. Наименьшее смещение мягких тканей на этом уровне отмечается с латеральной и медиальной сторон стопы и составляет в большинстве позиций 2–4 мм, что обусловлено полным отсутствием здесь мышц и сухожилий.

3.1.3. Обоснование «рекомендуемых позиций» для I–V плюсневых костей, уровни VII–VIII

Поперечные распилы на уровнях VII–VIII приходятся на плюсневые кости. Эти уровни реже используют для проведения чрескостных элементов, так как расстояние между проксимальной и дистальной опорами очень короткое, и установить репозиционные узлы достаточно сложно.

Как известно, кровоснабжение на уровнях VII–VIII происходит следующим образом: *a. dorsalis pedis* распадается на две ветви: *a. arcuata* располагается на тыле в проекции основания плюсневых костей. На уровне VIII, а в некоторых случаях на уровне IX, от нее отходят *aa. metatarsae dorsales*, прободающие ветви и *ramus plantaris profundus*. Последняя проходит между первой и второй плюсневыми костями и соединяется с *a. plantaris profunda*. От *a. tibialis posterior* в *canalis plantaris* отходят крупные артерия и вены: *a. et vv. plantares lateralis et medialis* и одноименные нервы, которые проходят в футлярах подошвы, образуя *arcus plantaris*. Артериальная сеть располагается так же на уровне VIII, на уровне основания плюсневых костей с подошвенной стороны. От подошвенной дуги соответственно отходят *aa. metatarsae plantares*, идущие со стороны подошвы в промежутках между плюсневыми костями. Артерии сопровождают одноименные вены. Кроме этого, здесь же располагаются истоки *v. saphena magna*, проходят 2 крупные вены: *v. marginalis medialis* и *v. marginalis lateralis*.

Все перечисленные сосуды очень крупные, и их повреждение может привести к значительному кровотечению. Кроме сосудов в этом сегменте распределяется большое количество крупных нервных стволов: *n. digitalis plantaris communis*, *n. digitalis plantaris proprius*, *n. saphenus*, *n. peroneus profundus*, *n. cutaneus dorsalis lateralis*, которые тоже становятся препятствием для проведения чрескостных элементов. Таким образом, кости плюсны на этих уровнях имеют большое число «позиций запрета» (см. приложение 1), количество которых составляет обычно 5–6 (от 2–3 – на пятой плюсневой кости, до 7–8 на третьей и четвертой плюсневых костях).

На этих уровнях имеется значительное количество мягких тканей, подвижность которых также ухудшает условия для фиксации чрескостных элементов: с тыльной стороны располагаются сухожилия длинных и коротких разгибателей пальцев, с подошвенной стороны располагаются собственные мышцы и сухожилия большого пальца (*caput obliquum m. adductor hallucis*, *m. flexor hallucis brevis*, *m. abductor hallucis*, *tendo m. flexoris hallucis longi*), мышцы остальных четырех пальцев, в том числе и собственные мышцы 5-го пальца и

подошвы: *M. flexor digitorum brevis*, *m.interossei plantares II et III*, *m. flexor digiti minimi*, *tendo m. abductor digiti minimi*, *m.interossei dorsalis IV*, *m.interossei dorsales II et III*. Такой большой массив подвижных тканей, окружающих плюсневые кости, сильно ограничивает доступность.

Таким образом, из 12 рассматриваемых позиций на этих уровнях находятся 5–7 позиций доступности (см. приложение 1).

3.1.4. Обоснование «рекомендуемых позиций» для костей предплюсны, уровень IX

Уровень IX проходит через все три клиновидные и кубовидную кости, деля их пополам (рис. 3.1 а). Аналитическая программа включала фотографирование распила и составление в графическом редакторе принципиальной схемы с точным переносом всех структур среза (рис. 3.15).

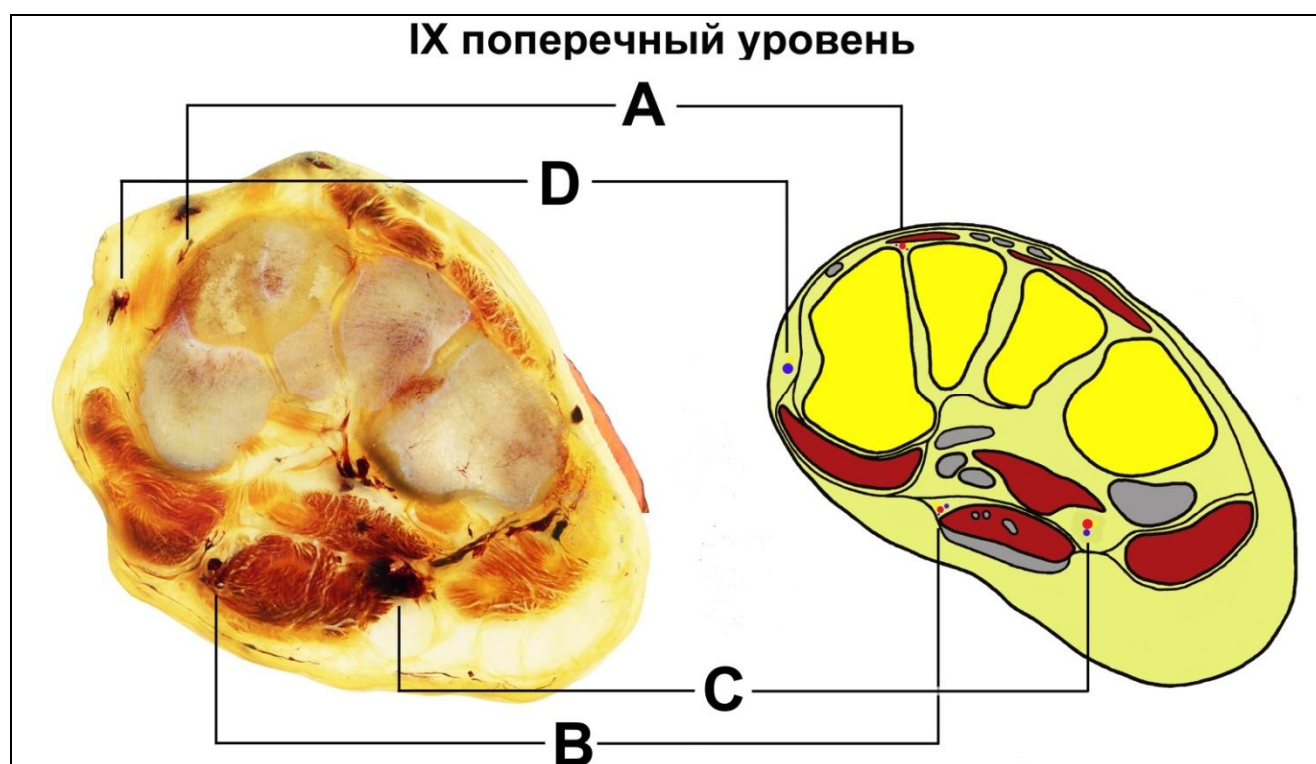


Рис. 3.15. Цифровое фото и его принципиальная топографо-анатомическая схема гистотопограммы поперечного распила стопы на уровне клиновидных и кубовидной костей (уровень IX): А – *a. et vv. dorsales pedis*, *n. peroneus profundus*; В – *a. et vv. plantares mediales*, *n. plantaris medialis*; С – *a. et vv. plantares laterales*, *n. plantaris lateralis*; D – *v. saphena magna*, *n. saphenus*

Затем от центра медиальной клиновидной кости ориентировали 12 позиций и определяли расположение сосудов и нервов. В пределах сектора каждой позиции мы определили следующие сосудисто-нервные пучки, окружающие медиальную клиновидную кость (рис. 3.16). Определены следующие сосуды и нервы, окружающие медиальную клиновидную кость по 12 позициям: в позициях 1–2, 4–6, 9–10 и 12 сосуды и нервы отсутствовали; 3 – *v. saphena magna, n. saphenus*; 7 – *a. plantaris medialis et vv., n. plantaris medialis*; 8 – *a. plantaris lateralis, n. plantaris lateralis*; 11 – *a. dorsalis pedis et vv., n. peroneus profundus*.

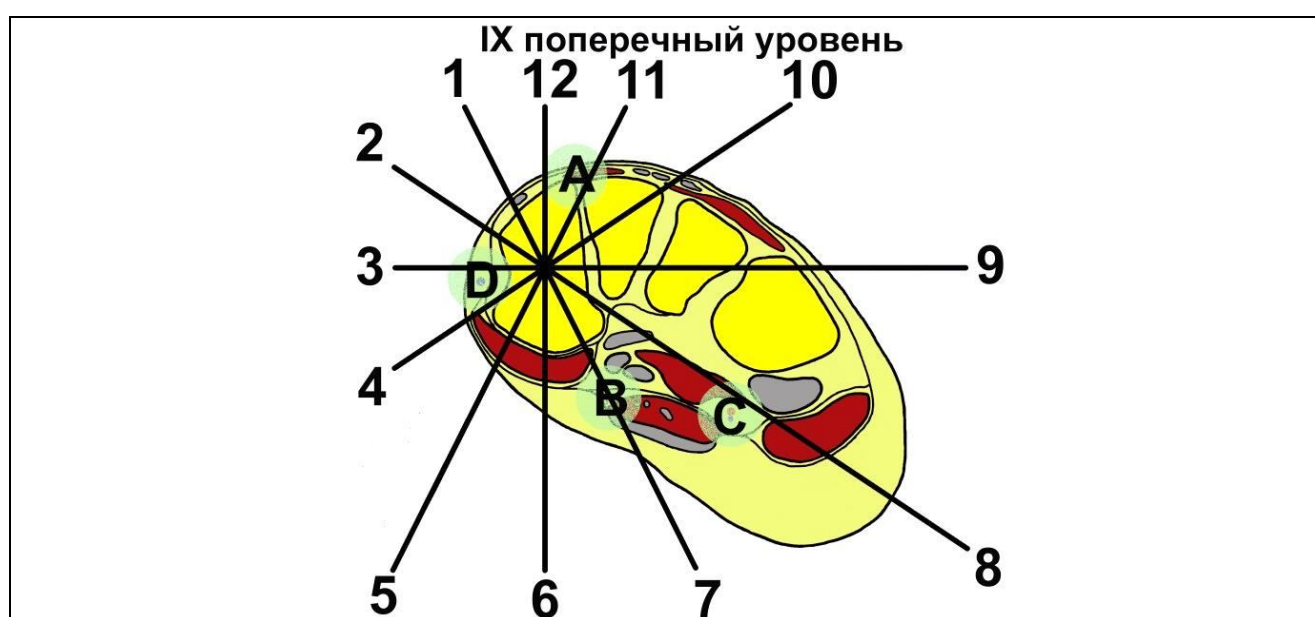


Рис. 3.16. Топографо-анатомическая схема распределения сосудов и нервов по 12 позициям, проведенным через центр медиальной клиновидной кости (уровень IX): A – *a. et vv. dorsales pedis, n. peroneus profundus*; B – *a. et vv. plantares mediales, n. plantaris medialis*; C – *a. et vv. plantares laterales, n. plantaris lateralis*; D – *v. saphena magna, n. saphenus*

Установленная топография сосудов и нервов в плоскости распила стопы дала возможность предложить «позиции доступности» – 1, 2, 4, 5, 6, 9, 12 и «позиции запрета» – 3, 7, 8, 11.

Следующим этапом исследования был эксперимент с оценкой величины смещения мягких тканей (рис. 3.17).

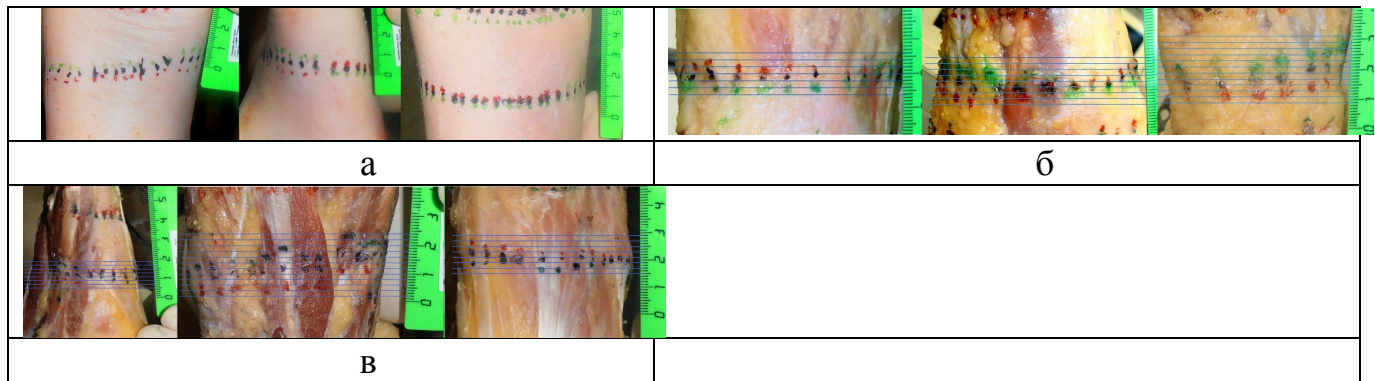


Рис. 3.17. Измерение величины смещения мягких тканей, выполненное во всех 12 позициях, проведенных в центре медиальной клиновидной кости (уровень IX)

Первым этапом исследовалось смещение кожи (рис. 3.17 а). Затем кожу отсепаровывали и проводили аналогичное измерение смещаемости фасции (рис. 3.17 б), мышц и сухожилий (рис. 3.17 в).

В результате проведенного исследования мы определили объем смещения всех слоев мягких тканей при движении в суставах стопы и голеностопного сустава по всем 12 позициям (относительно центра первой плюсневой кости). Полученные данные обработаны статистически и отражены в виде диаграммы (рис. 3.18).

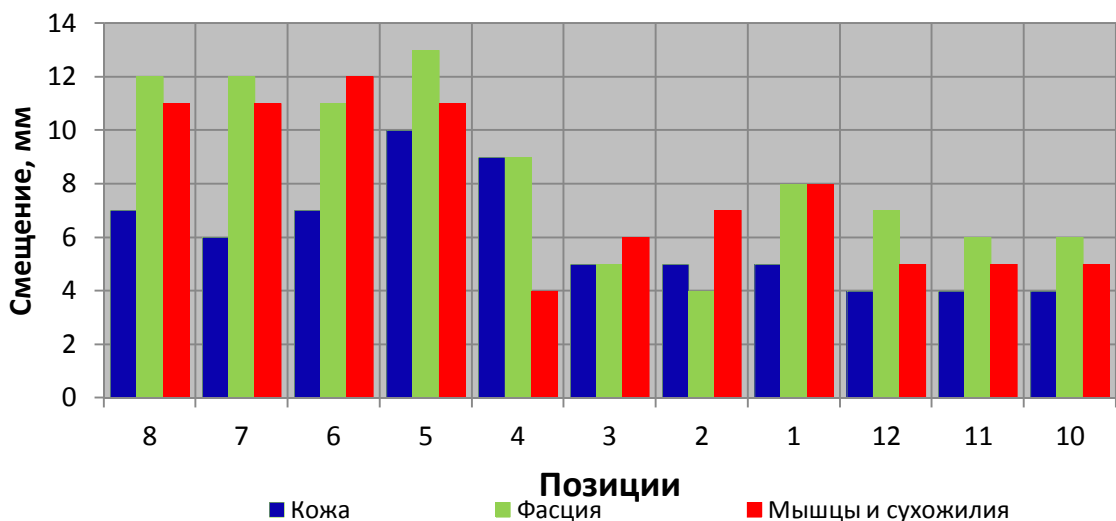


Рис. 3.18. Объем смещения мягких тканей, изученный по 12 позициям, проведенным через центр медиальной клиновидной кости (уровень IX)

Проведенное исследование показало, что смещение всех слоев мягких тканей вокруг медиальной клиновидной кости на уровне IX превышает 1 см в позициях 5, 6, 7 и 8. То есть, их нельзя рекомендовать для проведения чрескостных элементов. Если из «позиций доступности» 1, 2, 4, 5, 6, 9 и 12 исключить полученные позиции со смещением, превышающим 1 см, то оставшиеся позиции 1, 2, 4, 9 и 12 являются позициями выбора и могут быть рекомендованы для проведения через них чрескостных элементов (рис. 3.19).

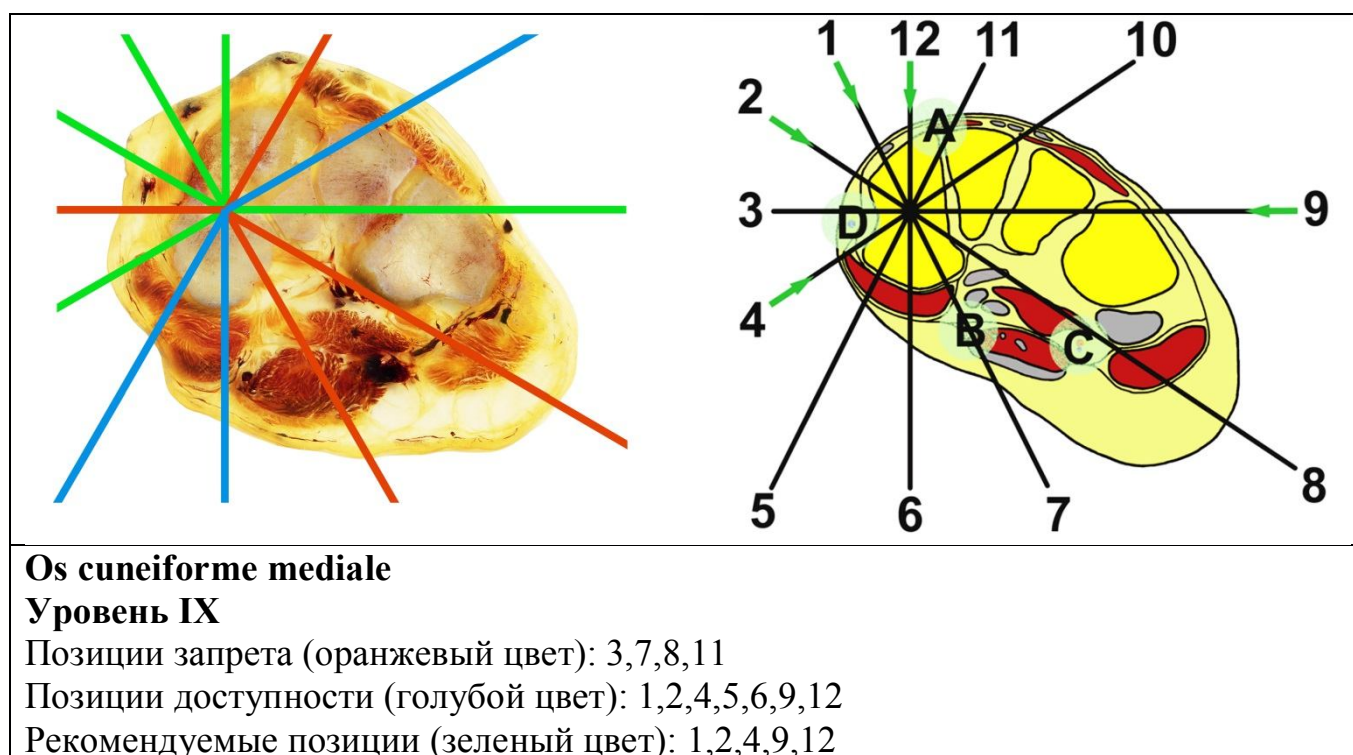


Рис. 3.19. «Рекомендуемые позиции» для проведения чрескостных элементов в первую плюсневую кость (уровень IX)

Как видно на схеме распила костей предплюсны на уровне IX, диаметр проходящих здесь сосудов довольно крупный. Здесь проходят 3 крупные артерии и сопровождающие их вены (*a. et vv. dorsales pedis*, *a. et vv. plantares mediales*, *a. et vv. plantares laterals*), *v. saphena magna* и 4 крупных нерва (*n. peroneus profundus*, *n. plantaris medialis*, *n. plantaris lateralis* и *n. saphenus*), и их расположение дает более широкие возможности для проведения чрескостных элементов. При исследовании были получены следующие «позиции доступности»: 1, 2, 4, 5, 6, 9, 12.

Наибольшую подвижность имеют мягкие ткани (мышцы и сухожилия), которые располагаются как по подошвенной, так и по тыльной поверхностям стопы. Исключив из позиций доступности те сектора, где подвижность была более 1 см, были получены «рекомендуемые позиции» 1, 2, 4, 9, 12. Аналогичное количество «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов на уровне IX было выявлено и для других костей предплюсны (см. приложение 1).

3.1.5. Обоснование «рекомендуемых позиций» для костей предплюсны, уровни X–XI

Уровень X проходит через ладьевидную и кубовидную кости, деля первую пополам, а последнюю на проксимальную 1/3 и дистальные 2/3 (рис. 3.1 а). С фотографии поперечного распила замороженного трупного препарата (рис. 3.19) перерисовывали схему с отображением топографии сосудов и нервов (рис. 3.20).

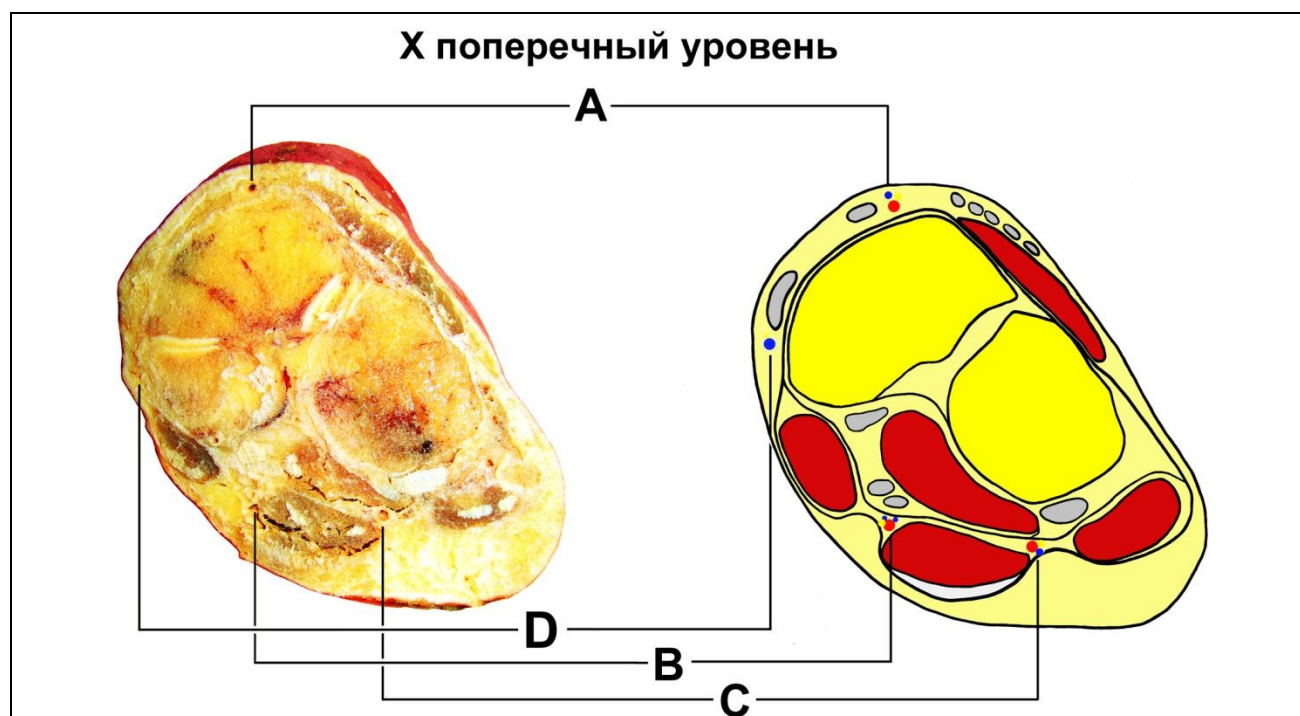


Рис. 3.20. Распил анатомического препарата и его принципиальная схема (уровень X): А – *a. et vv. dorsales pedis, n. peroneus profundus*; В – *a. et vv. plantaris medialis, n. plantaris medialis*; С – *a. et vv. plantaris lateralis, n. plantaris lateralis*; D – *v. saphena magna, n. saphenus*

Затем из центра ладьевидной кости, в проекции секторов всех 12 позиций, изучали расположение сосудов и нервов в каждом секторе (рис. 3.21). Выяснилась следующая картина в окружении ладьевидной кости: в позициях 1–5 и 8–11 сосуды и нервы отсутствовали, в позиции 6 – *a. plantaris medialis et vv., n. plantaris medialis*; 7 – *a. plantaris lateralis et vv., n. plantaris lateralis*; 12 – *a. dorsalis pedis et vv., n. peroneus profundus*.

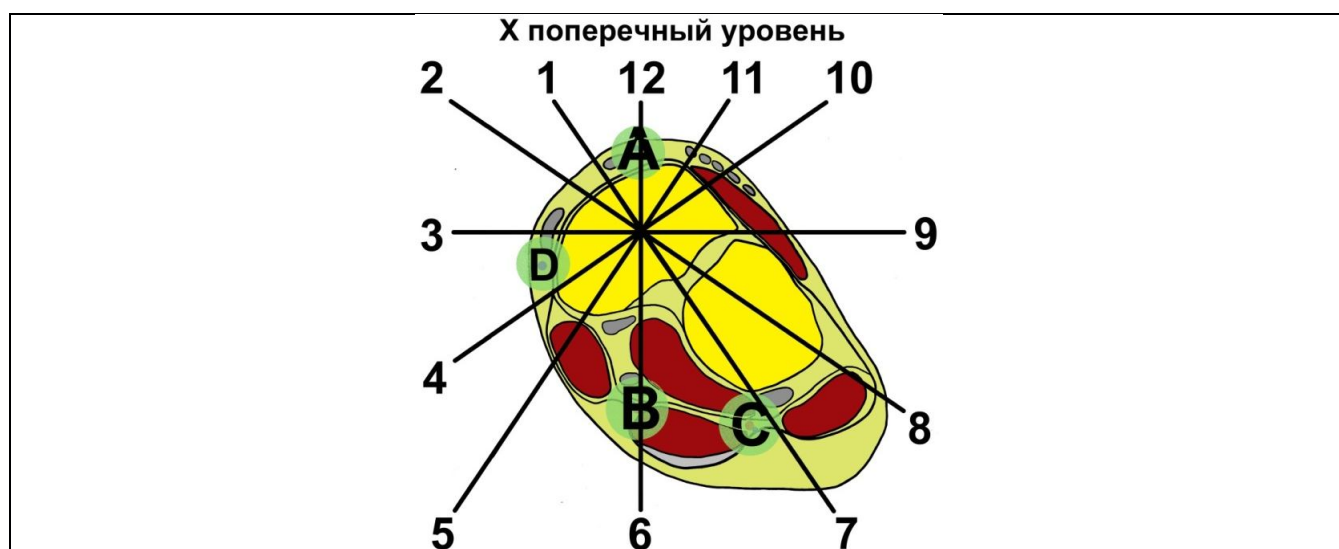


Рис. 3.21. Топографо-анатомическое распределение сосудов и нервов по 12 позициям от центра ладьевидной кости (уровень X): А – *a. et vv. dorsales pedis, n. peroneus profundus*; В – *a. et vv. plantares mediales, n. plantaris medialis*; С – *a. et vv. plantaris lateralis, n. plantaris lateralis*; D – *v. saphena magna, n. saphenus*

Обобщая материалы топографо-анатомических исследований на уровне X, можно прийти к заключению, что «позициями запрета» являются позиции 6, 7, 12, а «позициями доступности» – 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11.

Эксперименты по оценке смещения мягких тканей показали разные объемы смещаемости мягких тканей, которые проиллюстрированы на рисунке 3.22.

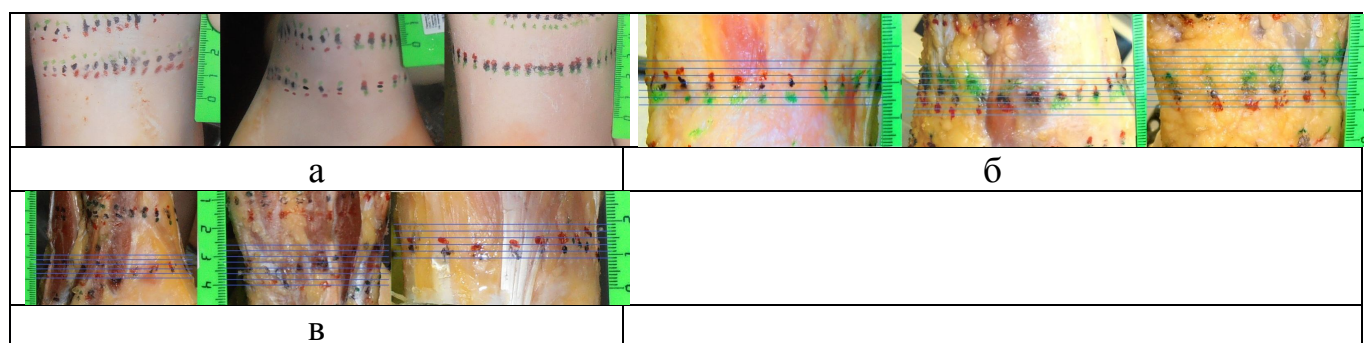


Рис. 3.22. Измерение величины смещения мягких тканей: а – смещение кожи; б – смещение фасции; в – смещение мышц и сухожилий

Результаты обработаны статистически и отражены на диаграмме (рис. 3.23), из которой следует, что наибольшее смещение мягких тканей на этом уровне определяется в позициях 4, 5, 6 и 7. Последнее вполне закономерно, так как в проекцию этих позиций попадают мышцы и сухожилия.

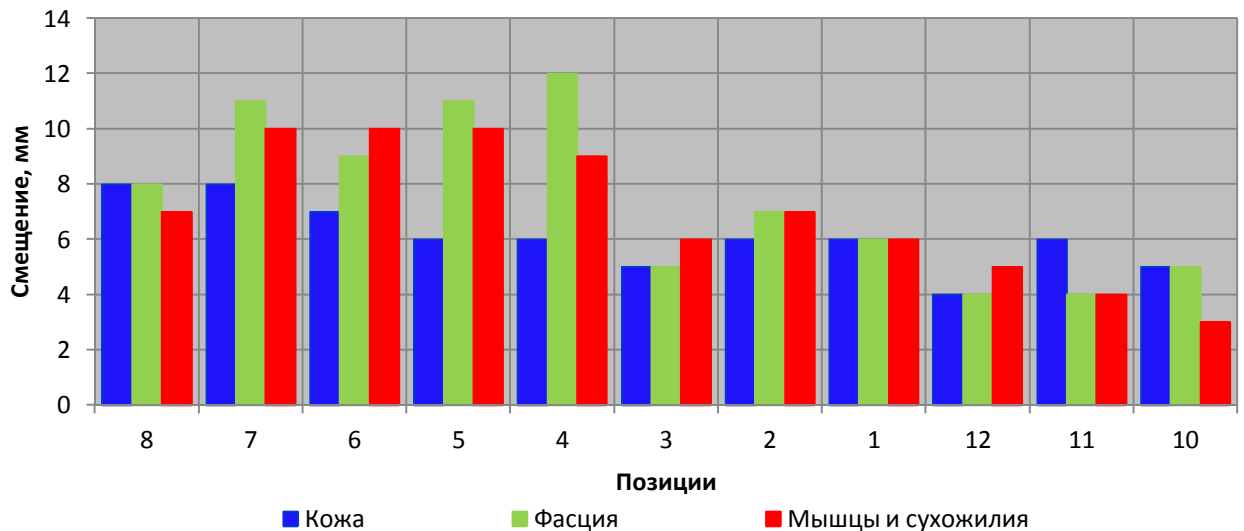


Рис. 3.23. Величины смещения мягких тканей по 12 позициям, проведенным от центра ладьевидной кости (уровень X)

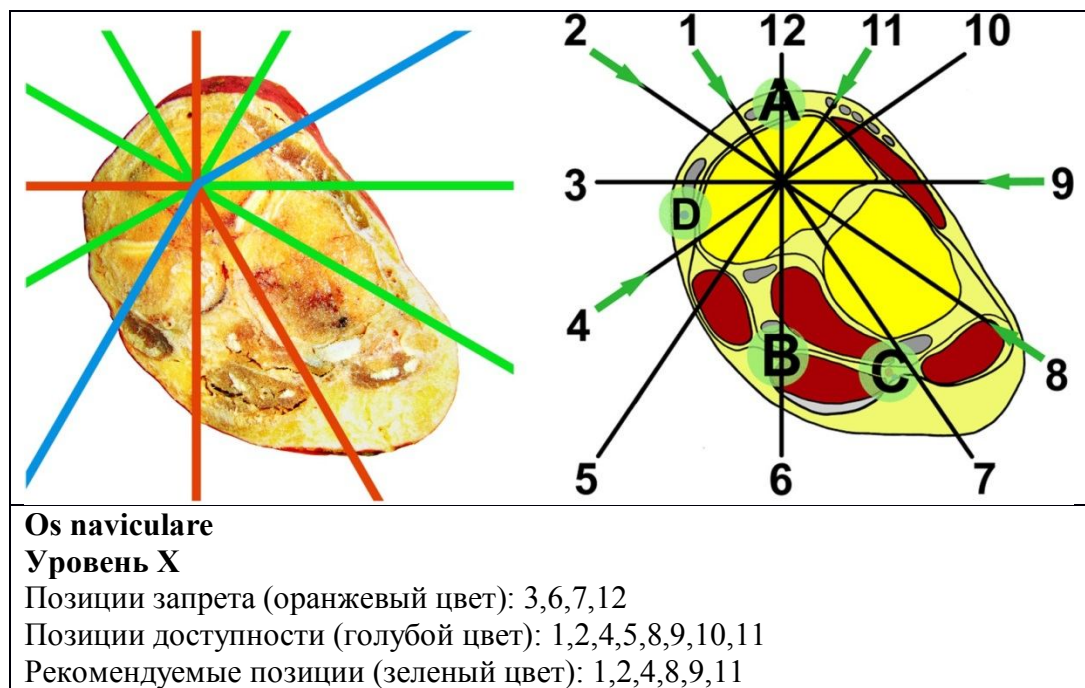


Рис. 3.24. Схема распределения позиций запрета в зоне ладьевидной кости (уровень X)

Если исключить из более широких «позиций доступности» (1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11) те позиции, в проекции которых подвижность мягких тканей достигла 1 см и более, то оставшиеся зоны можно трактовать как наиболее благоприятные для проведения чрескостных элементов в ладьевидную кость на уровне X: 1,2,4,8,9,11 (рис. 3.24).

3.1.6. Обоснование «рекомендуемых позиций» для пяточной и таранной костей, уровни XII–XIV

Уровни XII–XIV приходятся на таранную (2 уровня: XII и XIII) и пяточную кости (все три уровня). Здесь располагаются самые крупные сосуды и нервы стопы: *a. dorsalis pedis et vv. a. plantaris lateralis et vv., a. plantaris medialis et vv., v.saphena parva, n. peroneus profundus, n. plantaris lateralis, n.peroneus superficialis, n. plantaris medialis, n.suralis*. Кроме того, на этих уровнях расположены большие сухожильные комплексы: *tendo m. peroneus longus, tendo m. peroneus brevis, tendo m. flexoris digitorum longi, tendo m. flexoris hallucis longi, tendo m. tibialis posterior*, что требует дополнительного, более углубленного анализа. Выяснилось, что анатомическое расположение сосудов значительно перекрывает тыльную поверхность пяточной кости в большинстве секторов – из 12 позиций только 5 позиций на уровне XII и 3 позиции на уровне XIII могут быть использованы в практическом отношении (рис. 3.24). В то же время таранная кость на этих уровнях оказалась более доступна – из 12 позиций 6 можно рекомендовать для остеосинтеза, так как в этих проекциях не встречаются сосуды и нервы, а смещаемость мягких тканей не достигает опасных величин (см. рис. 3.24).

Заключительный уровень XIV проецировался только на пяточную кость. Здесь отсутствуют крупные сосудисто-нервные пучки, и нет смещаемых структур, таких как сухожилия и мышцы. Благодаря этому из 12 позиций, идущих поперечно (во фронтальной плоскости) через центр пяточной кости на данном уровне, все 12 могут оцениваться как рекомендуемые для проведения чрескостных элементов.

3.1.7. Обоснование «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов в пяточную и таранную кости и наружную лодыжку на косых уровнях I–III

На распилы в косом направлении (косые уровни I–III) приходится пяточная и таранная кости и дистальная часть наружной лодыжки (см. рис. 3.1 б).

Для наглядного примера мы здесь рассмотрим косой уровень II (рис. 3.25). На этом уровне количество сосудисто-нервных пучков не так много: с передне-тыльной поверхности от таранной кости проходят: сосудисто-нервный пучок в составе *a.dorsalis pedis* и идущие с ней *n.peroneus profundus*, предлодыжковая вена (которая является истоком *v. saphena magna*) и проходящий рядом с ней *n. saphenus*. С медиальной поверхности от пяточной кости проходят: *a. plantaris medialis et vv.* и *n.plantaris medialis*. Эти сосудисто-нервные пучки имеют очень крупный диаметр, и их повреждение крайне нежелательно, так как приводит к существенным осложнениям. Своим топографо-анатомическим расположением они ограничивают доступность к таранной кости, так как располагаются в передней ее части (рис. 3.25, 3.26 а). Напротив, к пяточной кости прилегает всего лишь один сосудисто-нервный пучок (рис. 3.25, 3.26 б), поэтому ее передняя поверхность для проведения чрескостных элементов в пяточную кость более свободная.

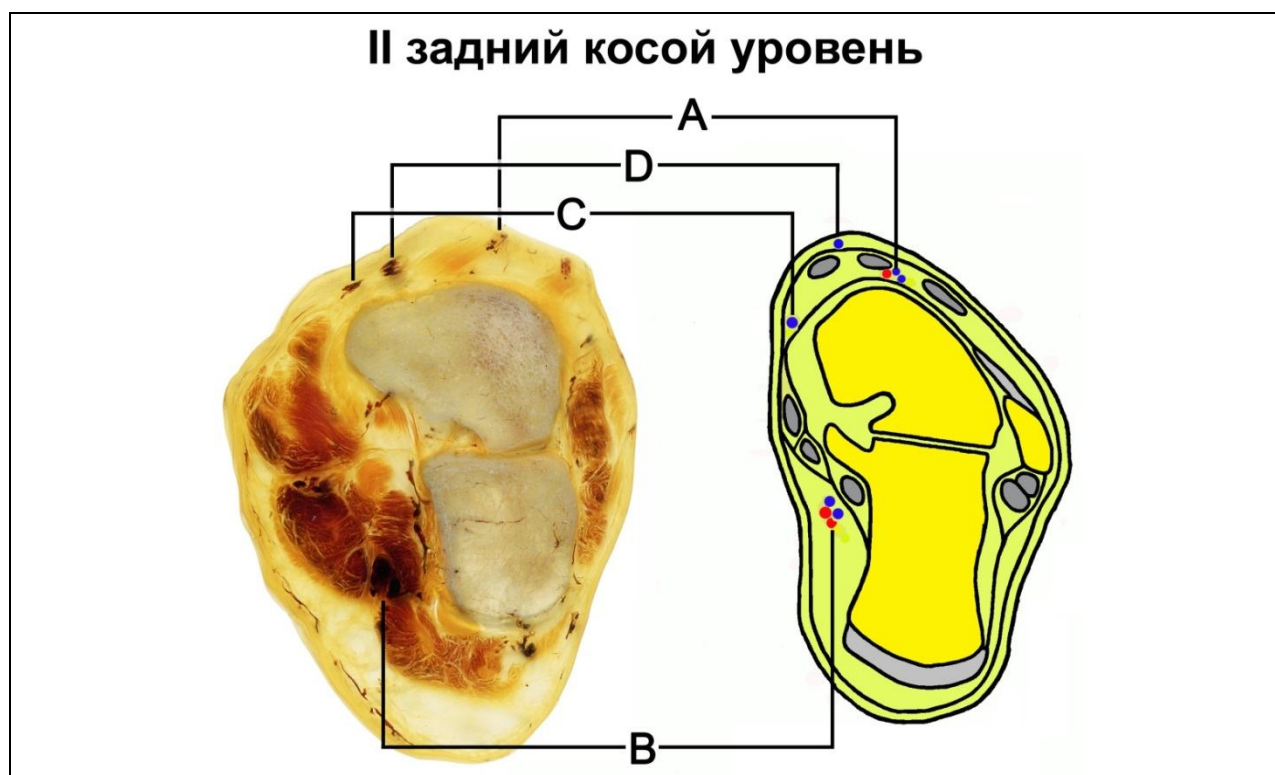


Рис. 3.25. Фотография косого распила (косой уровень II) препарата правой стопы и его схематическое представление: А – *a. dorsalis pedis*, *n. peroneus profundus*; В – *a. et vv. plantares mediales*, *n. plantaris medialis*; С – *v. saphena magna*, *n. saphenus*; D – *v. saphena parva*

Таким образом, если мы рассмотрим на этом уровне все 12 позиций от «центра», то в связи с нахождением сосудов и нервов позиции: 1, 4, 5, 11, 12 для таранной кости и позиции: 1, 2, 12 для пяточной кости следует трактовать как «позиции запрета».

При исследовании смещаемости мягких тканей на этих уровнях, наибольшие величины смещения (более 1 см) обнаружены в местах прохождения комплексов крупных сухожилий (*tendo m. tibialis posterior*, *tendo m. flexoris hallucis longi*, *tendo m. flexoris digitorum longi*, *tendo calcaneus*, *tendo m. peronei longi*, *tendo m. tibialis anterior*, *tendo m. extensoris hallucis longi*). Указанные образования очень плотно окружают таранную кость, из-за чего доступ на этом уровне к таранной кости весьма ограничен. На наш взгляд? относительно наиболее безопасным могут быть всего 4 позиции, которые можно рекомендовать к использованию – 2, 3, 9 и 10 (рис. 3.26 а).

Напротив, пяточная кость на этом уровне вполне доступна для остеосинтеза. Количество и расположение вышеперечисленных комплексов сухожилий позволяют выделить 8 позиций из 12 (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11), которые можно рекомендовать для фиксации чрескостных элементов (рис. 3.26 б).

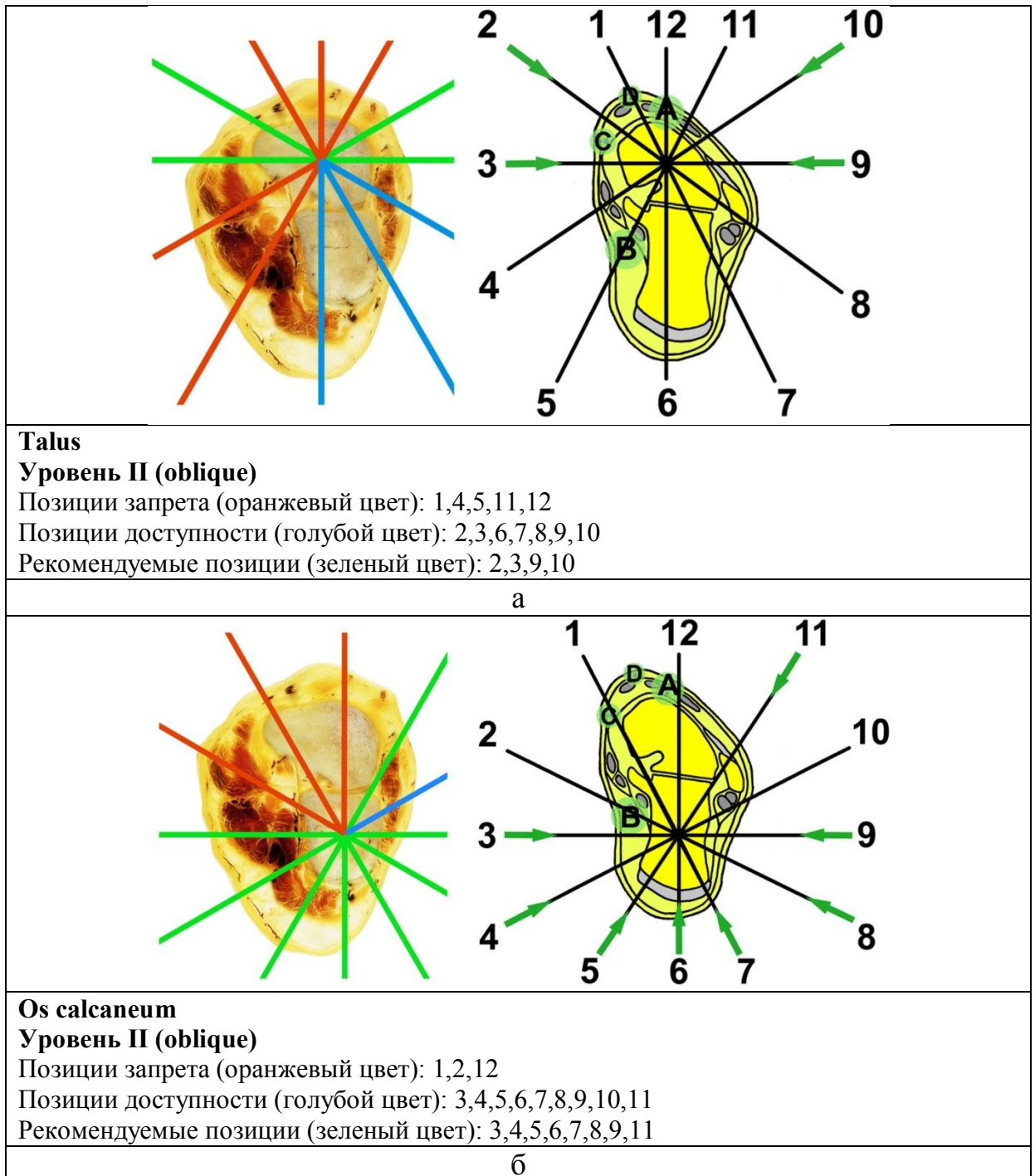


Рис. 3.26. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции в задних отделах области голеностопного сустава (косой уровень II): а – таранная кость, б – пяточная кость

Все три косых уровня стопы имеют крупные сосудисто-нервные пучки и очень подвижные сухожилия (см. приложение 1), которые в своей массе большей частью расположены в передней полуокружности голеностопного сустава. Поэтому передний доступ к таранной кости весьма ограничен, и проводить чрескостные элементы на этих уровнях надо очень осторожно.

3.2. Обсуждение полученных результатов

Обобщая в целом исследования данного раздела, можно отметить, что для фиксации пальцев расположение сосудисто-нервных пучков и объемы смещения мягких тканей существенного значения не имеют – кости фаланг легко доступны со всех сторон. Начиная с плюсневых костей и заканчивая уровнем голеностопного сустава, расположение сосудов, нервов, а также смещаемость мягких тканей, окружающих кости, ограничивают доступность костей стопы для остеосинтеза. Начиная с V уровня, каждую кость окружают крупные сосудисто-нервные пучки, ограничивая доступ к ним (от 40% до 70–80% от всех рассматриваемых 12 позиций). Большая часть ограничений приходится на тыльную и подошвенную области стопы. Наиболее доступными для проведения чрескостных элементов через кости стопы являются с медиальной и латеральной сторон позиции 2, 3, 4 и 8–10, которые могут трактоваться как «позиции доступности» – около 50% от всех исследуемых (представленных) зон. Если рассматривать смещаемость мягких тканей на стопе, то, разумеется, наибольшая амплитуда смещения приходится на сухожилия длинных мышц, располагающиеся между ними листки фасции и покрывающий их кожный покров, которые так же расположены по тылу и подошве стопы. Таким образом, большая часть позиций, которые мы можем рекомендовать для проведения чрескостных элементов, располагается с медиальной и латеральной сторон стопы.

Все схемы «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов в кости стопы отражены в приложении 1.

Использование полученных нами данных окажется полезным для специалистов, работающих в области коррекции сложных деформаций стопы и

использующих внешнюю фиксацию при переломах. Если практическая возможность использования «рекомендуемых позиций» на стопе еще ждет своего клинического подтверждения, то использование анатомически обоснованных “позиций доступности” сомнений не вызывает. Преимуществом наших предложений является большее количество уровней, изученных на протяжении стопы, и более совершенная система координат, чем у аналогов. Следует, однако, согласиться с мнением авторов других схем проведения чрескостных элементов (представленных в литературе в виде атласов), которые в сложных случаях, особенно при врожденной патологии, рекомендуют дополнительно прибегать к МРТ, УЗИ, контрастным сосудистым исследованиям для оценки индивидуальных особенностей нормального или патологического строения стопы.

ГЛАВА 4

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

Планирование оперативного лечения начинается с определения компонентов деформации и их величин. Для определения вершины деформации должны использоваться соответствующие референтные линии и узлы. Рабочая классификация деформаций призвана определить оптимальный тип репозиционного узла. В довершение необходимо подобрать металлоконструкцию. Необходимо отметить, что учетом степени сложности деформаций у пациентов, которые проходили лечение в нашей клинике, методом оправданного выбора было использование дозированной во времени коррекции аппаратом Орто-СУВ. Исходя из этого, требуется подобрать оптимальную компоновку для коррекции конкретной деформации. Критерием выбора является возможность аппарата максимально эффективно выполнить коррекцию, но при этом по возможности иметь минимальные габариты.

4.1. Рабочая классификация деформаций на уровне среднего и заднего отделов стопы

Как это было указано в первой и второй главах диссертационного исследования, данная классификация предназначена для определения, какой из вариантов репозиционных узлов (универсальный или унифицированный) целесообразно использовать, если метод одномоментной коррекции по тем или иным причинам противопоказан.

С учетом того, что стопа условно разделена на 3 отдела (передний, средний и задний), каждый из них можно условно считать “целым фрагментом”, расположение которого можно оценить в стандартной системе координат, включающей три стандартные плоскости: фронтальную, сагиттальную и горизонтальную. Поэтому деформации могут быть обозначены, как одно-, двух- и трехплоскостные.

Но так как в одной плоскости могут присутствовать несколько векторов деформации (например, укорочение и ангуляция), то мы также рассматривали и количество её компонентов. По аналогии с деформациями длинных трубчатых костей (Виленский В.А., 2009) все деформации стоп были разбиты на три группы:

- простые (одноплоскостные-однокомпонентные);
- средней степени сложности (одноплоскостные-двухкомпонентные – двухплоскостные-двухкомпонентные);
- сложные (двухплоскостные-трехкомпонентные – трехплоскостные-четырёх- и более компонентные).

Применительно к среднему отделу стопы возможно 5 компонентов деформации:

- укорочение,
- ротация по сагиттальной оси,
- тыльное/подошвенное сгибание,
- смещение по ширине,
- отведение/приведение.

В таблице 4.1 представлены:

- 1) простые деформации (зеленая маркировка): определено 5 вариантов деформаций, при лечении которых целесообразно использование аппарата Илизарова или его аналогов;
- 2) деформации средней степени сложности (желтая маркировка): определено 24 варианта деформаций, при лечении которых возможно применение как аппарата Илизарова, так и ортопедических гексаподов;
- 3) сложные деформации (красная маркировка): определено 8 вариантов деформаций, при коррекции которой следует использовать гексаподы.

Практическая классификация деформаций среднего отдела стопы

Количество компонентов	одноплоскостные	двухплоскостные	трехплоскостные
1	2	3	4
Однокомпонентные	1) ротация по сагиттальной оси; 2) тыльное/подошвенное сгибание; 3) тыльное/подошвенное сгибание	1) укорочение; 2) смещение по ширине	
Двухкомпонентные	1) укорочение + тыльное/подошвенное сгибание; 2) укорочение + смещение по ширине; 3) укорочение + тыльное/подошвенное сгибание; 4) тыльное/подошвенное сгибание + смещение по ширине; 5) смещение по ширине + тыльное/подошвенное сгибание	1) укорочение + ротация по сагиттальной оси; 2) укорочение + тыльное/подошвенное сгибание; 3) укорочение + смещение по ширине; 4) укорочение + тыльное/подошвенное сгибание; 5) ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание; 6) ротация по сагиттальной оси + смещение по ширине; 7) ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание; 8) тыльное/подошвенное сгибание + смещение по ширине; 9) тыльное/подошвенное сгибание + тыльное/подошвенное сгибание; 10) смещение по ширине + тыльное/подошвенное сгибание	1) укорочение + ротация по сагиттальной оси; 2) ротация по сагиттальной оси + смещение по ширине

Таблица 4.1. (продолжение)

1	2	3	4
Трехкомпонентные	1) укорочение + тыльное/подошвенное сгибание + смещение по ширине; 2) укорочение + смещение по ширине + тыльное/подошвенное сгибание	1) укорочение + ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание; 2) укорочение + ротация по сагиттальной оси + смещение по ширине; 3) укорочение + тыльное/подошвенное сгибание + смещение по ширине; 4) укорочение + смещение по ширине + тыльное/подошвенное сгибание; 5) укорочение + ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание	1) укорочение + ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание; 2) укорочение + ротация по сагиттальной оси + смещение по ширине; 3) укорочение + ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание
Четырехкомпонентные		1) укорочение + ротация по сагиттальной оси + смещение по ширине + тыльное/подошвенное сгибание; 2) укорочение + ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание + смещение по ширине	1) укорочение + ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание + смещение по ширине; 2) укорочение + ротация по сагиттальной оси + смещение по ширине + тыльное/подошвенное сгибание; 3) ротация по сагиттальной оси + тыльное/подошвенное сгибание + смещение по ширине + тыльное/подошвенное сгибание

Зеленый цвет – простые деформации: использование аппарата Илизарова (или аналога)

Желтый цвет – деформации средней степени тяжести: аппарат Илизарова или гексапод

Красный цвет – сложная деформация: целесообразно использование гексапода

В заднем отделе стопы так же могут быть определены 5 компонентов деформации:

- укорочение,
- ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз),
- ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость),
- смещение по ширине,
- ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость).

В таблице 4.2 представлены:

- 1) простые деформации (зеленая маркировка): определено 5 вариантов деформаций, при лечении которых целесообразно использование аппарата Илизарова или его аналогов;
- 2) деформации средней степени сложности (желтая маркировка): определено 24 варианта деформаций, при лечении которых возможно применение как аппарата Илизарова, так и ортопедических гексаподов;
- 3) сложные деформации (красная маркировка): определено 8 вариантов деформаций, при коррекции которой следует использовать гексаподы.

Таблица 4.2.

Практическая классификация деформаций заднего отдела стопы

Количество компоненто в	одноплоскостные	двухплоскостные	трехплоскостные
1	2	3	4
Однокомпонентные	1) ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз); 2) ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость); 3) ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость)	1) укорочение; 2) смещение по ширине	

Таблица 4.2 (продолжение)

1	2	3	4
Двухкомпонентные	1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость); 2) укорочение + смещение по ширине; 3) укорочение + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); 4) ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + смещение по ширине; 5) смещение по ширине + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость)	1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз); 2) укорочение + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость); 3) укорочение + смещение по ширине; 4) укорочение + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); 5) ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость); 6) ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + смещение по ширине; 7) ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); 8) ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + смещение по ширине; 9) ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); 10) смещение по ширине + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость)	1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз); 2) ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + смещение по ширине

Таблица 4.2. (продолжение)

1	2	3	4
Трехкомпонентные	1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + смещение по ширине; 2) укорочение + смещение по ширине + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость)	1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость); 2) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + смещение по ширине; 3) укорочение + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + смещение по ширине; 4) укорочение + смещение по ширине + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); 5) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость)	1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость); 2) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + смещение по ширине; 3) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость)

Таблица 4.2. (окончание)

1	2	3	4
Четырехкомпонентные		1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + смещение по ширине + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); 2) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + смещение по ширине	1) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + смещение по ширине; 2) укорочение + ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + смещение по ширине + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость); 3) ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз) + ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость) + смещение по ширине + ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость)

Зеленый цвет – простые деформации: использование аппарата Илизарова (или аналога)

Желтый цвет – деформации средней степени тяжести: аппарат Илизарова или гексапод

Красный цвет – сложные деформации: целесообразно использование гексапода.

По нашему мнению, данная классификация будет особенно полезна при выборе тактики лечения для начинающих травматологов-ортопедов.

4.2. Метод оценки и планирование коррекции деформации среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости

4.2.1. Референтные значения опорных точек первой плюсневой и пяточной костей на основе данных «четырехугольника стопы» (в сагиттальной плоскости)

При определении на рентгенограммах параметров «четырехугольника стопы» (глава 2, рис. 2.13) был получен массив данных референтных данных по углам соотношения сторон треугольника, результаты статистической обработки которых представлены в виде блочного графика на рисунках 4.1. и 4.2.

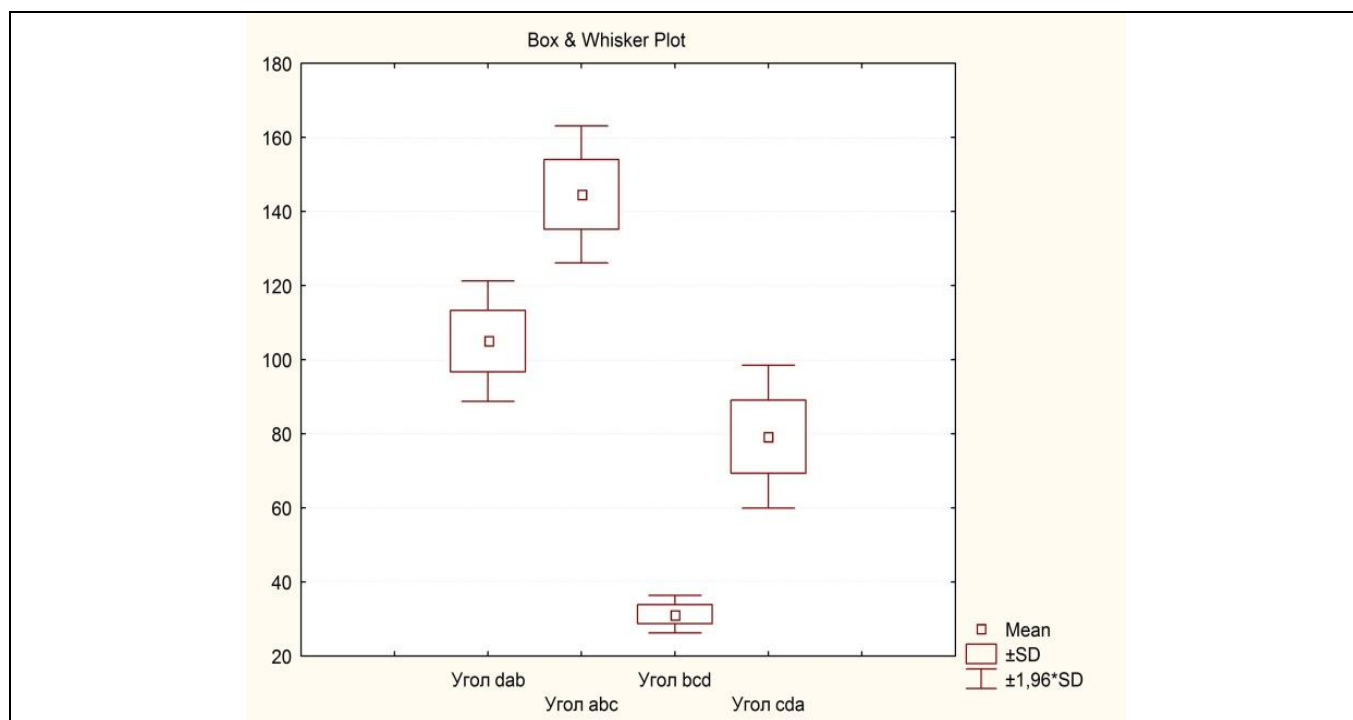


Рис.4.1. Блочный график статистической обработки искомых углов «четырехугольника стопы»

Получены следующие данные: $\angle dab = 105,0^\circ (\pm 8,3)$; $\angle abc = 144,6^\circ (\pm 9,4)$; - $\angle bcd = 31,3^\circ (\pm 2,6)$; $\angle cda = 79,2^\circ (\pm 9,8)$.

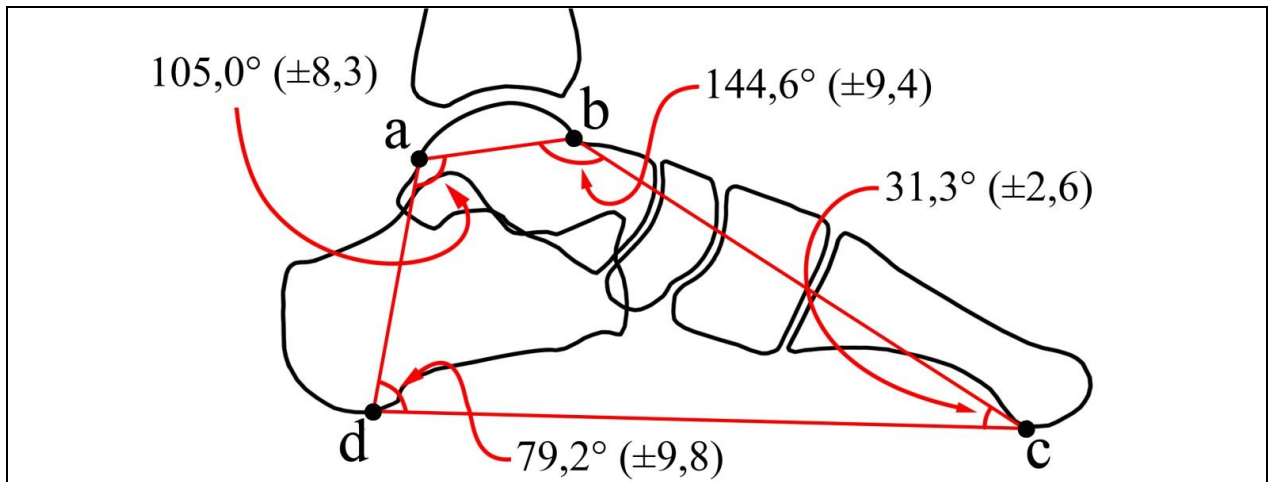


Рис.4.2. Величины референтных значений углов «четырехугольника стопы»

Массив полученных данных при определении коэффициентов соотношения сторон к отрезку ab , также обработан статистически и представлен виде блочного графика (рис. 4.3) и отображен на схеме (рис. 4.4).

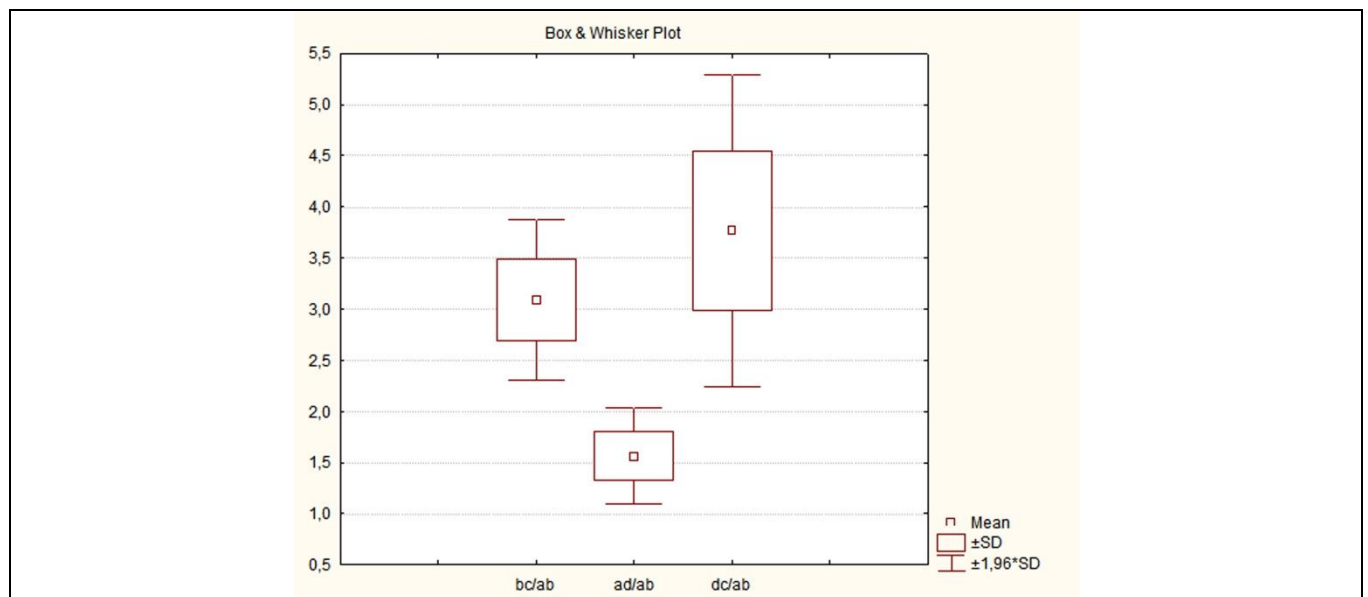


Рис.4.3. Вариабильность искомым коэффициентов соотношения сторон «четырехугольника стопы» к отрезку ab

Получены следующие данные:

$$k1 = \frac{ad}{ab} = 1,56(\pm 0,24) \quad k2 = \frac{bc}{ab} = 3,09 (\pm 0,4) \quad k3 = \frac{dc}{ab} = 3,77(\pm 0,78)$$

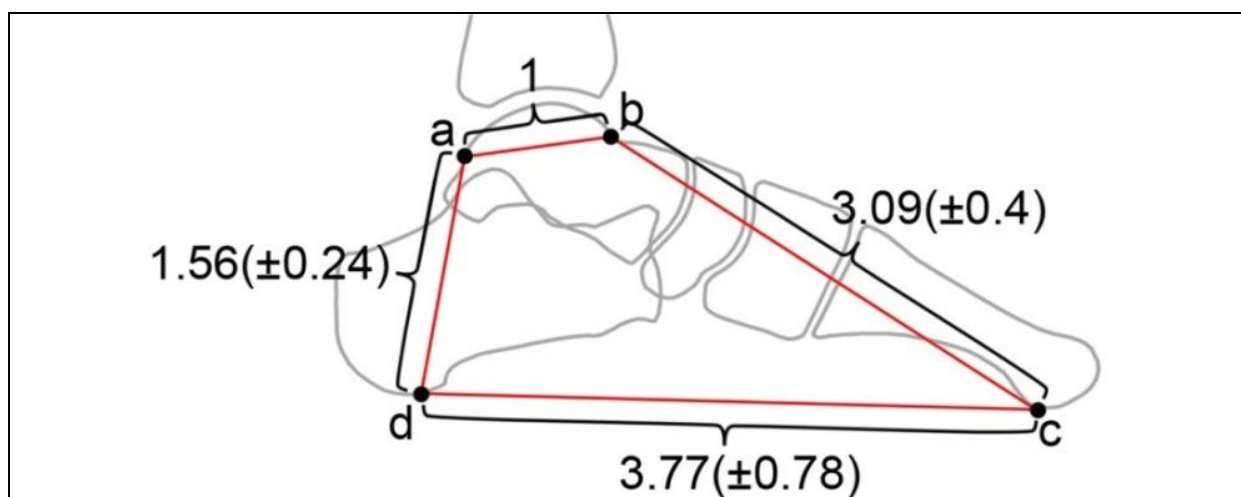


Рис.4.4. Величины референтных значений коэффициентов граней «четырехугольника» к суставной линии *ab*

Таким образом, опираясь на референтные значения параметров стопы, можно определить, имеется ли деформация стопы в сагиттальной плоскости (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Показатели «четырехугольника стопы» в зависимости от деформации стопы в сагиттальной плоскости

Показатель	Средний отдел						
	k1	k2	k3	∠ dab	∠ abc	∠ bcd	∠ cda
Укорочение	< 1,32	-	<2,99	-	<135,2°	>33,9°	-
Эквинус среднего отдела	-	-	<2,99	-	<135,2°	>33,9°	>89°
Плоская стопа/стопа качалка (за счет среднего отдела)	-	-	>4,55	-	>154°	<28,7°	<69,4°
	Пяточная кость						
	k1	k2	k3	∠ dab	∠ abc	∠ bcd	∠ cda
Укорочение	-	<2,69	<2,99	<96,7°	-	-	>89°
Пяточная стопа	-	<2,69	<2,99	<96,7°	-	>33,9°	>89°
Плоская стопа/стопа качалка (за счет пяточного компонента)	-	-	>4,55	>113,3°	-	<28,7°	<69,4°
	Комбинированная деформация						
	k1	k2	k3	∠ dab	∠ abc	∠ bcd	∠ cda
Полая стопа	-	-	<2,99	<96,7°	<135,2°	>33,9°	>89°
Стопа-качалка	-	-	>4,55	>113,3°	>154°	<28,7°	<69,4°

При этом положение в голеностопном суставе и/или наличие деформации дистального отдела большеберцовой кости на данную оценку не влияют.

Клинический пример. Пациент Т., 20 лет, обратился с жалобами на деформацию правой стопы. В анамнезе ДЦП, невропатия обоих малоберцовых нервов, больше выраженная права. Была выполнена рентгенография правой стопы (рис. 4.5).

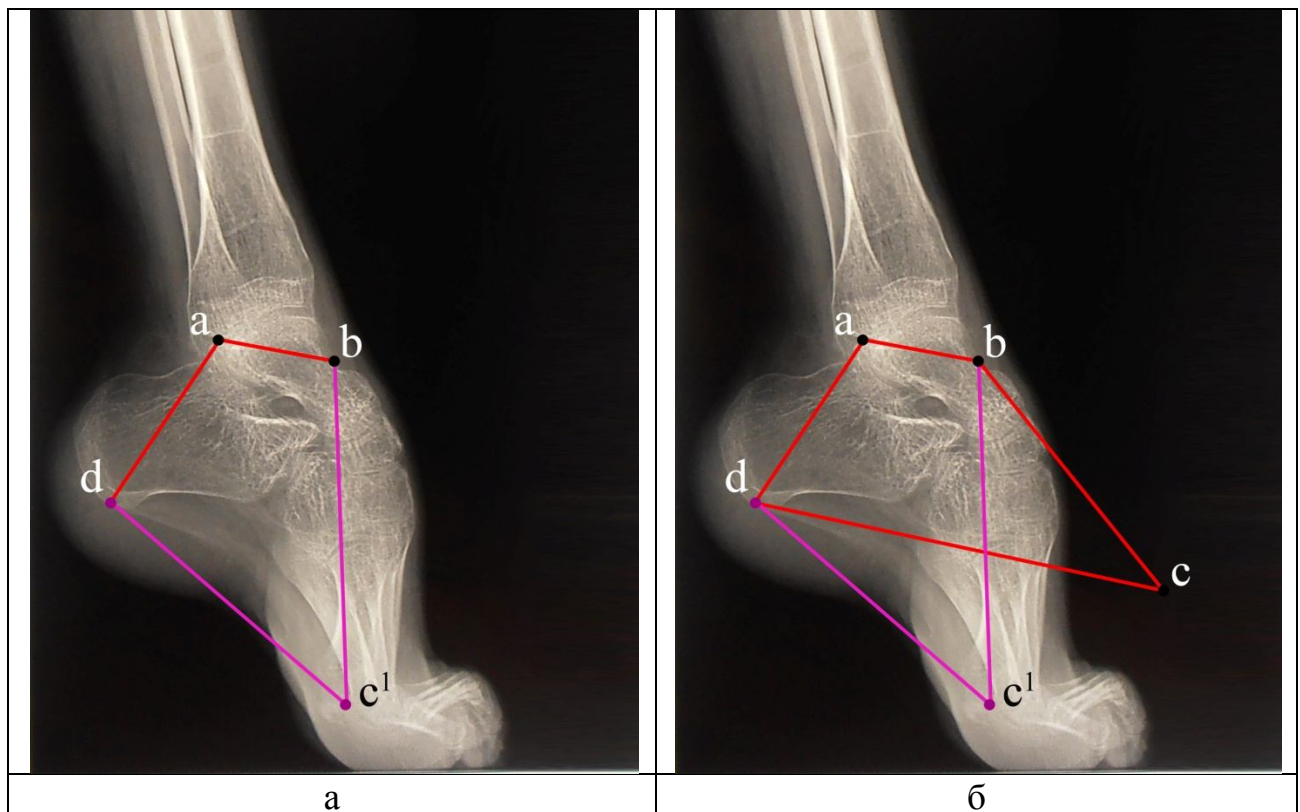


Рис. 4.5. Анализ деформации с использованием «четырехугольника стопы»: а – рентгенограмма стопы в боковой проекции; б – построение «четырехугольника стопы» (фиолетовые линии) и сравнение ее с референтными значениями (красные линии). Пояснения в тексте

Построен «четырехугольник стопы», где: $k_1 - 3,58$; $k_2 - 2,23$; $k_3 - 3,19$;
 $\angle dab - 109,3^\circ$; $\angle abc - 109,7^\circ$; $\angle bcd - 46,5^\circ$; $\angle cda - 94,5^\circ$.

Так как имеется уменьшение угла $\angle abc$, увеличение углов $\angle bcd$, $\angle cda$ и уменьшение k_3 , то можно сказать о деформации по типу полый стопы.

Данный четырехугольник позволяет проводить планирование коррекции при комбинированных деформациях на уровне среднего и заднего отделов стоп с выраженными дефектами костной структуры, что будет пояснено ниже.

4.2.2. Планирование коррекции деформаций среднего отдела стопы

Материалы и методы для данного исследования представлены в разделе 2.3. При анализе рентгенограмм рассматривалось расположение среднедиафизарной линии и механической оси первой плюсневой кости, а также пересечение переднего кортикала ее головки с каждой из этих линий относительно суставной поверхности блока тарана.

4.2.2.1. Расчеты относительно среднедиафизарной линии первой плюсневой кости

Массив данных, полученных при анализе РЛУ относительно среднедиафизарной линии первой плюсневой кости на рентгенограммах в боковой проекции был обработан статистически (рис. 4.6).

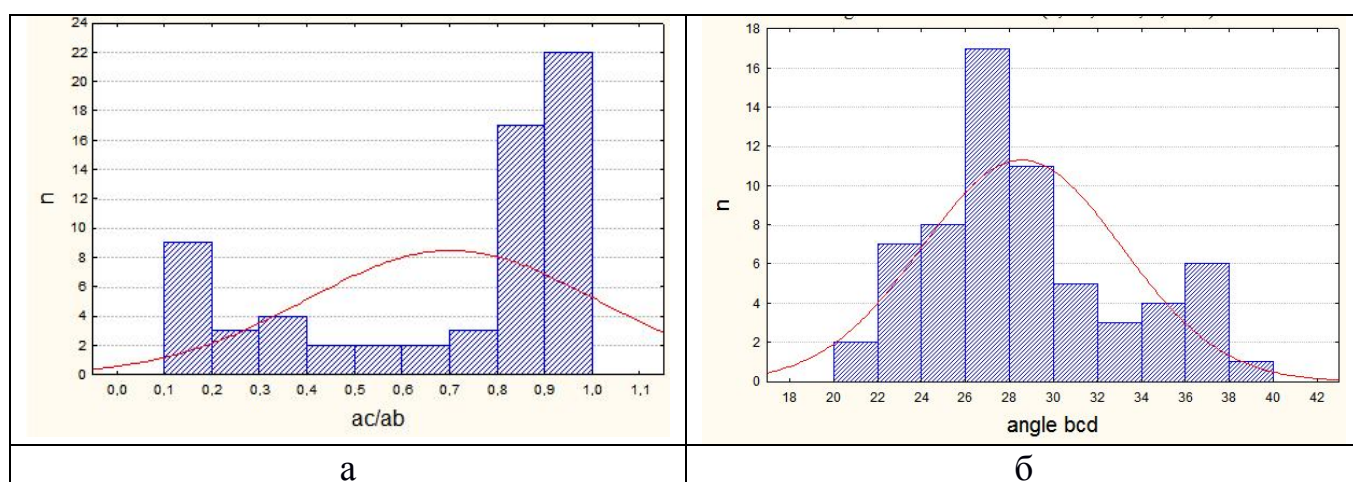


Рис. 4.6. Результаты статистической обработки искомых параметров при определении РЛУ среднего отдела стопы (по среднедиафизарной линии – анатомической оси первой плюсневой кости): а – коэффициент отношения отрезка ac к отрезку ab ; б – определение величины угла пересечения линии-1 и линии-2 ($\angle bcd$);

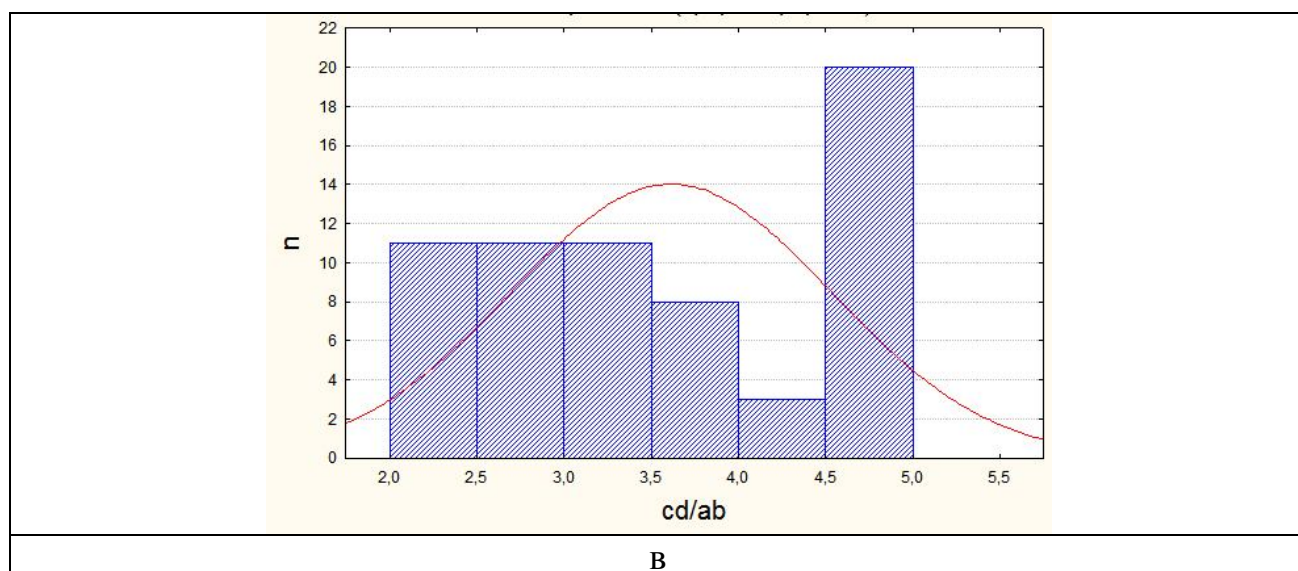


Рис. 4.6. Результаты статистической обработки искомых параметров при определении РЛУ среднего отдела стопы (по среднediaфизарной линии – анатомической оси первой плюсневой кости): v – отношение отрезка cd к отрезку ab

При анализе искомых референтных линий и углов оказалось, что пересечение среднediaфизарной линии первой плюсневой кости (линия-2) было в пределах отрезка ab . При проведении статистической обработки полученных данных выявлено, что длина отрезка ac соотносится к длине отрезка ab в среднем как 0,7 ($\pm 0,3$). То есть, $k1 = \frac{ac}{ab} = 0,7 (\pm 0,3)$.

Величина угла, под которым пересекаются линия-1 и линия-2 ($\angle bcd$) составляет $28,5^\circ (\pm 4,5)$. Этот угол получил название латерального анатомического угла среднего отдела стопы – aЛСУ (Lateral Anatomical Midfoot Angle – aLMA).

Было установлено, что отношение расстояния от точки пересечения (c) до переднего края головки первой плюсневой кости (d) к расстоянию между передней и задней суставными точками блока тарана (a и b) составляет 3,6 ($\pm 0,9$). Таким образом, $k2 = \frac{cd}{ab} = 3,6 (\pm 0,9)$.

Полученные данные позволили разработать новый способ анализа и планирования коррекций деформаций среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости. Для реализации способа через точки a и b (края блока таранной кости) проводят линию-1 и измеряют расстояние от a до b в миллиметрах (например, 35 мм). Находят расстояние ac : $35\text{мм} \times 0,7 = 24,5\text{мм}$ (рис. 4.7 а).

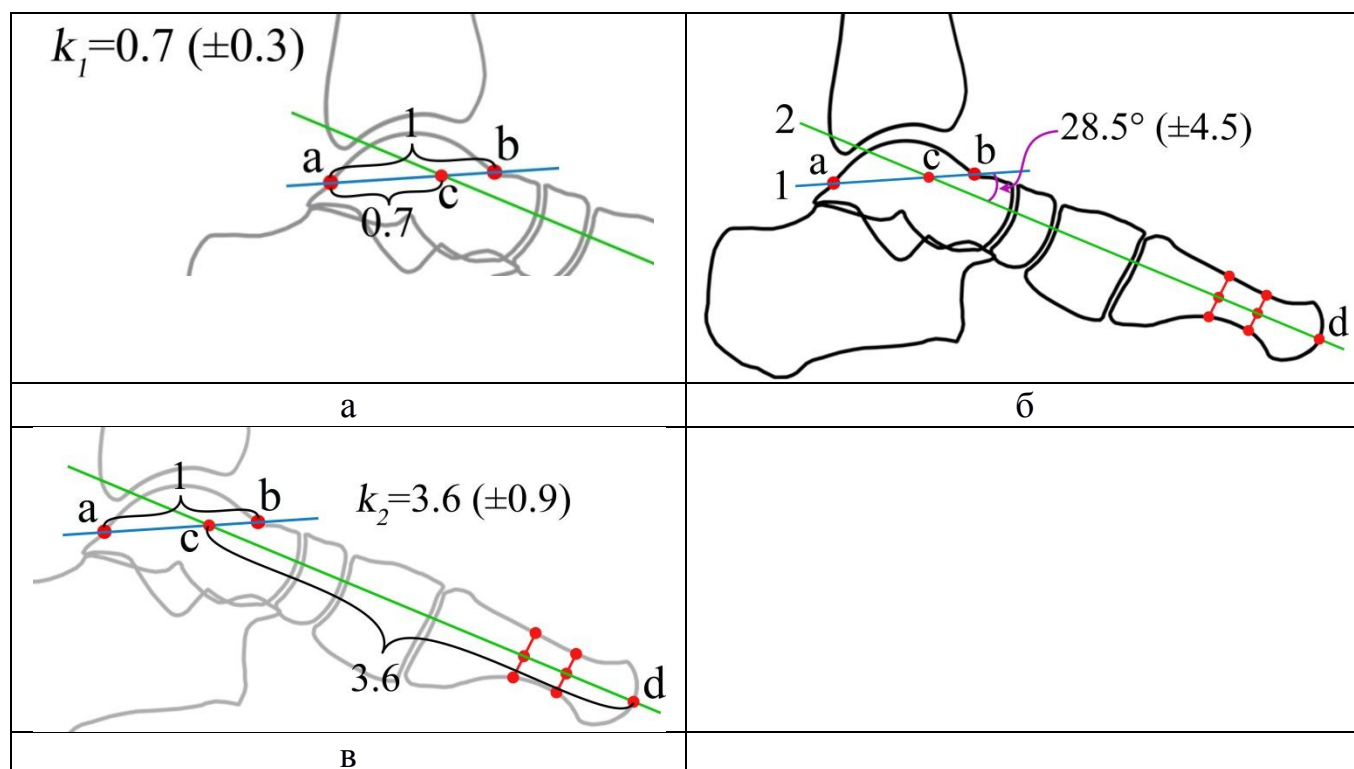


Рис. 4.7. Определение должного (референтного) положения среднедиафизарной линии и передней точки головки 1-й плюсневой кости:
 а – угол между линией-1 и линией-2; б – коэффициент отношения расстояния ab к ac ; в – коэффициент отношения расстояния ab к cd

После этого из точки c под углом 29° к линии-1 проводят линию-2 (рис. 4.7 б). При отсутствии деформации линия-2 должна совпадать с анатомической осью 1-й плюсневой кости. После этого на линии-2 находят точку d . Для этого расстояние ab умножают на коэффициент 3,6. В рассматриваемом в качестве примера случае $35 \text{ мм} \times 3,6 = 126 \text{ мм}$. При отсутствии деформации точка d должна соответствовать переднему краю 1-й плюсневой кости (рис. 4.7 в).

Если линия-2 не совпадает с анатомической осью 1-й плюсневой кости и (или) точка d не соответствует переднему краю 1-й плюсневой кости (рис. 4.8 а), выполняют планирование коррекции деформации. Для этого находят реальную среднедиафизарную линию 1-й плюсневой кости и отмечают точку d' в месте пересечения анатомической оси с передней кортикальной пластинкой (рис. 4.8 б). Точка пересечения должной и реальной анатомических осей является вершиной деформации. На этом уровне выполняют виртуальную остеотомию и коррекцию деформации (рис. 4.8 в).

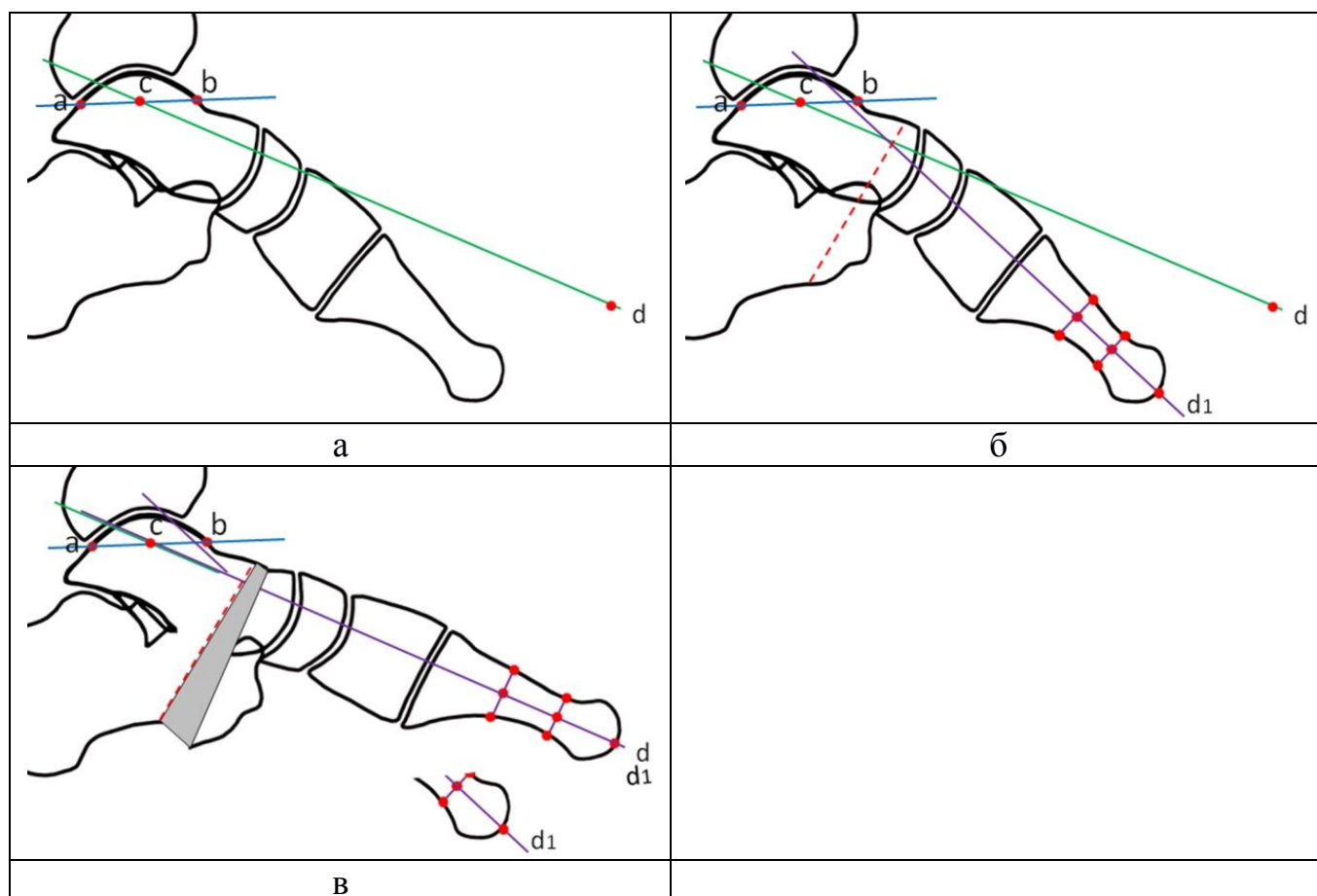


Рис. 4.8. Планирование коррекции деформации стопы на уровне среднего отдела стопы: а – определение должной среднediaфизарной линии 1-й плюсневой кости и нахождение передней точки ее головки d ; б – построение реальной среднediaфизарной линии 1-й плюсневой кости. Определены вершина деформации и линия остеотомии (пунктирная красная линия); в – выполнена виртуальная коррекция деформации. Поскольку кроме угловой деформации имелось укорочение стопы, имеется диастаз трапецевидной формы. Следовательно, показана коррекция по Илизарову

4.2.2.2. Расчеты относительно механической оси первой плюсневой кости

При определении на рентгенограммах параметров РЛУ среднего отдела стопы был получен массив данных, результаты статистической обработки которых представлены на рисунке 4.9.

Было установлено, что при пересечении механической оси первой плюсневой кости (линия-2) и суставной линии блока тарана (линия-1) образуется угол $23,6^\circ$ ($\pm 3,2$). Этот угол получил название латерального механического угла среднего отдела стопы – мЛСУ (Lateral Mechanical Midfoot Angle – mLMA).

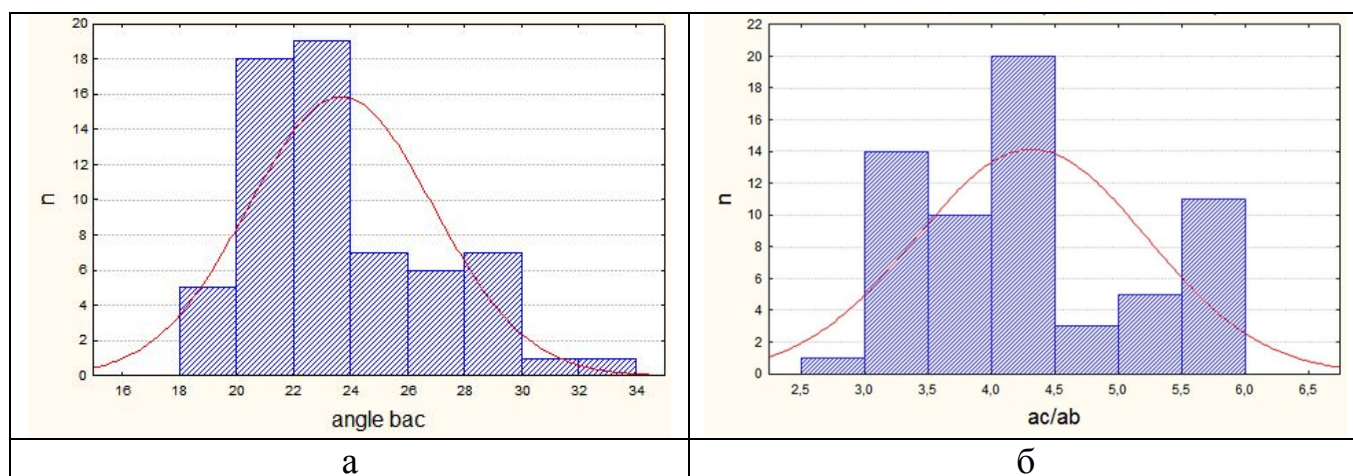


Рис. 4.9. Результаты статистической обработки искомых параметров при определении РЛУ среднего отдела: а – определение величины угла пересечения линии-1 и линии-2 ($\angle bac$); б – отношение отрезка ac к отрезку ab

Отношение расстояния от точки пересечения (a) до переднего края головки первой плюсневой кости (c) к расстоянию между передней и задней суставными точками блока тарана (a и b) составляет $4,3 (\pm 0,9)$. Таким образом, $k = \frac{ac}{ab} = 4,3 (\pm 0,9)$.

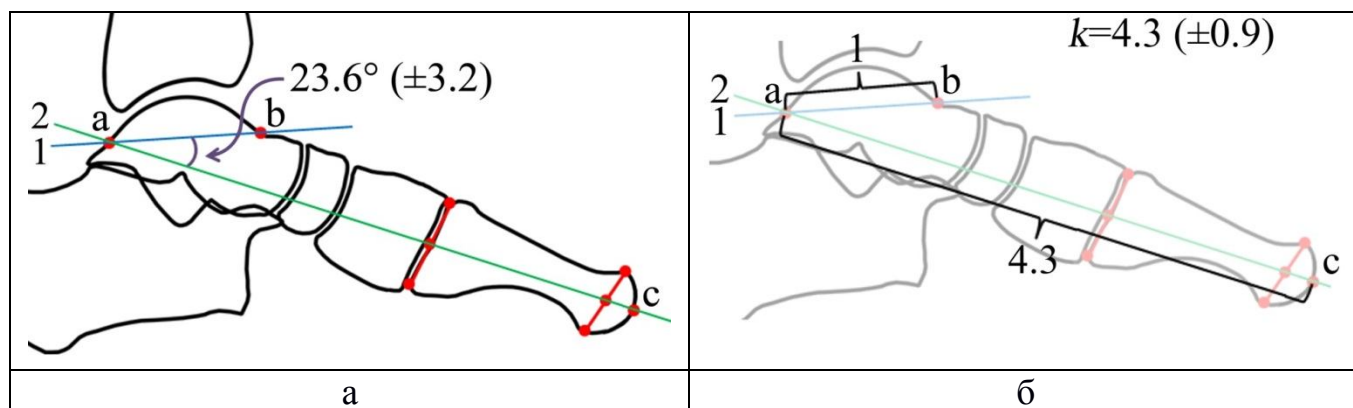


Рис. 4.10. Определение должного (референтного) положения механической оси и передней точки головки 1-й плюсневой кости: а – угол между линией-1 и линией-2; б – коэффициент отношения расстояния ab к ac

Полученные данные позволили разработать новый способ анализа и планирования коррекций деформаций среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости (положительное решение по заявке на изобретение №2016147240). Для реализации способа через точки a и b (края блока таранной кости) проводят линию-1 и измеряют расстояние от a до b в миллиметрах (например, 35 мм). После

этого из точки a , под углом 24° к линии-1 проводят линию-2. При отсутствии деформации линия-2 должна совпадать с механической осью 1-й плюсневой кости (рис. 4.10 а). Затем на линии-2 находят точку c – должное положение головки 1-й плюсневой кости. Для этого расстояние ab умножают на коэффициент 4.3. При отсутствии деформации точка c соответствует переднему краю 1-й плюсневой кости (рис. 4.10 б).

Если линия-2 не совпадает с механической осью 1-й плюсневой кости анализируемой рентгенограммы и (или) точка c не соответствует переднему краю 1-й плюсневой кости (рис.4.11 а), выполняют планирование коррекции деформации. Для этого определяют механическую ось 1-й плюсневой кости и точку c^1 , характеризующую реальное положение головки 1-й плюсневой кости у данного пациента (рис. 4.11 б). Пересечение линии-2 и механической оси 1-й плюсневой кости является вершиной деформации, где необходимо выполнять остеотомию.

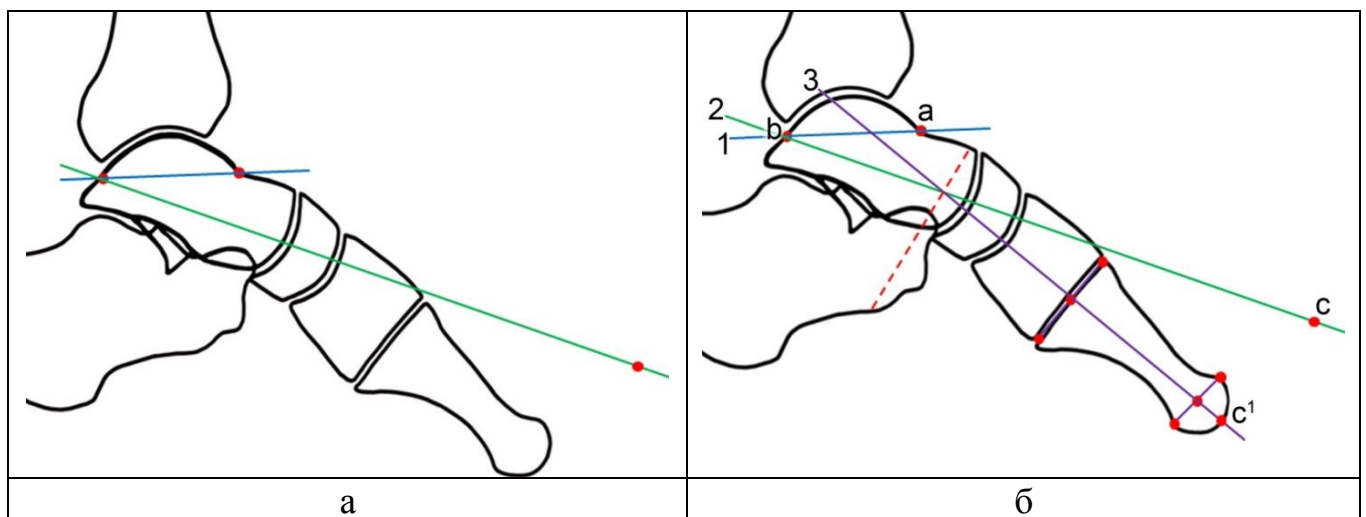


Рис. 4.11. Планирование коррекции деформации стопы на уровне среднего отдела стопы: а – определение должной механической оси 1-й плюсневой кости и нахождении передней точки ее головки c ; б – построение механической оси 1-й плюсневой кости. Определены вершина деформации и линия остеотомии (пунктирная красная линия)

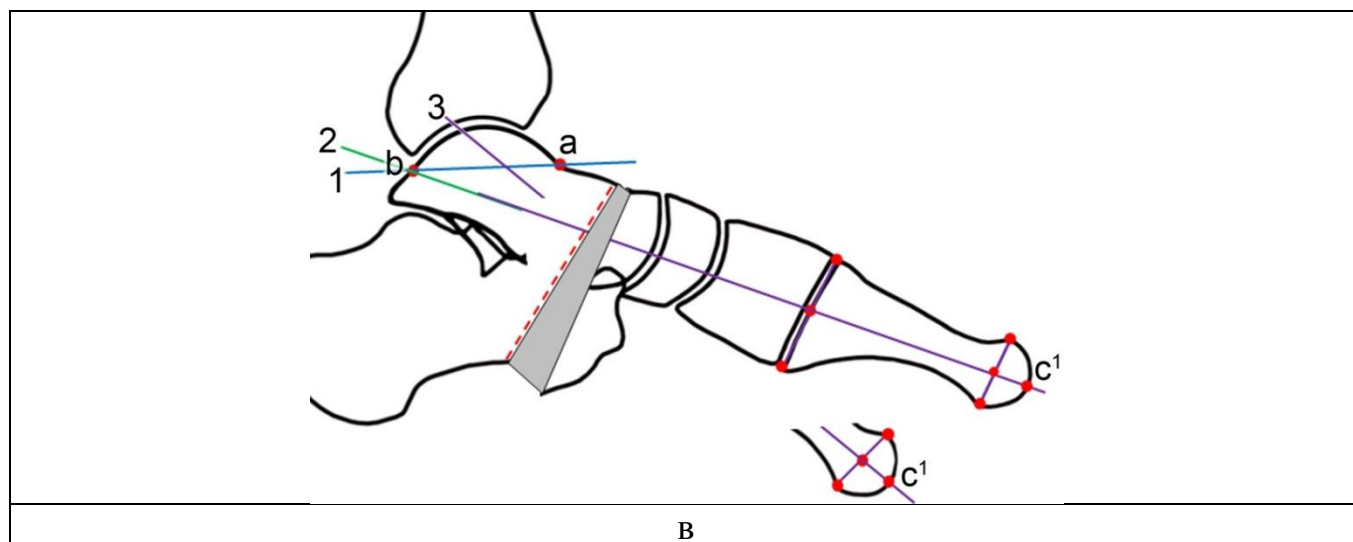


Рис. 4.11. Планирование коррекции деформации стопы на уровне среднего отдела стопы: в – выполнена виртуальная коррекция деформации. Поскольку кроме угловой деформации было укорочение стопы, имеется трапецевидной формы диастаз. Следовательно, показана коррекция по Илизарову

После выполнения виртуальной остеотомии добиваются совпадения линии-2 с механической осью 1-й плюсневой кости, и точки c^I с точкой c (рис. 4.11 в). При возникновении диастаза между центральным и периферическим фрагментами, следует использовать дозированную коррекцию с формированием дистракционного регенерата по Илизарову.

4.2.3. Планирование коррекции деформаций заднего отдела стопы

При определении на рентгенограммах параметров РЛУ заднего отдела стопы был получен массив данных, результаты статистической обработки которых представлены на рисунке 4.12.

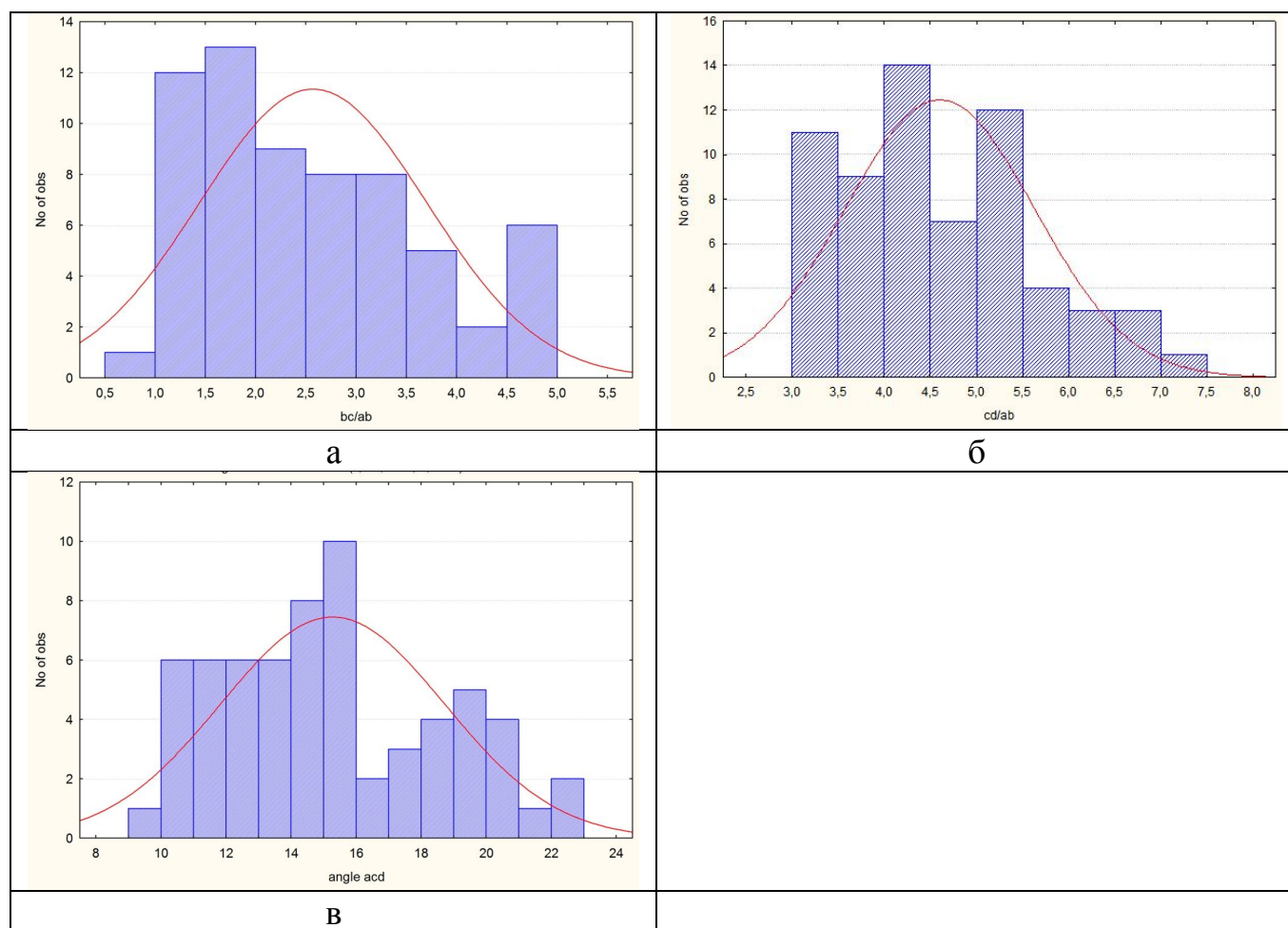


Рис. 4.12. Результаты статистической обработки искомых параметров при определении РЛУ заднего отдела: а – индекс отношения длины отрезка ab к длине отрезка bc ; б – индекс отношения длины отрезка ab к длине отрезка cd ; в – определение величины угла пересечения линии-1 и линии-2 ($\angle acd$). Пояснения в тексте

Результаты показали, что линия, являющаяся продолжением линии блока таранной кости, пересекается с осью пяточной кости в точке с под углом $15,2^\circ (\pm 3,4)$. Этот угол обозначен как латеральный пяточный угол – ЛПУ (Lateral Hindfoot Angle – LHA).

Точка пересечения располагается кпереди от таранной кости на расстоянии, которое рассчитывается по формуле: $ab \times 2,56 (\pm 1,1)$.

Задняя точка оси пяточной кости располагается от точки с на расстоянии, которое рассчитывают по формуле: $ab \times 4,59 (\pm 1,0)$ (рис. 4.13).

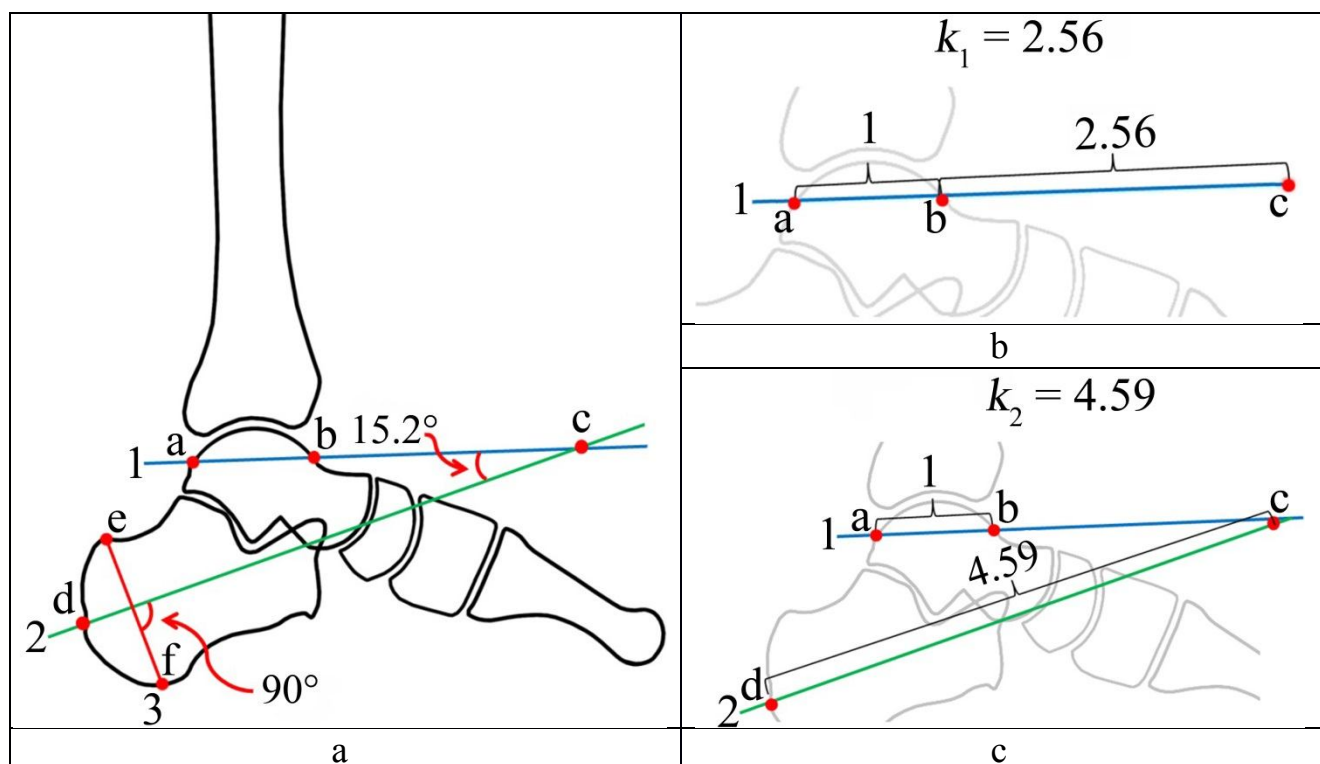


Рис. 4.13. РЛУ заднего отдела стопы: а – угол соотношения линии-1 и линии-2 равен 16° , линия-2 располагается перпендикулярно к отрезку ef (линия-3), пересекая его по центру; б – коэффициент отношения bc к ab равен 2,6; в – коэффициент отношения cd к ab равен 4,8

При анализе рентгенограммы через точки a и b (края блока таранной кости) проводят линию-1 и измеряют расстояние от a до b (например, 35 мм). После этого определяют положение точки c : $35 \times 2,57 = 90$ мм, кпереди от точки b . Из этой точки проводят линию-2 под углом 16° к линии 1. По формуле рассчитывают, что задняя граница пяточной кости (точка d) должна находиться на линии 2 на расстоянии $35 \times 4,78 = 167$ мм от точки c .

Если ось пяточной кости не совпадает с линией-2 и (или) точка d не соответствует задней кортикальной пластинке пяточной кости (рис. 4.14 а), выполняют планирование коррекции деформации. Для этого находят реальную ось пяточной кости и отмечают точку d' в месте пересечения оси пяточной кости с задней кортикальной пластинкой (рис. 4.14 б). Точка пересечения должной и реальной осей является вершиной деформации (рис. 4.14 в). На этом уровне выполняют виртуальную остеотомию и коррекцию деформации (рис. 4.14 г).

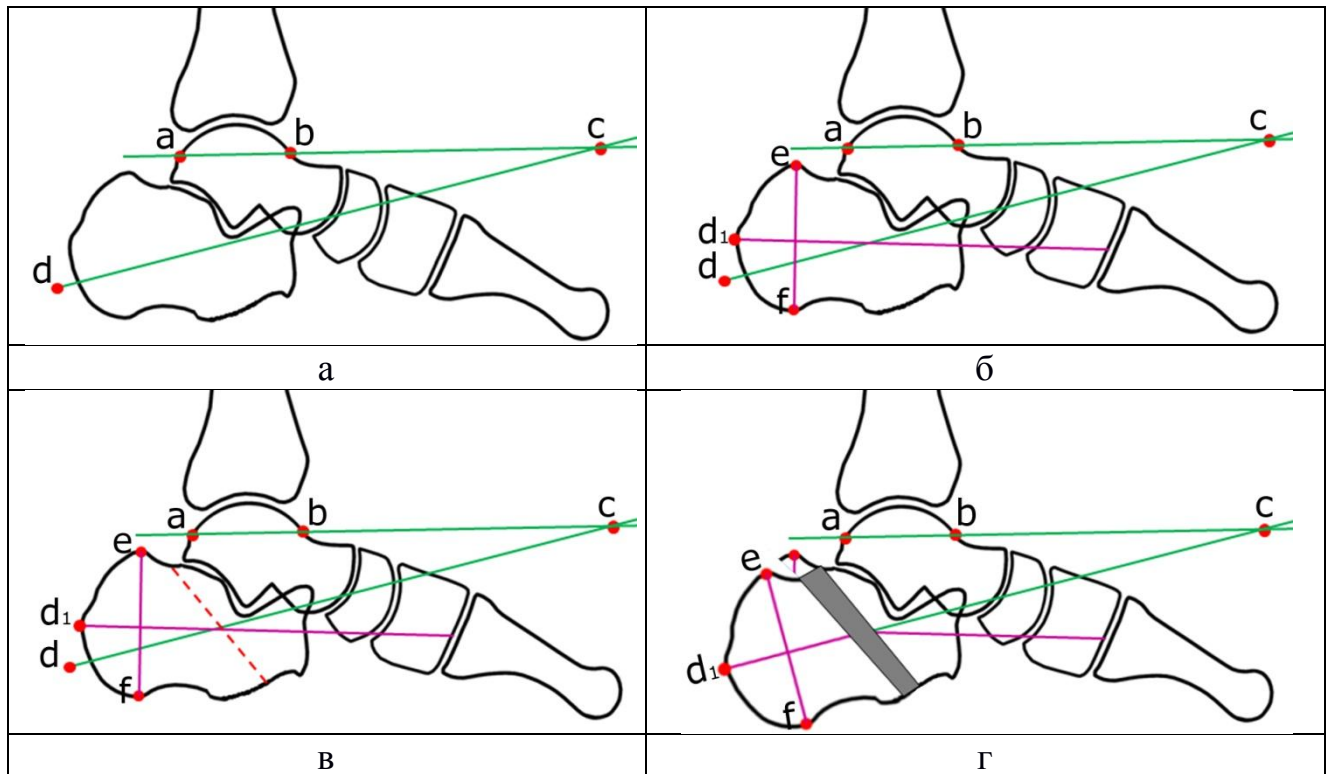


Рис. 4.14. Анализ и планирование коррекции деформации пяточной кости:
 а – определение должной оси пяточной кости и нахождение точки d пересечения оси с задним кортексом; б – определение реальной оси пяточной кости и положения точки d' ; в – определены вершина деформации и линия остеотомии (пунктирная красная линия); г – выполнена виртуальная коррекция деформации. Поскольку кроме угловой деформации имелось укорочение пяточной кости, имеется трапециевидной формы диастаз. Следовательно, показана коррекция по Илизарову

Предложенные способы планирования коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы предполагают, что и величины поперечника пяточной кости, и головки 1-й плюсневой кости сохранены. Однако так бывает не всегда, например, в случае “смятия” пяточной кости при компрессионном переломе или при врожденной патологии с дисплазией пяточной кости. В подобных случаях первым этапом выполняют планирование коррекции согласно представленному выше алгоритму. После этого формируют “четыреугольник стопы” и, при необходимости, дополнительно корректируют положение опорных точек пяточной и 1-й плюсневой костей (рис. 4.15).

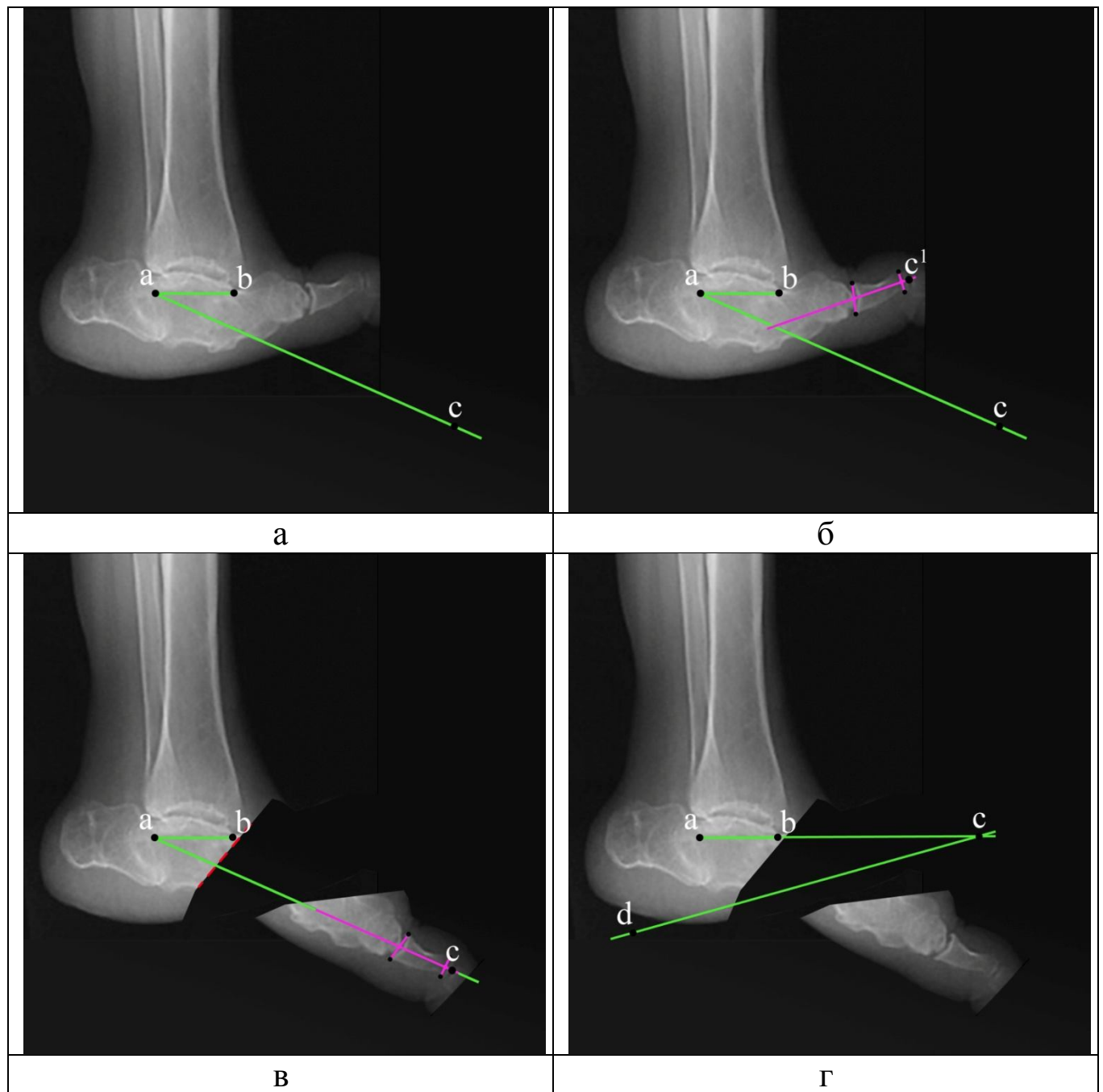


Рис. 4.15. Уточнение планирования коррекции с использованием «четырехугольника стопы»: а – построение механической оси первой плюсневой кости и точка пересечения с передним кортикалом ее головки; б – нахождение механической оси первой плюсневой кости; в – скиаграмма коррекции среднего отдела стопы; г – определение должной анатомической оси пяточной кости и точки пересечения ее с задним кортикалом

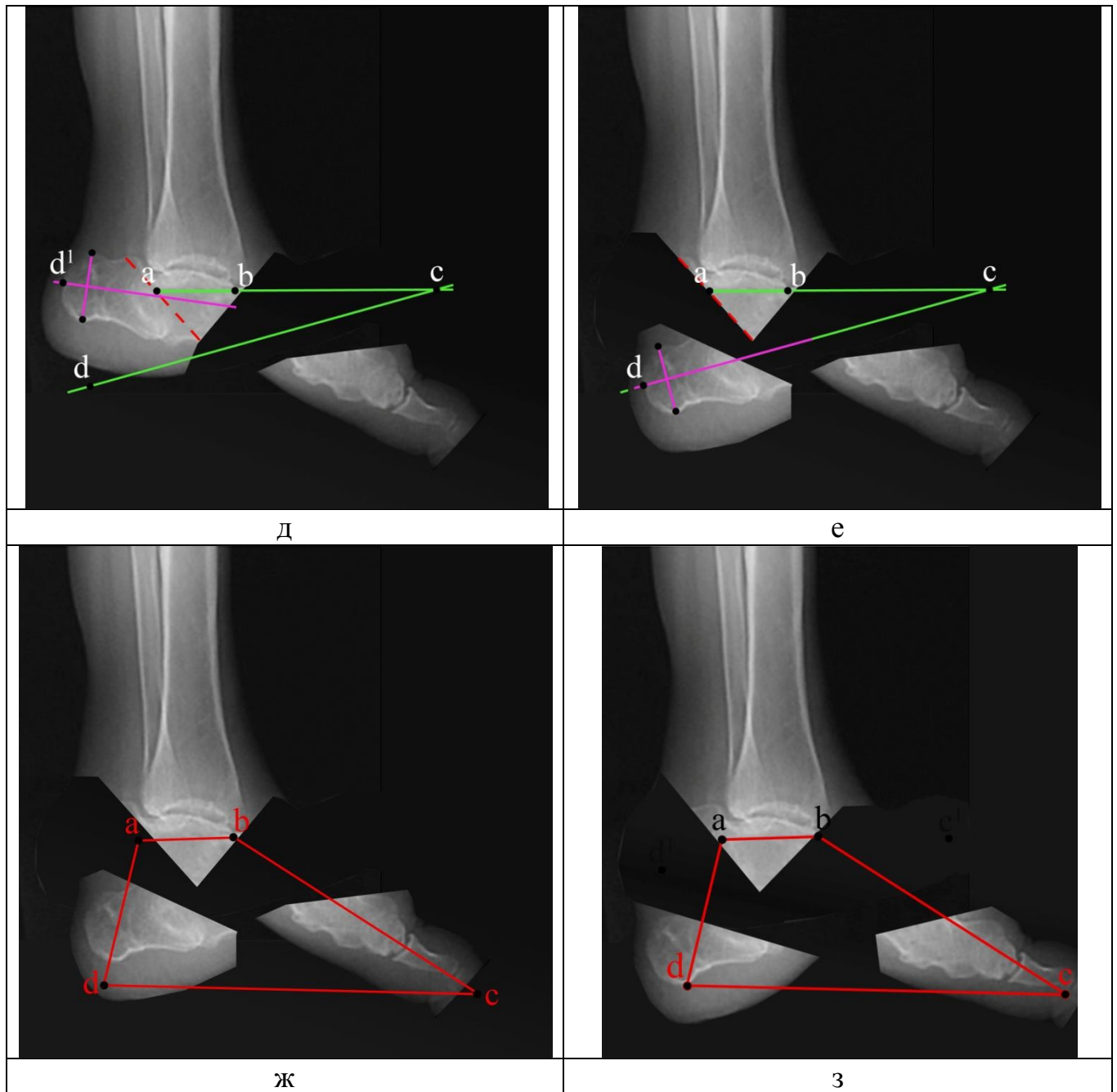


Рис. 4.15. Уточнение планирования коррекции с использованием «четырехугольника стопы»: д – нахождение реальной анатомической оси пяточной кости; е – скиаграмма коррекции деформации заднего отдела стопы; ж – скиаграмма двухуровневой коррекции стопы на основе использования РЛУ. «Поверх» коррекции нанесен «четырехугольник стопы»; з – скиаграмма боковой рентгенограммы стопы при ее двухуровневой коррекции на основе «четырехугольника стопы»

В заключение этого раздела необходимо отметить, что все представленные вновь разработанные методы анализа и планирования коррекции деформации стоп, наряду с альтернативными известными методами, обладают существенным

недостатком, связанным с одноплоскостным изображением. Наличие торсионного компонента деформации, неправильная укладка во время рентгенологического исследования могут существенно повлиять на результат. Решение этой проблемы связано только с разработкой 3D планировщиков. Сравнение результатов планирования с параметрами недеформированной контралатеральной конечности (при наличии) может оказаться решающим при планировании коррекции деформации.

4.3. Результаты определения оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций стопы

4.3.1 Оптимальная компоновка аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы

При разработке и поиске оптимальной компоновки для коррекции деформаций среднего отдела стопы были исследованы пять видов компоновок (см. раздел 2.41), которые отличались в особенностях монтажа опор и крепления страт к опорам. Полученные в ходе эксперимента величины обрабатывались статистически (рис. 4.16), на основании полученных среднестатистических данных строилась диаграмма (рис. 4.17). Результаты представлены в таблице 4.4.

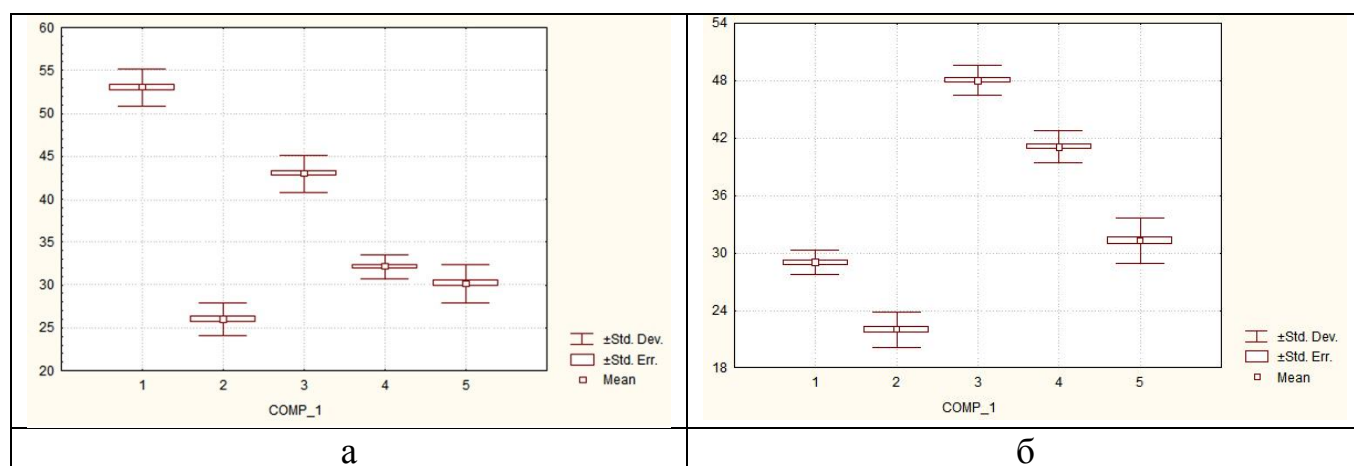


Рис. 4.16. Статистическая обработка величин перемещений в компоновках для коррекции среднего отдела: а – тыльное сгибание; б – тыльное разгибание

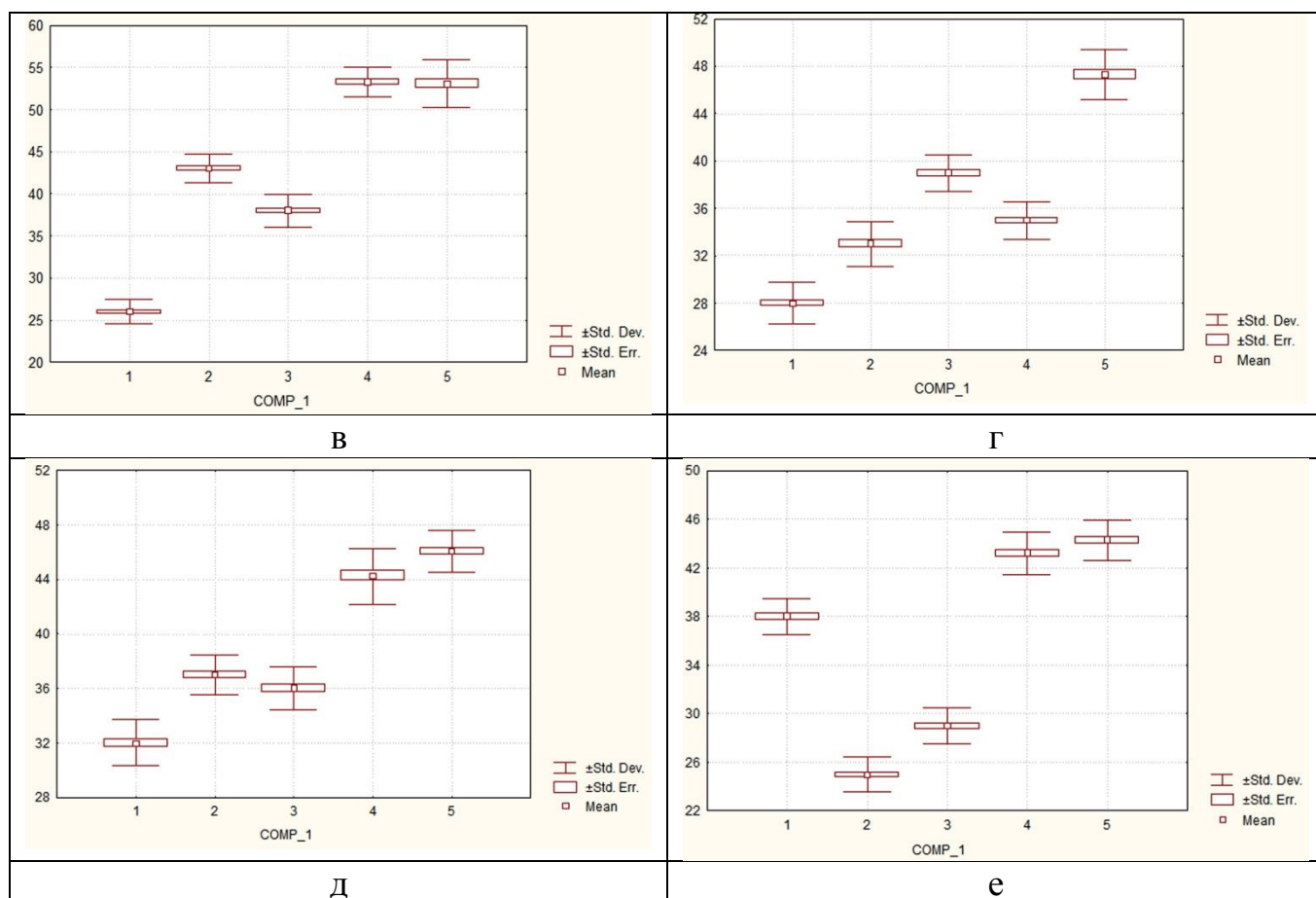


Рис. 4.16. Статистическая обработка величин перемещений в компоновках для коррекции среднего отдела: в – супинация; г – пронация; д – отведение; е – приведение

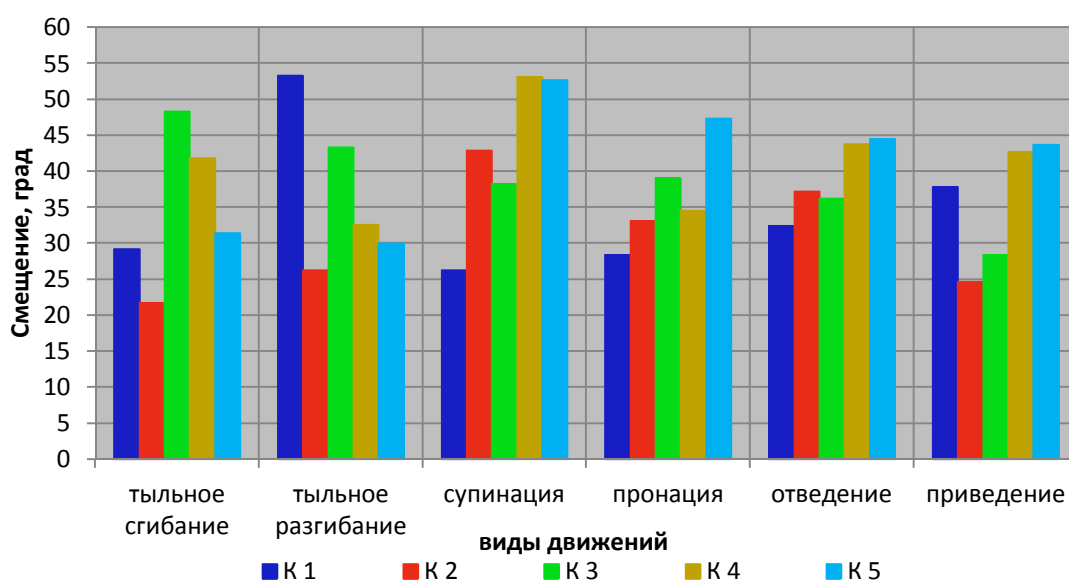


Рис. 4.17. Величины перемещений в компоновках для коррекции среднего отдела стопы

Среднестатистические величины перемещений в компоновках для коррекции
среднего отдела стопы

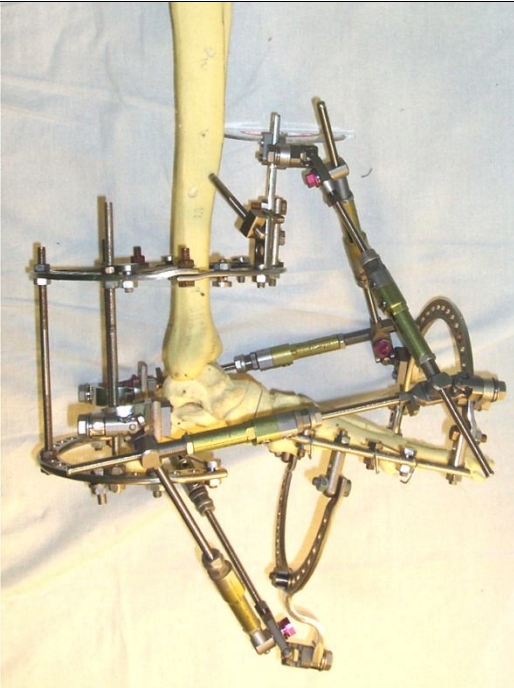
Тыльное сгибание, град.	Подошвенное сгибание, град.	Супинация, град.	Пронация, град.	Отведение, град.	Приведение, град.
1	2	3	4	5	6
Компоновка 1					
					
1	2	3	4	5	6
29±1,3	53±2,1	26±1,5	28±1,7	32±1,7	38±1,5
Компоновка 2					
					
1	2	3	4	5	6
22±1,9	26±1,9	43±1,7	33±1,9	37±1,4	25±1,4

Таблица 4.4
(продолжение)

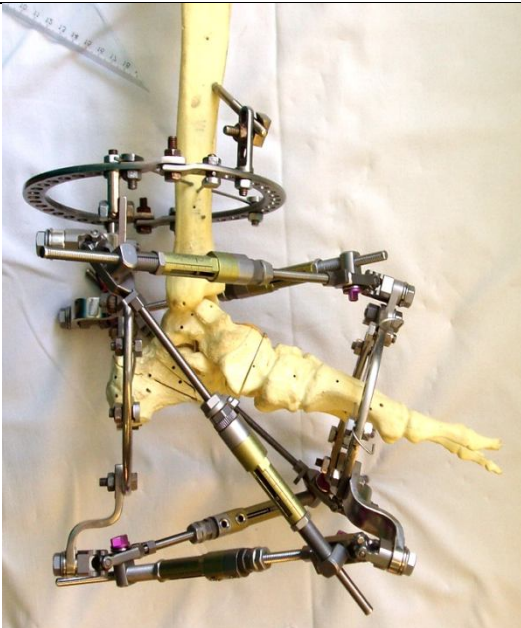
Компоновка 3					
					
1	2	3	4	5	6
48±1,6	43±2,2	38±1,9	39±1,5	36±1,6	29±1,5
Компоновка 4					
					
1	2	3	4	5	6
41,1±1,7	32,1±1,4	53,3±1,8	35±1,6	44,2±2,1	43,2±1,7

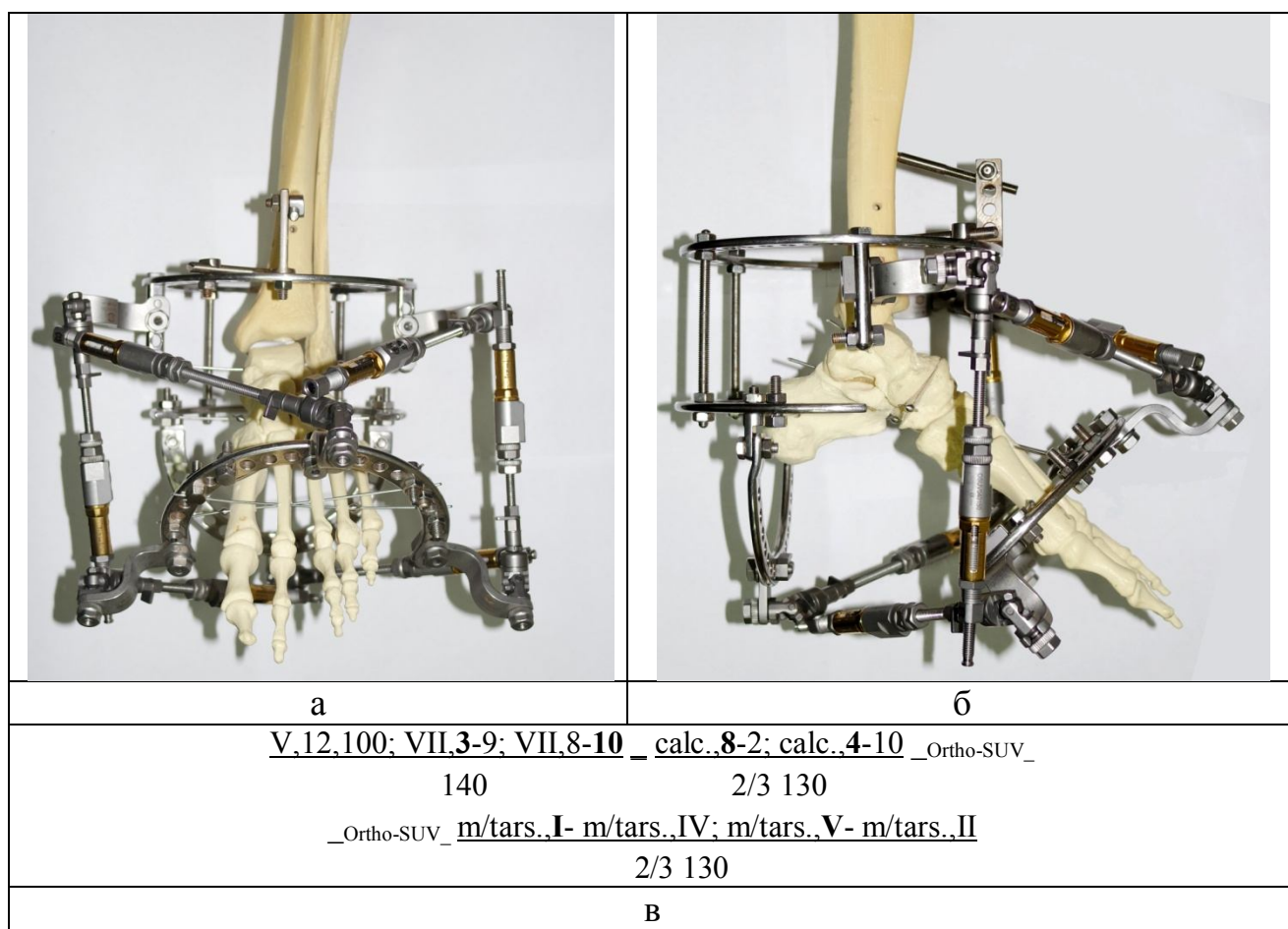
Таблица 4.4
(окончание)

Компоновка 5					
					
1	2	3	4	5	6
31,3±2,4	30,2±2,3	53,1±2,8	47,3±2,1	46,1±1,5	44,3±1,7

Результаты статистической обработки показали, что наибольшие величины перемещений обеспечивают компоновки №4 и №5. Но компоновка №5 несколько более громоздка и сложна для реализации. Кроме того, в ней фиксация к базовой опоре происходит через дополнительную опору и планки, а это отрицательно сказывается на жесткости фиксации. Таким образом, по нашему мнению, лучше всего вышеуказанным требованиям отвечает компоновка №4. Она имеет следующие особенности (рис. 4.18 а-в). Проксимальный базовый модуль состоит из двух опор: кольцевой опоры на уровне дистального метадиафиза голени и опоры, составляющей 2/3–3/4 кольца, фиксированной к пяточной кости. Дополнительно к "пяточной" опоре сверху во фронтальной плоскости фиксируют по две консольные приставки, а снизу в этой же плоскости крепят полукольцо. Дистальную базовую опору, составляющую 2/3 – 3/4 кольца, фиксируют к плюсневым костям и к ней и дистальнее от нее при помощи резьбовых стержней крепят опору, составляющую 2/3 – 3/4 кольца. При этом страты №1 и №5 крепят к

консольным приставкам опоры, фиксированной на пяточной кости, страту №3 крепят в центре дополнительного полукольца "пяточной" опоры. Страты №2 и №4 крепят к краям «выносной» опоры, фиксированной на плюсневых костях. Страту №6 крепят в центре этой же опоры. При этом страты №2, №4 и №6 фиксируют к опорам при помощи Z-образных платиков.

После коррекции деформации может быть выполнена модульная трансформация аппарата: проксимальный модуль, состоящий из опоры, фиксирующей голень, и опоры, фиксирующей пяточную кость, соединяют стержнями или шарнирами с опорой, фиксирующей плюсневые кости. Консольные приставки и полукольцо, фиксированные к «пяточной» опоре, и «выносную» опору, соединенную с опорой, фиксирующей плюсневые кости, демонтируют. Это позволяет уменьшить громоздкость конструкции и обеспечить возможность опоры на стопу (рис. 4.18 г).



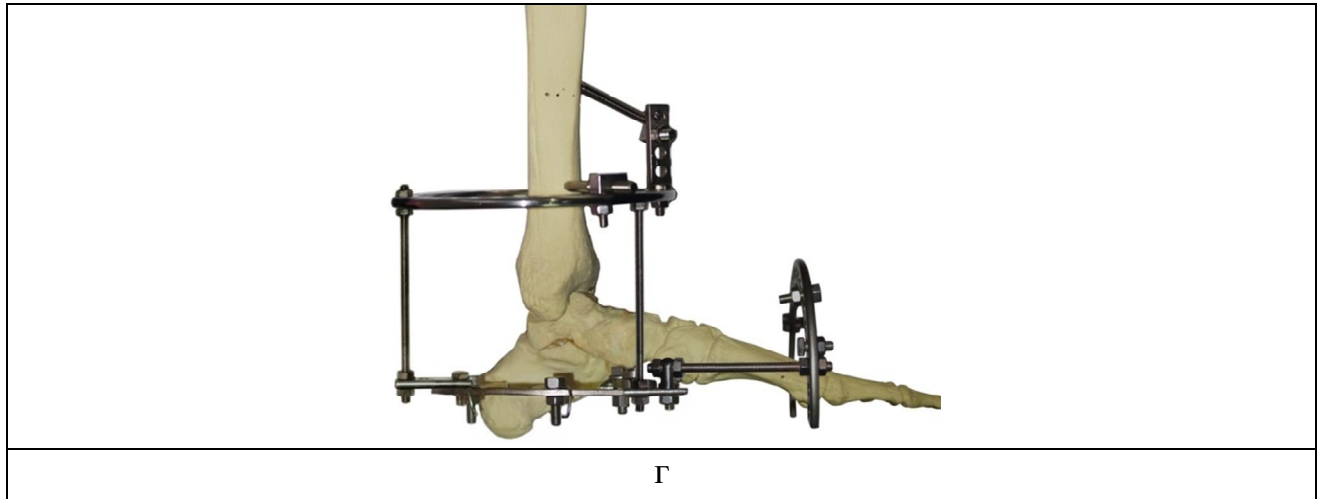


Рис. 4.18. Оптимальная компоновка для коррекции деформаций среднего отдела стопы: а – вид спереди; б – вид сбоку; в – формула компоновки по МУОЧО; г – компоновка аппарата для коррекции деформации среднего отдела стопы после модульной трансформации

4.3.2. Оптимальная компоновка аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне заднего отдела стопы

При разработке компоновок для коррекции деформаций среднего отдела стопы и поиске наиболее оптимальной из них были исследованы три вида компоновок (раздел 2.42), которые так же, как при коррекции среднего отдела, отличались особенностями монтажа опор и крепления страт к опорам. Полученные в ходе эксперимента величины обрабатывались статистически (рис. 4.19), на основании полученных среднестатистических данных строились блочные графики (рис. 4.20). Результаты представлены в таблице 4.5.

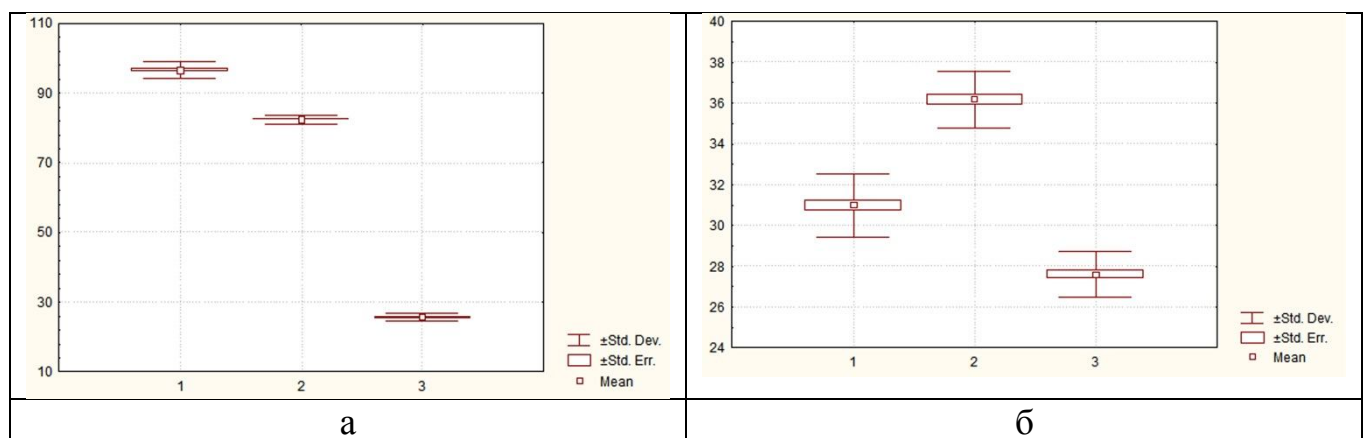


Рис. 4.19. Статистическая обработка величин перемещений в компоновках для коррекции заднего отдела: а – движение 1; б – движение 2

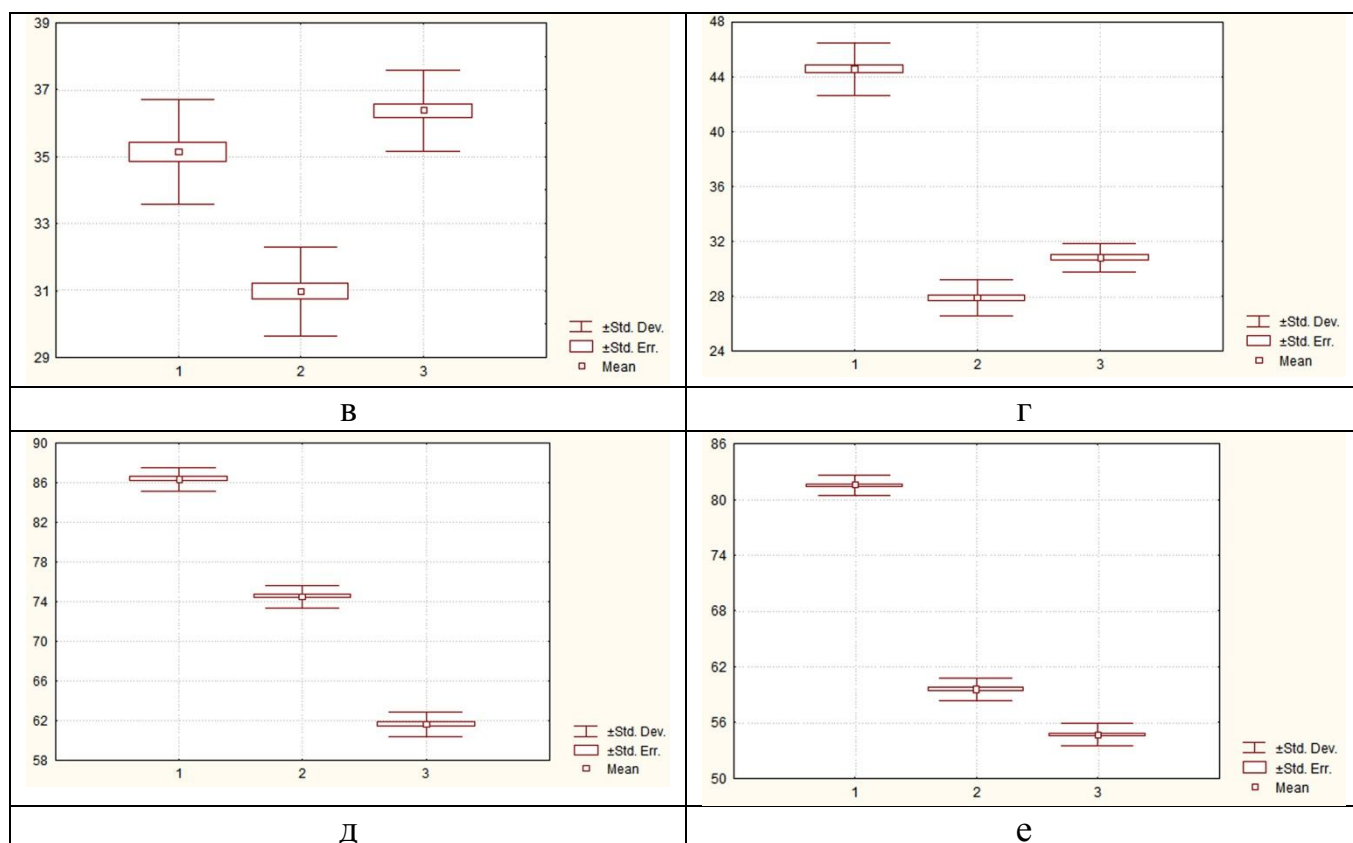


Рис. 4.19. Статистическая обработка величин перемещений в компоновках для коррекции заднего отдела: в – движение 3; г – движение 4; д – движение 5; е – движение 6 (см. табл. 4.5)

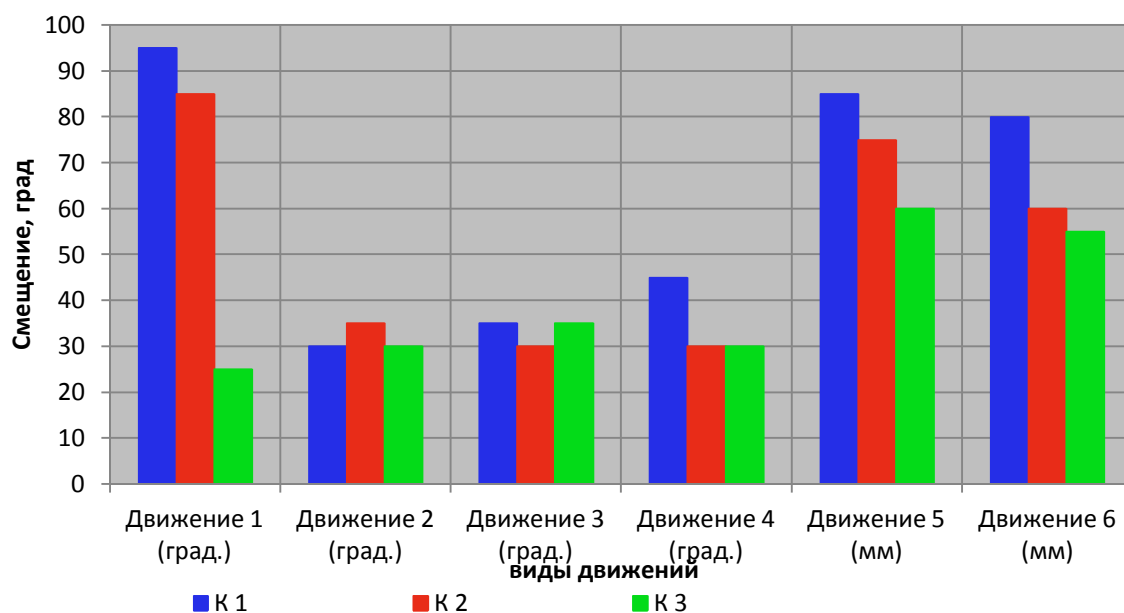
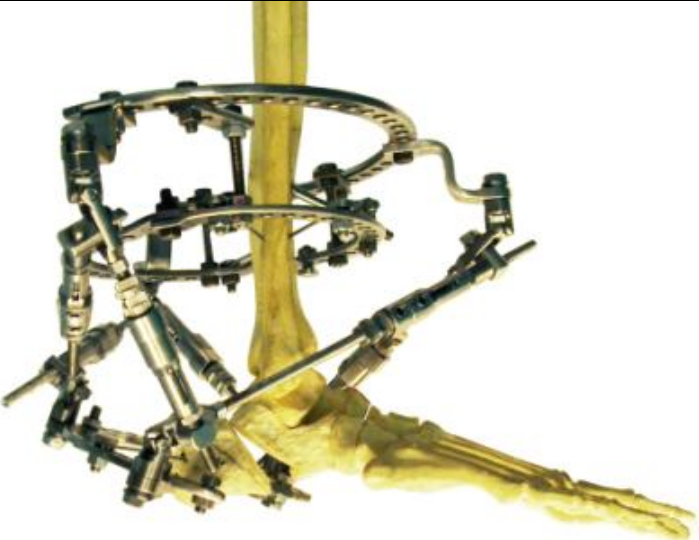


Рис. 4.20. Величины движений в компоновках для коррекции заднего отдела стопы

Среднестатистические величины движений в компоновках для коррекции заднего отдела стопы

Ротация в сагиттальной плоскости вверх, град.	Ротация в сагиттальной плоскости вниз, град.	Варизация (ангуляция во фронтальной плоскости кнутри), град.	Вальгизация (ангуляция во фронтальной плоскости кнаружи), град.	Перемещение кверху и назад, под углом 45° к горизонтальной плоскости, мм	Перемещение вниз и кпереди, под углом 45° к горизонтальной плоскости, мм
1	2	3	4	5	6
Компоновка 1					
					
1	2	3	4	5	6
96,5±2,4	31±1,6	35±1,6	44,5±1,9	86,4±1,2	81,5±1,1
Компоновка 2					
					
1	2	3	4	5	6
82,4±1,2	36,2±1,4	31±1,3	27,9±1,3	74,5±1,1	59,6±1,2

Компоновка 3					
					
1	2	3	4	5	6
25,7±1,1	27,6±1,1	36±1,2	30,8±1,1	61,6±1,3	54,6±1,2

Из данных статистической обработки следует, что наибольшие величины перемещений обеспечивает компоновка №1. Данная компоновка имеет следующие особенности (рис. 4.21 а-в). Проксимальный модуль аппарата состоит из двух кольцевых опор, одну из которых фиксируют при помощи чрескостных элементов на уровне VII голени. К ней фиксируют дополнительную (выносную) кольцевую опору проксимальнее на 5–8 см и диаметром на 2–3 типоразмера больше. Перемещаемый модуль состоит из одной опоры – 2/3 – 3/4 кольца, которую фиксируют к пяточной кости. Выносную и перемещаемую опоры соединяют стратами Орто-СУВ.

Крепление страт к опорам осуществляется в следующем порядке:

- страты №1, №3 и №5 крепят к выносной опоре при помощи Z-образных платиков: страту №1 крепят в позиции 12, страты №3 и №5 в позициях 4 и 8.

- страты №2, №4 и №6 фиксируют к перемещаемой опоре. При этом страты №2 и №6 при помощи Z-образных платиков фиксируют к концам опоры, а страту №4, используя прямой пластик, фиксируют к середине опоры.

После коррекции деформации выполняют модульную трансформацию аппарата: опору, фиксированную к костям голени, и опору, фиксированную к пяточной кости соединяют стержнями или шарнирами, а страты и выносную опору демонтируют. Это позволяет уменьшить громоздкость конструкции и обеспечить возможность опоры на стопу (рис. 4.21 г).

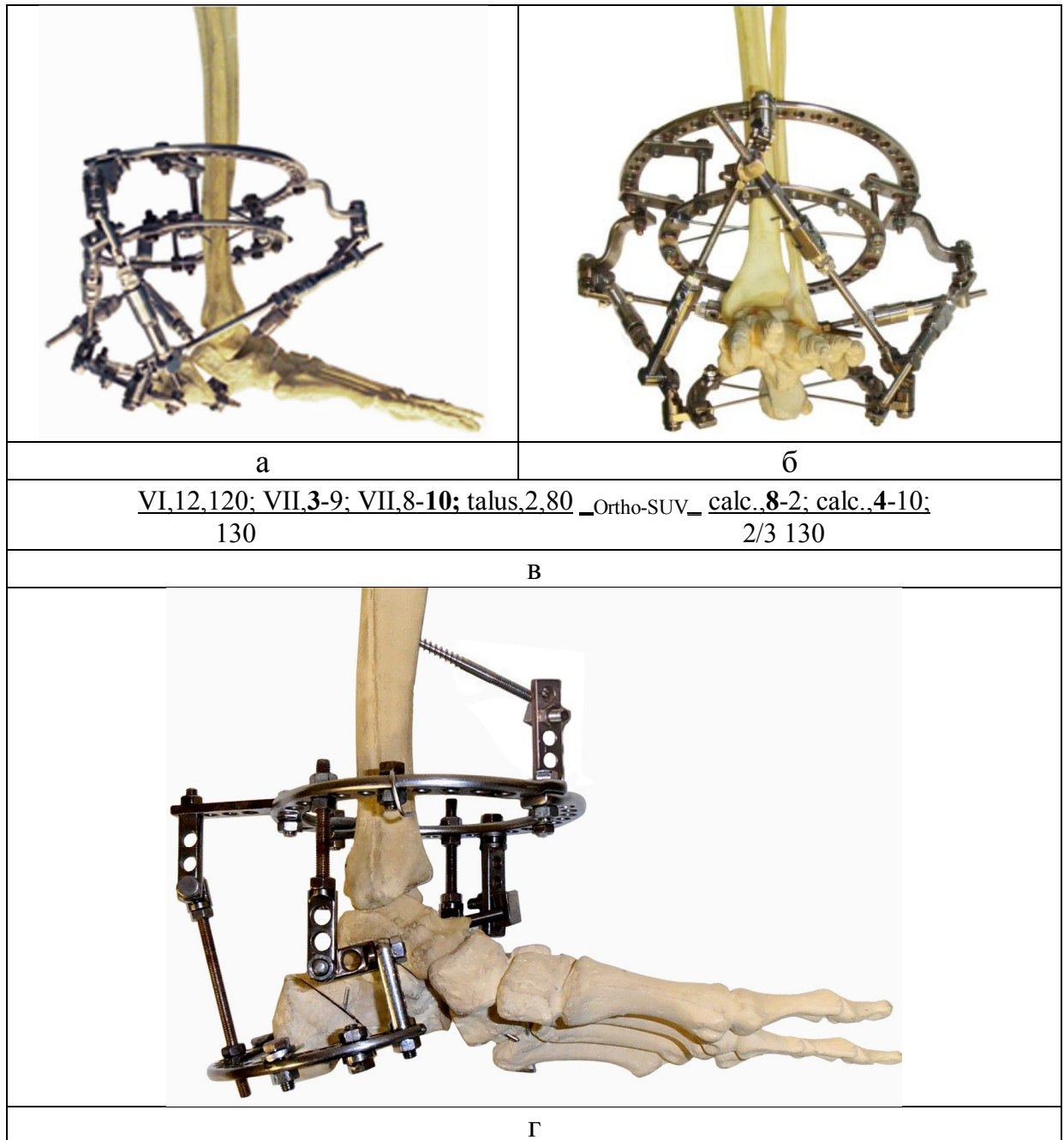


Рис. 4.21. Оптимальная компоновка для коррекции деформации стопы на уровне заднего отдела: а – вид сбоку; б – аксиальный вид; в – формула компоновки по МУОЧО; г – компоновка аппарата для коррекции деформации среднего отдела стопы после модульной трансформации

4.3.3. Оптимальная компоновка аппарата Орто-СУВ для коррекции комбинированных деформаций стопы

При выборе компоновок аппарата Орто-СУВ для одномоментной коррекции двухуровневых деформаций стопы (среднего и заднего отделов) были выбраны компоновки, которые показали лучшие результаты перемещений и при этом между ними не происходило конфликта между стратами и опорами. Для коррекции среднего отдела – компоновка №4, а из компоновок для коррекции заднего отдела стопы – компоновка №2.

Таким образом, компоновка аппарата Орто-СУВ для одномоментной коррекции двухуровневых деформаций стопы имеет вид, представленный на рисунке 4.22 а-в.

		
а	б	в
МУОЧО компоновки для коррекции среднего отдела	<u>V,2,120; VII,3-9; VII,8-10 _ calc.,8-2; calc.,4-10 _Ortho-SUV_</u> 130 1/2 130 <u>_Ortho-SUV_ m/tars.,I- m/tars.,IV; m/tars.,V- m/tars.,II</u> 2/3 120	
МУОЧО компоновки для коррекции заднего отдела	<u>VI,12,120; VII,3-9; VII,8-10; talus,2,80 _Ortho-SUV_ calc.,8-2; calc.,4-10</u> 130 2/3 130	

Рис. 4.22. Компоновка(и) для одномоментной коррекции двухуровневой деформации: а – вид спереди; б – вид сбоку; в – вид сзади

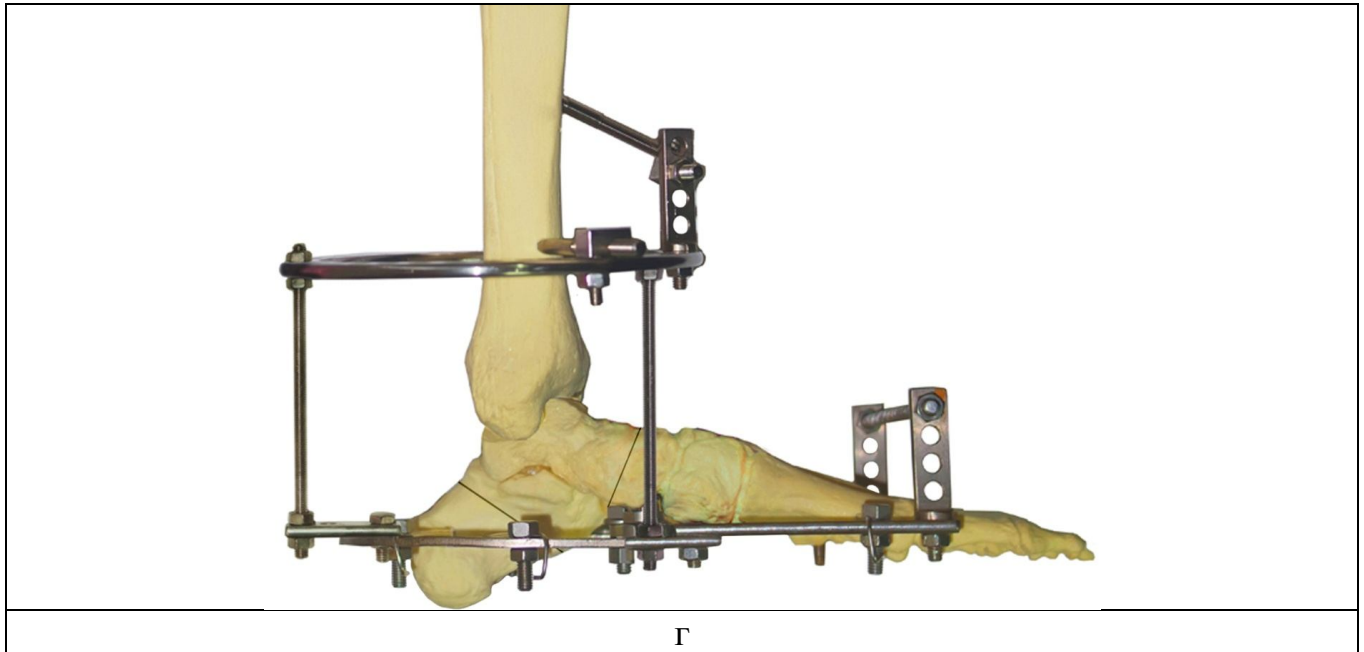


Рис. 4.22. Компоновка(и) для одномоментной коррекции двухуровневой деформации: г – после модульной трансформации

После коррекции деформации так же может быть выполнена модульная трансформация аппарата: проксимальный модуль, состоящий из опоры, фиксирующей голень, соединяют стержнями или шарнирами с опорами, фиксирующими пяточную и плюсневые кости. «Выносную» опору, соединенную с опорой, фиксирующей плюсневые кости, демонтируют (рис. 4.22 г). Такая компоновка принимает минимальные размеры и делает передвижение пациента более удобным.

4.4. Обсуждение полученных результатов

Данные, полученные в результате эксперимента по смещению мягких тканей стопы, позволили определить, какие позиции на каждом из четырнадцати поперечных и трех косых уровнях оптимальны для проведения чрескостных элементов. На этой основе был разработан «Атлас рекомендуемых позиций». Мы предполагаем, что использование разработанного атласа окажется полезным для специалистов, особенно начинающих, которые работают в области коррекции сложных деформаций стопы и используют внешнюю фиксацию. Преимуществами

разработанного атласа являются большее количество уровней и более совершенная система координат, чем у аналогов.

Разработанные методы оценки и планирование коррекции деформации среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости не зависят от положения стопы в голеностопном суставе, деформации таранной кости или наличия анкилоза голеностопного сустава в порочном положении. Даже наличие выраженных врожденных или приобретенных деформаций среднего и заднего отделов стопы не являются препятствием для планирования реконструкции стопы.

Благодаря проведенному исследованию были определены компоновки аппарата Орто-СУВ, которые обеспечивают максимальное перемещение при коррекции деформаций стопы на уровне среднего и заднего отделов. Все они интегрированы со стандартной компьютерной программой Орто-СУВ. Следует отметить, что все компоновки имеют сравнительно большие размеры, чем компоновки аппарата Илизарова, используемые при рассматриваемых ситуациях. Использование модульной трансформации после коррекции деформации позволяет нивелировать этот недостаток. Кроме этого, вместо модульной трансформации может быть использован переход с внешней фиксации на внутреннюю.

ГЛАВА 5

КЛИНИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕННЫХ И УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МЕТОДИК ПЛАНИРОВАНИЯ И ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ОРТО-СУВ

5.1. Общая характеристика пациентов

Как указывалось в главе 2.5, клинический раздел данного исследования основан на анализе лечения 35 пациентов с деформациями стоп. Из них 11 пациентам проводилась коррекция деформаций на уровне среднего отдела, 4 пациентам проводилась коррекция деформаций пяточной кости и 20 пациентам была проведена коррекция двухуровневых деформаций. Возраст пациентов был от 18 до 69 лет, Из них 20 мужчин и 15 женщин.

5.2. Результаты коррекции с использованием аппарата Орто-СУВ

С целью оценки эффективности применения ортопедического гексапода при коррекции деформаций стоп мы анализировали временные показатели лечения, точность коррекции, функциональные результаты и имеющие место осложнения.

5.2.1. Точность коррекции

Все деформации по количеству плоскостей и составляющих компонентов были разделены согласно разработанной классификации (п. 4.1) на простые, средней степени сложности и сложные. Из 35 пролеченных пациентов 9 (25,7%) имели деформации средней степени сложности, из них 7 человек с деформациями на уровне среднего отдела и 2 человека с деформациями на уровне заднего отдела и сложную степень деформации – 26 человек (74,3%), из них 20 были с комбинированными двухуровневыми деформациями, 4 – с деформациями на уровне среднего отдела и 2 человека – с деформациями на уровне заднего отдела. Таким образом, пациентов с простыми деформациями стоп в наше исследование

не попали. Данные о количестве компонентов и величине пролеченных нами деформаций представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Вид и величина деформаций

Компоненты деформации	n	Величина деформации
Средний отдел		
Латеральный механический угол среднего отдела стопы – мЛСУ (сагиттальная плоскость)	24	20,1° (±7,9) (10-31)
Таранно-большеберцовый угол (сагиттальная плоскость)	16	29,9° (±8,3) (20-41)
Супинация стопы на уровне среднего отдела	11	56,4° (±18,1) (30-83)
Пронация стопы на уровне среднего отдела	1	40°
Приведение среднего отдела – метатарзальный приводящий угол (МПУ)	7	27,5° (±5,5) (14-38)
Укорочение среднего отдела	8	15,8мм (±3,9) (10-22)
Задний отдел		
Латеральный пяточный угол – ЛПУ (сагиттальная плоскость)	9	23,9°(±7,3) (15-46)
Аксиальный большеберцово-пяточный угол – аБПУ	11	15,9° (±7,6) (3-25°)
Укорочение пяточной кости	5	15,2мм (±5,0) (8-23)
Смещение пяточной кости	4	11,5мм (±6,9) (5-27)
Двухуровневые деформации		
Метатарзально-пяточный угол (сагиттальная плоскость)	17	28° (±7,9) (12-45)

Из таблицы 5.1 видно, что наиболее часто встречаемыми компонентами деформаций среднего отдела были изменения латерального механического угла среднего отдела стопы (метатарзально-таранный угол в сагиттальной плоскости) – мЛСУ и супинация среднего отдела. Это можно объяснить тем, что в период развития деформации тяга мышц сгибателей стопы и супинаторов превосходит таковую у мышц-антагонистов. В деформациях заднего отдела стопы наибольшие нарушения приходится на ЛПУ (пяточно-таранный угол в сагиттальной

плоскости). А при анализе комбинированных двухуровневых деформаций стоп наибольшее количество приходится на нарушения метатарзально-пяточного угла в сагиттальной плоскости.

Окончание каждого этапа лечения сопровождалось рентгенконтролем и анализом достигнутого результата в сравнении с референтными значениями. Отклонение от нормы позволяло судить об остаточной деформации сразу после демонтажа аппарата и спустя 6 и 12 мес. Стоит отметить, что 12 пациентам (34,3%) сразу по окончании коррекции выполнили артродезирование с внутренней фиксацией, и 5 (14,3%) пациентам артродез с внутренней фиксацией проводился через 2–4 мес. после окончания коррекции в связи с дестабилизацией АВФ.

Для оценки точности проведенной коррекции мы изучали показатели, указанные в п.2.5.2 диссертации. Для деформаций на уровне среднего отдела рассматривались: в тыльной-прямой проекции – метатарзальный приводящий угол – МПУ (Metatarsus adductus angle – МАА), референтные значения – 11° (6–16°) и в боковой проекции – латеральный механический угол среднего отдела стопы - мЛСУ (Lateral Mechanical Midfoot Angle – mLMA); референтные значения – 23,6° (20,4–26,8°) (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Значения МПУ и мЛСУ у пациентов с деформациями среднего отдела стопы до и после коррекции

Степень сложности деформации	N	МПУ		МЛСУ	
		До коррекции	После коррекции	До коррекции	После коррекции
Средняя степень					
Деформации на уровне среднего отдела	7	18,3°(±4,8) (11-24°)	11,9°(±2,0) (8-13°)	41,6°(±9,0) (28-53°)	24,6°(±1,7) (22-27°)
Сложные деформации					
Деформации на уровне среднего отдела	4	21,8°(±7,9) (10-27°)	9,2°(±2,4) (11-16°)	31,5°(±7,4) (28-40°)	24,1°(±2,8) (21-25°)
Комбинированные двухуровневые деформации	20	17,9°(±5,3) (9-27°)	10,7°(±2,7) (7-16°)	33,0°(±11,5) (20-56°)	23,3°(±1,5) (21-26°)

В скобках приведены стандартное отклонение, а также минимальные и максимальные значения

Для статистически значимого анализа мы объединили все значения МПУ и мЛСУ во всех трех рассматриваемых группах: пациенты с изолированными деформациями на уровне среднего отдела средней степени сложности и сложной степени, а также комбинированными деформациями. Полученные данные были обработаны статистически:

- показатели МПУ до коррекции (ср. знач.: $18,5^{\circ} \pm 5,5$), после коррекции (ср. знач. $11,3^{\circ} \pm 2,6$), $p < 0,05$;

- мЛСУ до коррекции (ср. знач.: $34,9^{\circ} \pm 10,7$) и после коррекции (ср. знач.: $23,5^{\circ} \pm 1,6$) $p < 0,05$. Результаты в виде диаграмм представлены на рисунке 5.1.

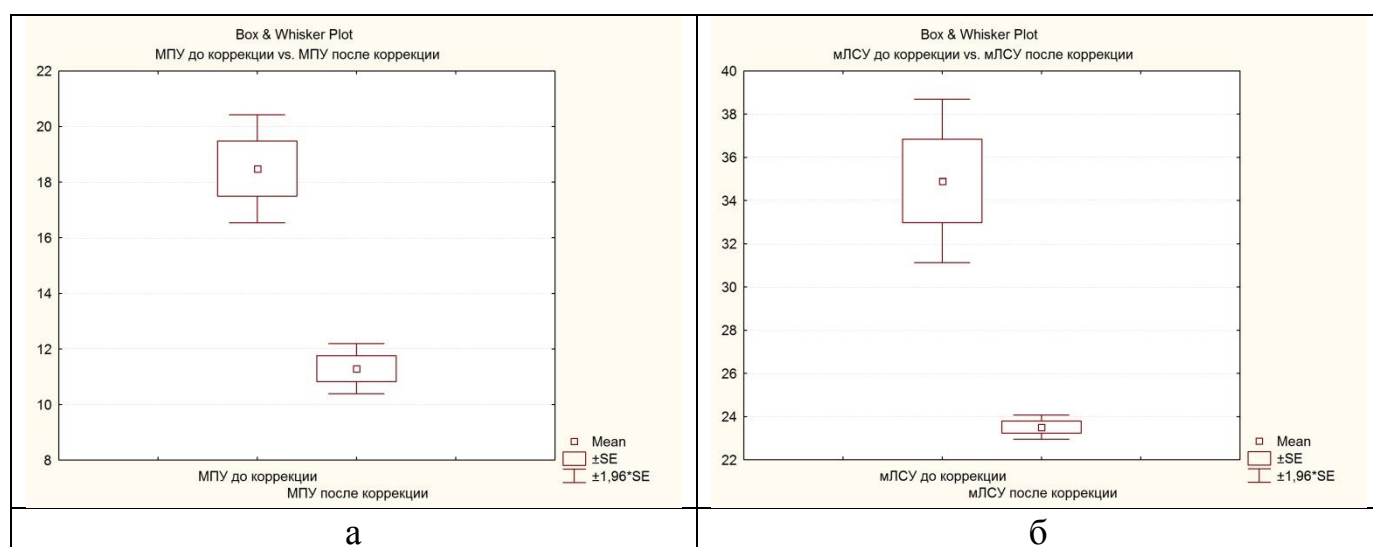


Рис. 5.1. Вариабельность показателей МПУ (а) и мЛСУ (б) у пациентов после демонтажа аппарата

Как видно из представленных на рисунке 5.1 диаграмм, стандартное отклонение от намеченной коррекции для МПУ было $2,6^{\circ}$, а для мЛСУ – $1,6^{\circ}$. Таким образом, управление средним отделом стопы при помощи Орто-СУВ позволяло нам выполнить коррекцию с точностью до $1,6$ – $2,6^{\circ}$.

Приводим пример оценки результата лечения у пациентки З., 20 лет, с диагнозом: последствия перинатальной патологии спинного мозга (миелодисплазия, оперированная спинномозговая грыжа) в форме смешанного нижнего парапареза. Неврогенная сложная многоплоскостная комбинированная деформация среднего и заднего отделов стопы. При проведении рентгенографии

на момент поступления в тыльно-подошвенной проекции МПУ – 19° (в норме 11°). В боковой проекции мЛСУ составлял $37,5^\circ$ (в норме $23,6^\circ$), Выполнено планирование коррекции (рис. 5.2).

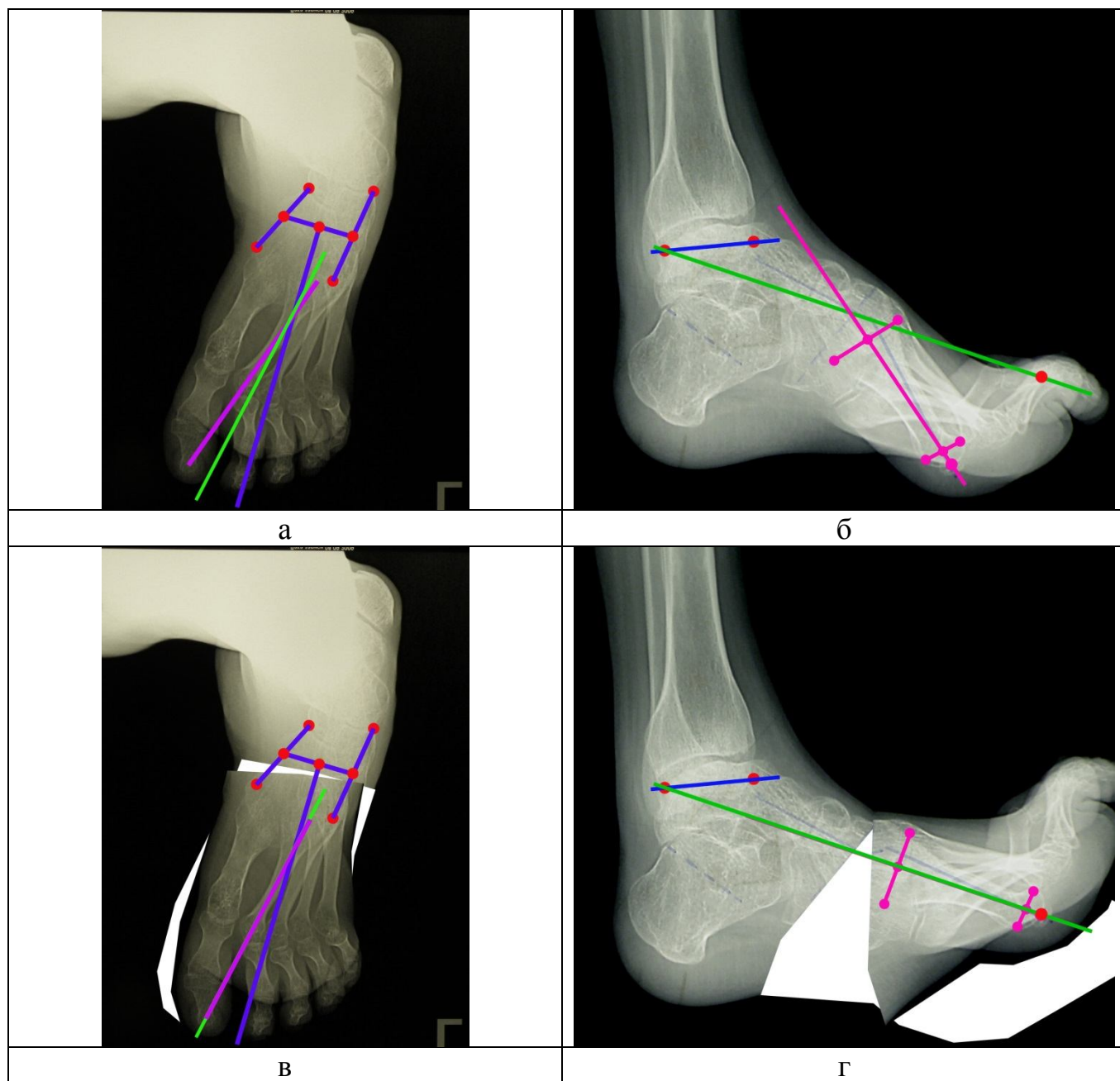


Рис. 5.2. Рентгенограммы пациентки 3. до коррекции: а – тыльно-подошвенная проекция; б – боковая проекция; скиаграмма – планирование коррекции: в – тыльно-подошвенная проекция; г – боковая проекция

Выполнена реконструктивно-пластическая операция: чрескостный остеосинтез голеностопного сустава и стопы, остеотомия пяточной кости и костей предплюсны левой стопы. На третий день после операции начата коррекция

аппаратом Орто-СУВ. В программе SUV-Software произведены расчеты коррекции среднего отдела (рис. 5.3).

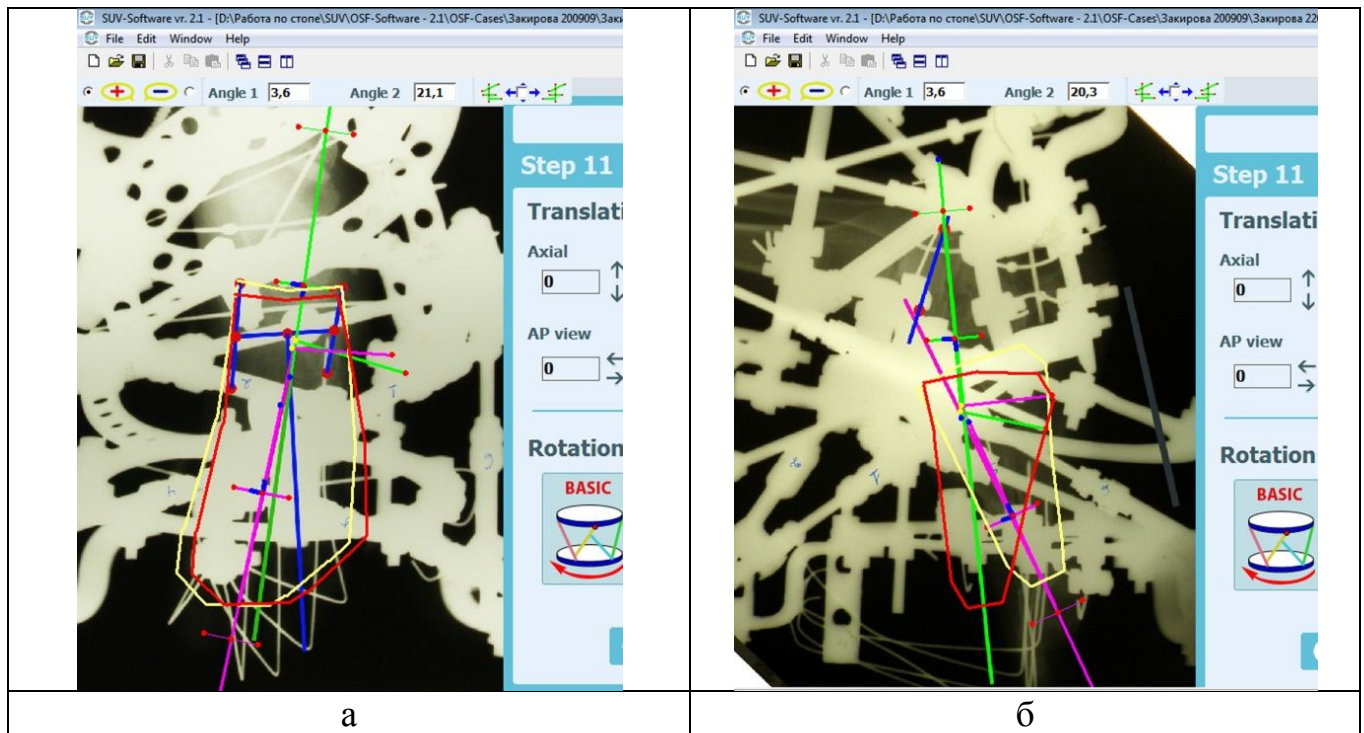


Рис. 5.3 Окно программы SUV-Software на 11-м шаге: а – расчет коррекции в тыльно-подошвенной проекции; б – расчет коррекции в боковой проекции

По завершению коррекции выполнена модульная трансформация аппарата – страты заменены на фиксирующие штанги и шарниры (рис. 5.4).

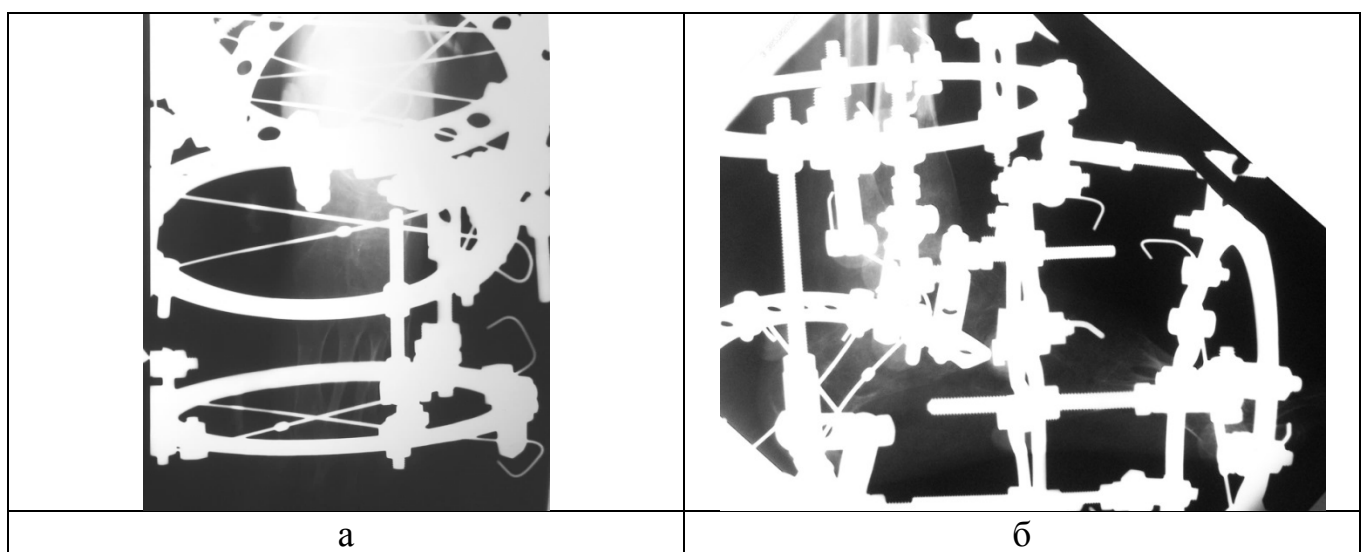


Рис. 5.4. Рентгенограммы стопы пациентки 3. после завершения коррекции замена репозиционного узла Орто-СУВ на фиксирующие штанги: а – тыльно-подошвенная проекция; б – боковая проекция

Фиксационный период до полной консолидации фрагментов составил 3,5 мес., после чего аппарат был демонтирован. Анализ рентгенограмм: угол МПУ - 15° (рис. 5.5 а), что соответствует референтным значениям. Угол мЛСУ - 31° (рис. 5.5 б); в норме $PЗ = 20,4-26,8^\circ$. Однако опорная поверхность головки первой плюсневой кости находится после коррекции в соответствии с референтными значениям (рис.5.5 в), $k_{ac/ab} = 4,4$ ($PЗ = 3,4-5,2$). Медиальный плюсне-клиновидный и клиновидно-ладьевидный суставы были артродезированы, поэтому расположением механической оси первой плюсневой кости можно пренебречь.

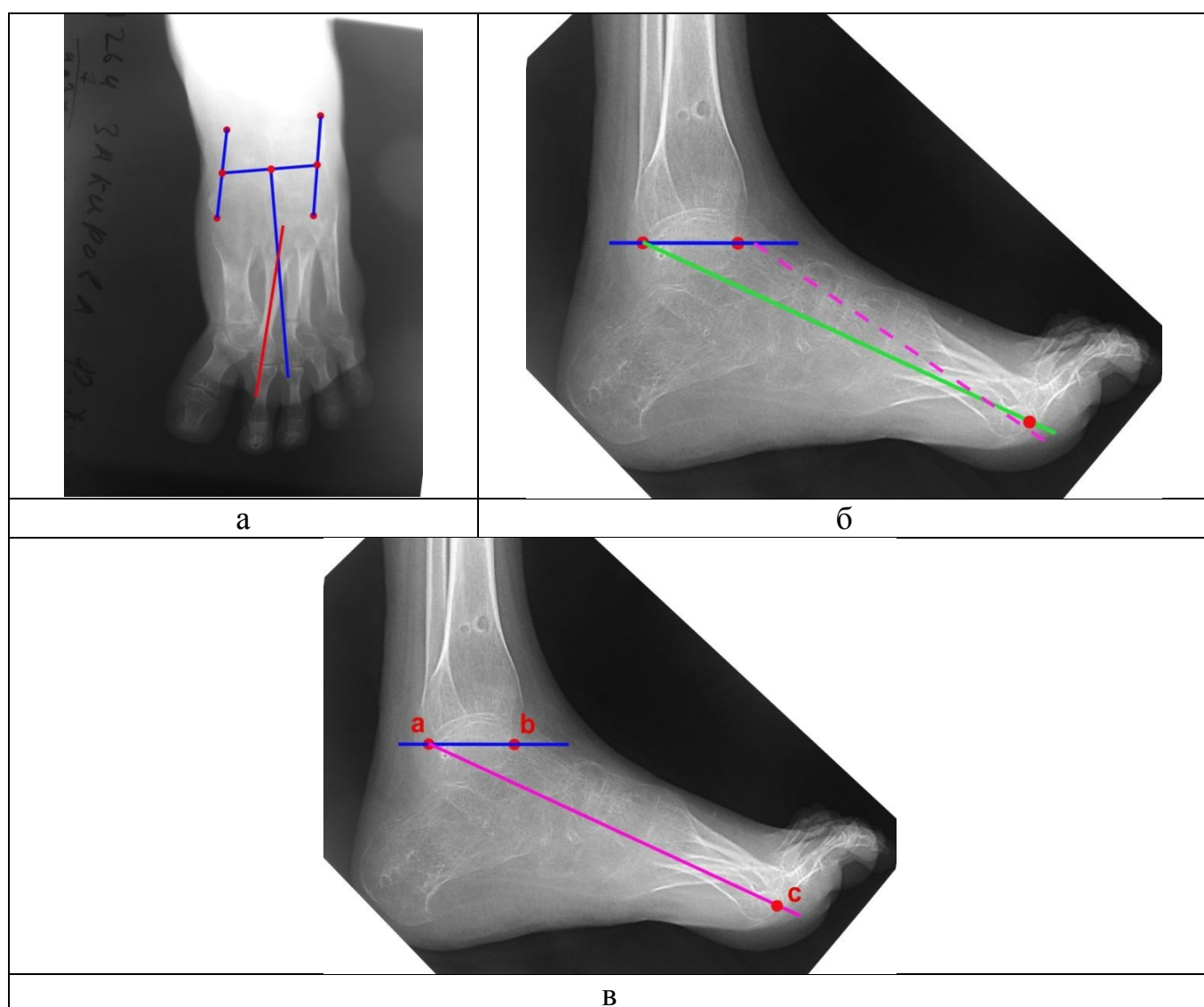


Рис. 5.5. Рентгенограммы пациентки 3. после демонтажа аппарата через 14 нед. после коррекции: а – тыльно-подошвенная проекция, МПУ – 15° ; б – боковая проекция, мЛСУ – 31° ; в – боковая проекция, $k_{ac/ab} = 4,4$

Для оценки точности проведенной коррекции на уровне заднего отдела, так же в соответствии с п. 2.5.2 мы оценивали: в аксиальной проекции – аксиальный большеберцово-пяточный угол – аБПУ (Tibial-calcaneal angle), референтные значения – 3° ($0-6^{\circ}$) и в боковой проекции латеральный пяточный угол – ЛПУ (Lateral Hindfoot Angle - LHA), референтные значения – $15,2^{\circ}$ ($12,8-18,6$) (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Значения референтных линий и углов для заднего отдела стопы

Степень сложности деформации	N	аБПУ		ЛПУ	
		До коррекции	После коррекции	До коррекции	После коррекции
Средняя степень					
Деформации на уровне заднего отдела	2	19,5° (±17,7) (7-32°)	5° (±1,4) (4-6°)	23,5°(±3,5) (21-26°)	15°(±0) (15-15°)
Сложные деформации					
Деформации на уровне заднего отдела	2	12°(±12,7) (3-21°)	5,5°(±0,7) (5-6°)	23,5°(±6,4) (19-28°)	15,5°(±0,7) (15-16°)
Комбинированные двух-уровневые деформации	20	16°(±6,4) (5-25°)	3,4°(±2,4) (0-7°)	14°(±2,0) (12-18°)	15,1°(±1,5) (12-17°)

В скобках указаны минимальные и максимальные значения

Полученные в результате анализа значения аБПУ и ЛПУ, так же как и значения для среднего отдела, мы объединили, что позволило нам сделать статистический анализ данных. Результаты статистической обработки:

- показатели аБПУ до коррекции (ср. знач.: $15,9^{\circ} \pm 7,6$), после коррекции (ср. знач.: $3,7^{\circ} \pm 2,3$), $p < 0,05$;
- показатели ЛПУ до коррекции (ср. знач.: $23,9^{\circ} \pm 7,3$), после коррекции (ср. знач.: $15,1^{\circ} \pm 1,3$), $p < 0,05$ (рис. 5.6).

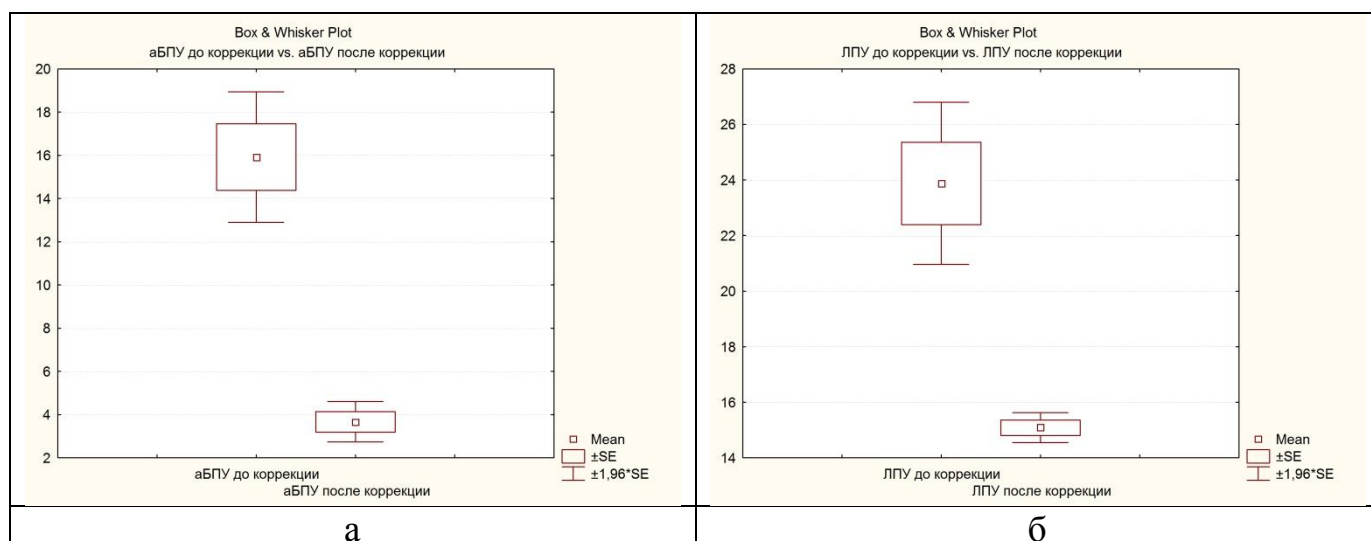


Рис. 5.6. Вариабельность показателей аБПУ (а) и ЛПУ (б) у пациентов сразу после коррекции

Стоит отметить, что значения показателя аБПУ (ось пяточной кости относительно среднediaфизарной линии большеберцовой кости) «стремятся» либо к 0° , либо к 6° . Это связано с проведением функциональной гиперкоррекции: при вальгусной деформации пяточной кости мы старались вывести аБПУ к 0° , и, наоборот, при коррекции деформации пяточной кости с варусной установкой либо при латерализации фрагмента пяточной кости мы стремились установить ее ось при вальгусе 6° . При оценке ЛПУ вариации отклонения были незначительные – стандартное отклонение $1,3^\circ$. Это можно объяснить тем, что фиксация опор к пяточной кости гораздо жестче, чем к среднему отделу, и биомеханика управления от этого значительно выигрывает.

Приводим пример оценки результата коррекции. Пациент Ж., 32 года, с диагнозом: последствия ДТП, открытый перелом костей левой голени. Глубокая инфекция костей голени. Панартроз правой стопы. Многоплоскостная деформация пяточной кости. До коррекции аБПУ = 3° (вальгус), ЛПУ – -20° (рис. 5.7). После анализа рентгенограмм произведено планирование ее коррекции.

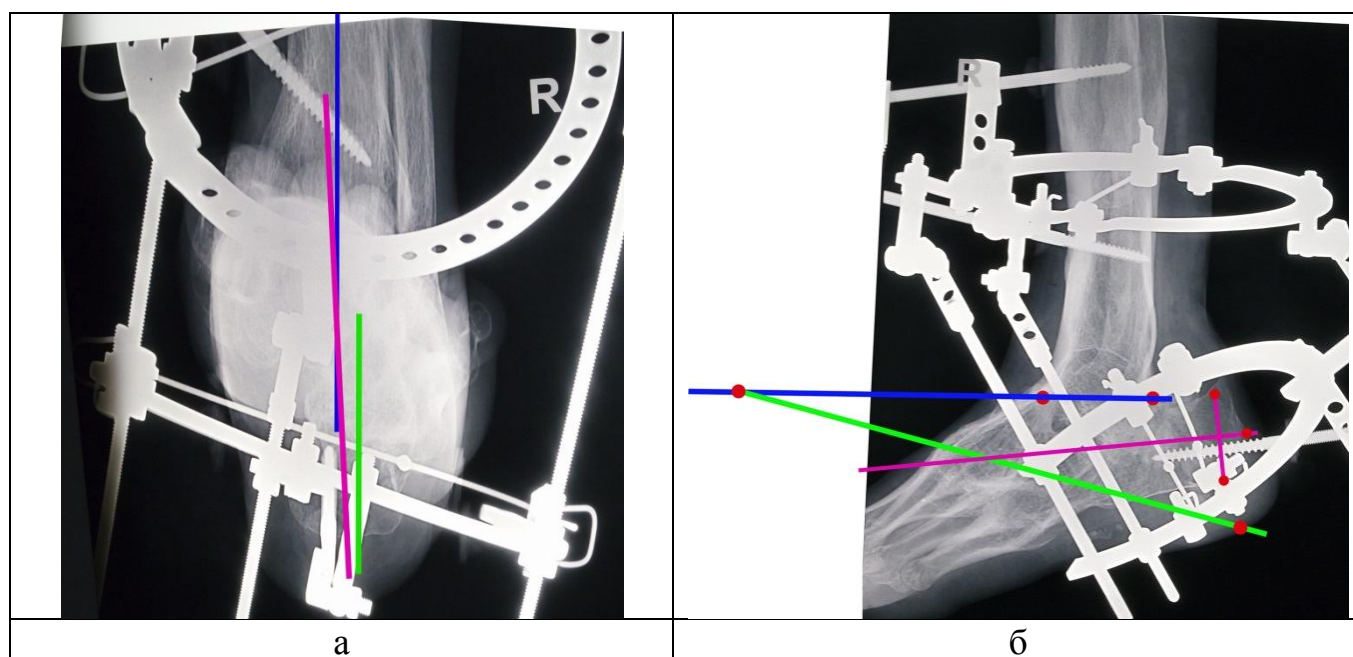


Рис. 5.7. Рентгенограммы пациента Ж. до коррекции в аксиальной (а) и боковой (б) проекциях;

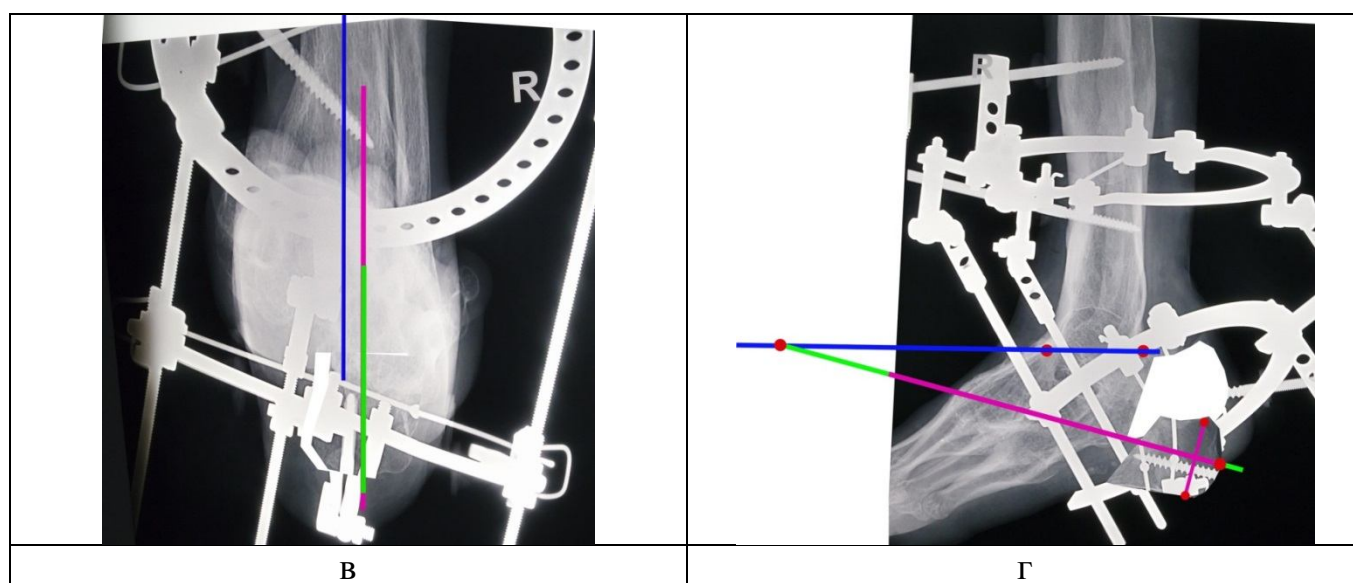


Рис. 5.7. Рентгенограммы пациента Ж. скиаграммы планирования коррекции в аксиальной (в) и боковой (г) проекциях

Произведена реконструктивно-пластическая операция: чрескостный остеосинтез голеностопного сустава и стопы, остеотомия пяточной кости. В течение 12 дней производилась дистракция на уровне остеотомии. На 13-й день после операции начата коррекция в аппарате Орто-СУВ. В программе SUV-Software произведены расчеты коррекции заднего отдела (рис. 5.8).

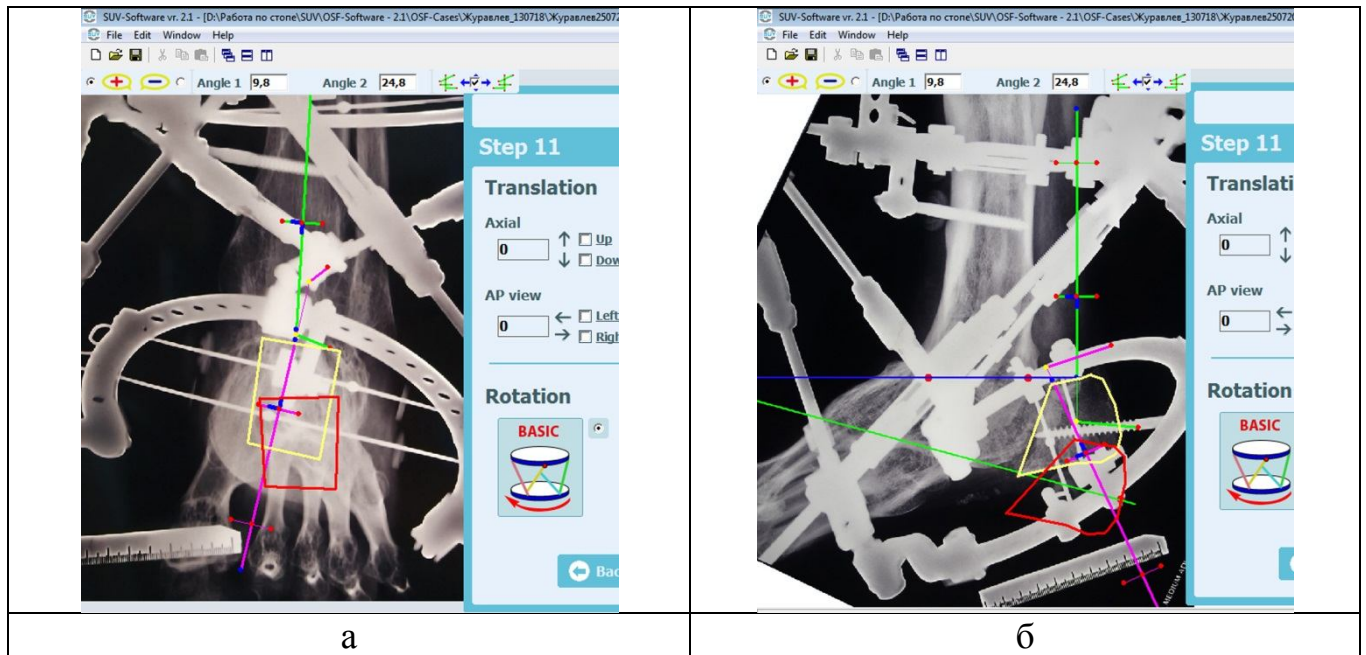


Рис. 5.8. Окно программы SUV-Software на 11-м шаге: а – расчет коррекции в прямой проекции; б – расчет коррекции в боковой проекции

После проведения коррекции в аппарате Орто-СУВ был достигнут желаемый результат: аБПУ = 0° (рис. 5.9 а), ЛПУ = 15° (рис. 5.9 б).

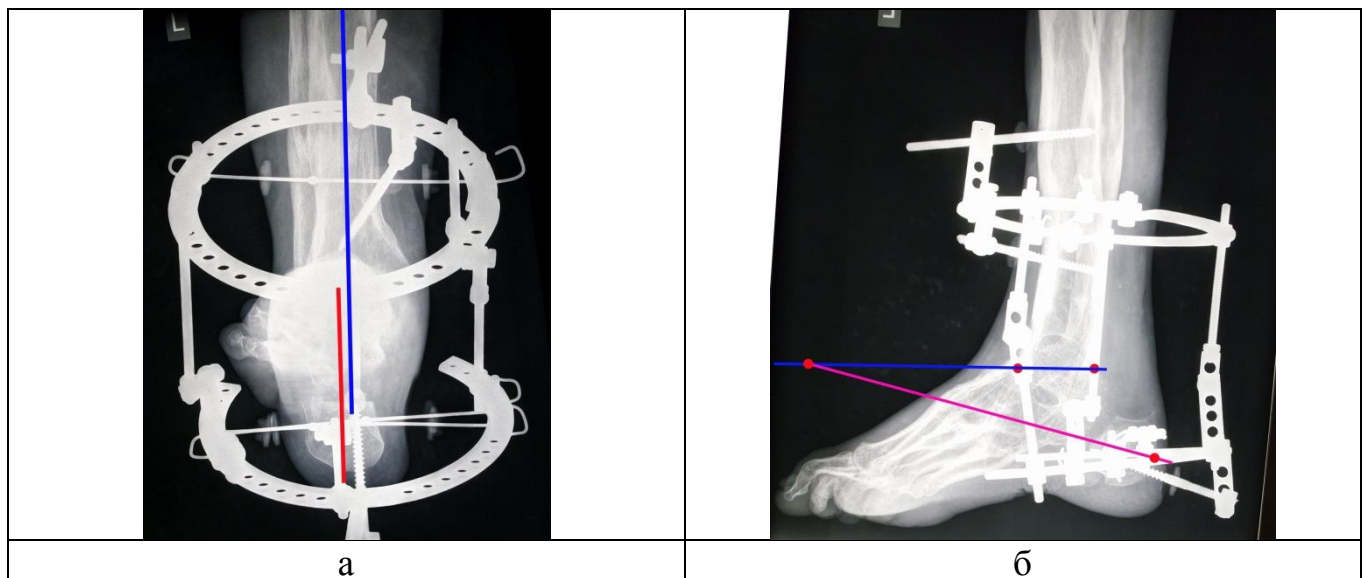


Рис. 5.9. Пациент Ж. Окончание коррекции, модульная трансформация аппарата (замена РУ Орто-СУВ на фиксационные шарниры): а – аксиальная проекция; б – боковая проекция

Хотелось бы еще раз отметить, что для правильной оценки результатов важную роль играет правильная установка пациента при проведении

рентгенографии, так как незначительная ротация стопы или голени (даже в $5-6^\circ$) дает ложноположительный или ложноотрицательный результат, что влияет не только на качество лечения, но и на длительность коррекции. Для предотвращения этой ошибки очень важно, чтобы лечащий врач присутствовал при проведении рентгенографии.

Из 35 пациентов с деформациями стоп у трех пациентов коррекция не была достигнута в связи осложнениями:

1. Коррекция прекращена по причине развития некупируемой невралгии – 1 пациент (2,9%).

2. Коррекция была прекращена в результате «парамедицинских» причин: необходимость вернуться домой в другой регион без продолжения дальнейшего лечения и наблюдения в РНИИТО – 2 пациента (5,7%).

Оценка рентгенограмм пациентов после 6 мес. от окончания коррекции.

В данный период из 35 пациентов с вторичной деформацией было выявлено 4 (11,4%), из которых все имели изначально сложную степень деформации. На уровне среднего отдела возник частичный рецидив приведения костей предплюсны – 3 чел. (МПУ $19-31^\circ$), рецидив полый стопы – 1 чел. (МЛСУ – 36°). На уровне заднего отдела у одного пациента возник рецидив вальгусного отклонения (аБПУ – 11° и пяточной стопы (ЛПУ – 23°). Данные осложнения были существенны для функциональности нижней конечности, но мягкие ткани позволяли не проводить повторную дозированную коррекцию в аппарате, устранение деформации производилось одномоментно с последующей внутренней фиксацией.

Оценка рентгенограмм пациентов в период через 12 мес. после окончания коррекции. В этот период был выявлен всего один пациент (2,8%) у которого возник рецидив деформации на уровне как среднего, так и заднего отделов: МПУ – 20° , МЛСУ – 39° , ЛПУ – 22° . Деформация у этого пациента до коррекции также относилась к группе сложных деформаций.

Таким образом, неудовлетворительный результат был выявлен у 8 (22,9%) пациентов со сложной степенью деформации. У всех из них чрескостный метод

фиксации был использован в качестве основного и единственного. Это заставляет думать о расширении показаний к внутренней фиксации после завершения аппаратной коррекции.

Полученные результаты позволили их сравнить с данными мировой литературы. Так H. Shalaby и H. Nefny (2007) приводят результаты лечения 25 сложных деформаций стоп у 20 пациентов в период с 2002 по 2005 год с использованием V-образной остеотомии и метода Илизарова. Результаты анализа рентгенограмм: большеберцово-подошвенный угол составил до лечения 124° , после лечения – 92° (в норме – 90°), большеберцово-таранный угол до лечения составлял – 132° , после лечения – 106° (в норме – 115°), угол Meary до лечения – 20° , после лечения – 4° (в норме $\approx 0^\circ$), пяточно-метатарзальный угол до лечения – 112° , после лечения 130° (в норме – 130°) и МПУ до лечения – 25° , после лечения – 17° (в норме – 15°). Это показывает, что в аппарате Илизарова возможно проводить коррекцию с точностью до $0\text{--}4^\circ$. Н. Waizy с соавторами (2011) приводят примеры лечения 7 пациентов со сложными комбинированными деформациями стоп, коррекция которых проводилась в аппарате TSF. Патологическую ротацию среднего отдела (супинацию) и эквинусную деформацию стопы на уровне среднего отдела им удалось исправить, однако достигнуть правильной установки пяточной кости не удалось. После окончания коррекции в двух случаях (28,6%) отмечен рецидив деформации.

5.2.2. Временные показатели лечения

Как указывалось в главе 2, временные показатели учитывали:

- период коррекции – время от начала коррекции деформации до момента ее полного устранения;
- период фиксации – время от момента окончания коррекции деформации до демонтажа аппарата. Этот показатель рассматривался только в тех случаях, когда период фиксации в аппарате проводился до полной консолидации;
- период остеосинтеза – время от момента операции до демонтажа аппарата внешней фиксации. Пациентам, которым сразу после коррекции был произведен

демонтаж аппарата с целью фиксации в гипсе или переход на внутреннюю фиксацию данный показатель не учитывался;

- индекс фиксации – это отношение времени фиксации в АВФ к величине удлинения (данный показатель не распространялся на пациентов, которым не проводилась остеотомия);

- индекс остеосинтеза – это отношение времени нахождения пациента в АВФ к величине удлинения (данный показатель также не распространялся на пациентов, которым не проводилась остеотомия).

Длительность периода коррекции деформации была проанализирована у всех 35 пациентов (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Длительность коррекции аппаратом Орто-СУВ

Сложность деформации	n	Период коррекции, дни)
Средняя степень		
Деформации на уровне среднего отдела	7	25,3 ($\pm 10,5$)
Деформации на уровне заднего отдела	2	25 ($\pm 1,4$)
Сложные деформации		
Деформации на уровне среднего отдела	4	16,3 ($\pm 9,1$)
Деформации на уровне заднего отдела	2	29,5 ($\pm 12,0$)
Комбинированные двухуровневые деформации	20	29,6 ($\pm 8,7$)
Итого	35	

Указаны среднее значение и стандартное отклонение.

Для предварительного (ввиду малого количества пациентов со средней степенью тяжести) сравнения двух групп показателей (периоды коррекции средней и сложной степени) мы объединили деформации на уровне среднего и заднего отделов. Полученные данные после анализа имели следующие значения: для средней степени сложности – ср. знач. 25,2($\pm 9,1$), для сложной степени – ср. знач. 27,3($\pm 14,7$). Эти данные предварительные, поскольку вероятность ошибки весьма высокая ($p > 0,05$). Это можно объяснить тем, что деформации стоп, относящиеся к категории средней степени тяжести, зачастую были не сильно выраженные, поэтому подлежали одномоментному исправлению без применения дозированной коррекции во времени.

На рисунке 5.10 представлены результаты статистического анализа данных, полученных в период коррекции деформаций средней и сложной степени.

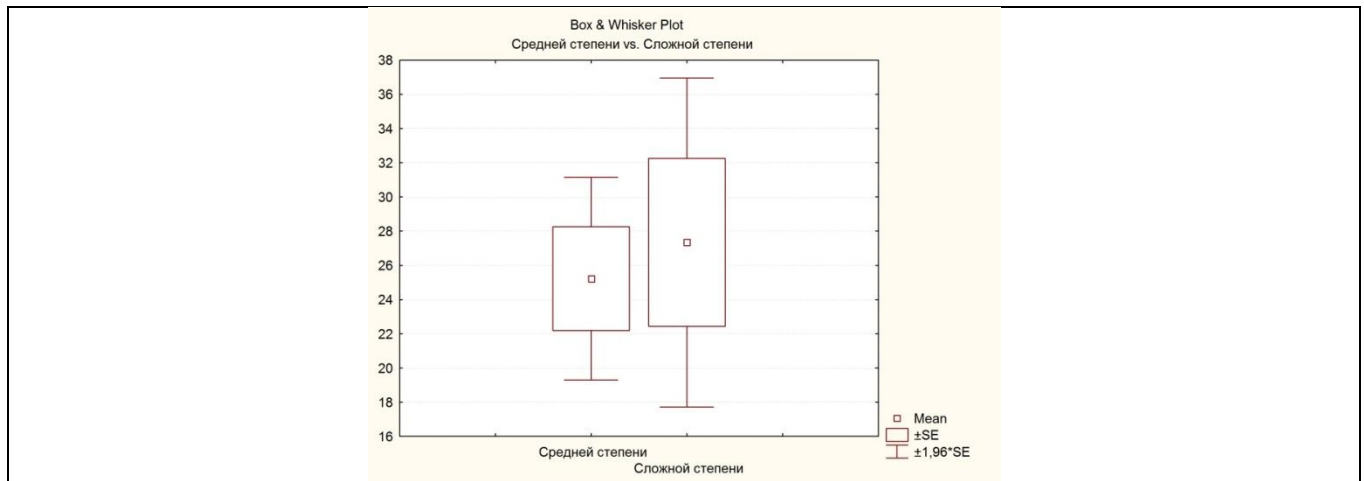


Рис. 5.10. Периоды коррекции деформаций средней и сложной степени

Несмотря на статистически незначимое сравнение показателей коррекции для обеих групп, можно отметить тенденцию к незначительной разнице во времени, требующемся для коррекции в той и другой группах. Это еще раз подтверждает, что при коррекции аппаратом Орто-СУВ количество плоскостей и компонентов деформаций не имеет принципиального значения.

Из всех проанализированных случаев у 12 пациентов (34,3%) внешняя фиксация после коррекции деформации была заменена на внутреннюю. В 21 случае (60%) после завершения коррекции была выполнена модульная трансформация аппарата, и внешняя фиксации была сохранена до полной консолидации фрагментов. Данные о длительности периодов фиксации и остеосинтеза представлены в таблице 5.5.

Ввиду малого количества случаев в каждой группе статистически значимые выводы сделать невозможно. У обоих пациентов с изолированной деформацией пяточной кости из группы сложных деформаций сразу после коррекции проводилась внутренняя фиксация. Поэтому эти случаи не могли быть учтены. Комбинированные двухуровневые деформации со средней степенью сложности не встречались. Но если провести сравнение коррекции деформаций среднего отдела средней и тяжелой степени тяжести, то в обеих группах периоды и

фиксации, и остеосинтеза вполне сопоставимы и, практически не отличаются друг от друга.

Таблица 5.5

Длительность периодов фиксации и остеосинтеза у пациентов с деформациями стопы

Сложность деформации	Количество пациентов	Показатель
1	2	3
Период фиксации, дни		
Средней степени сложности		
Деформации на уровне среднего отдела	4	80,9 ($\pm 29,3$)
Деформации на уровне заднего отдела	2	45,5 ($\pm 54,4$)
Сложные деформации		
Деформации на уровне среднего отдела	3	82,7 (± 9)
Деформации на уровне заднего отдела	0	0
Комбинированные двухуровневые деформации	13	109,1 ($\pm 47,5$)
Период остеосинтеза, дни		
Средняя степень		
Деформации на уровне среднего отдела	4	106,1 ($\pm 36,2$)
Деформации на уровне заднего отдела	2	70,5 (± 53)
Сложные деформации		
Деформации на уровне среднего отдела	3	99,3 ($\pm 17,2$)
Деформации на уровне заднего отдела	0	
Комбинированные двухуровневые деформации	13	138,6 ($\pm 54,9$)

Указано среднее значение и стандартное отклонение

Для определения индексов фиксации и остеосинтеза требовалось учитывать длину костного регенерата (табл. 5.6). При остеотомии нескольких костей на одном уровне (либо при резекции хрящевых пластинок нескольких суставов) формирующиеся костные регенераты в процессе коррекции были разной длины. Для анализа индексов фиксации и остеосинтеза брался наибольший по длине (рис. 5.11).

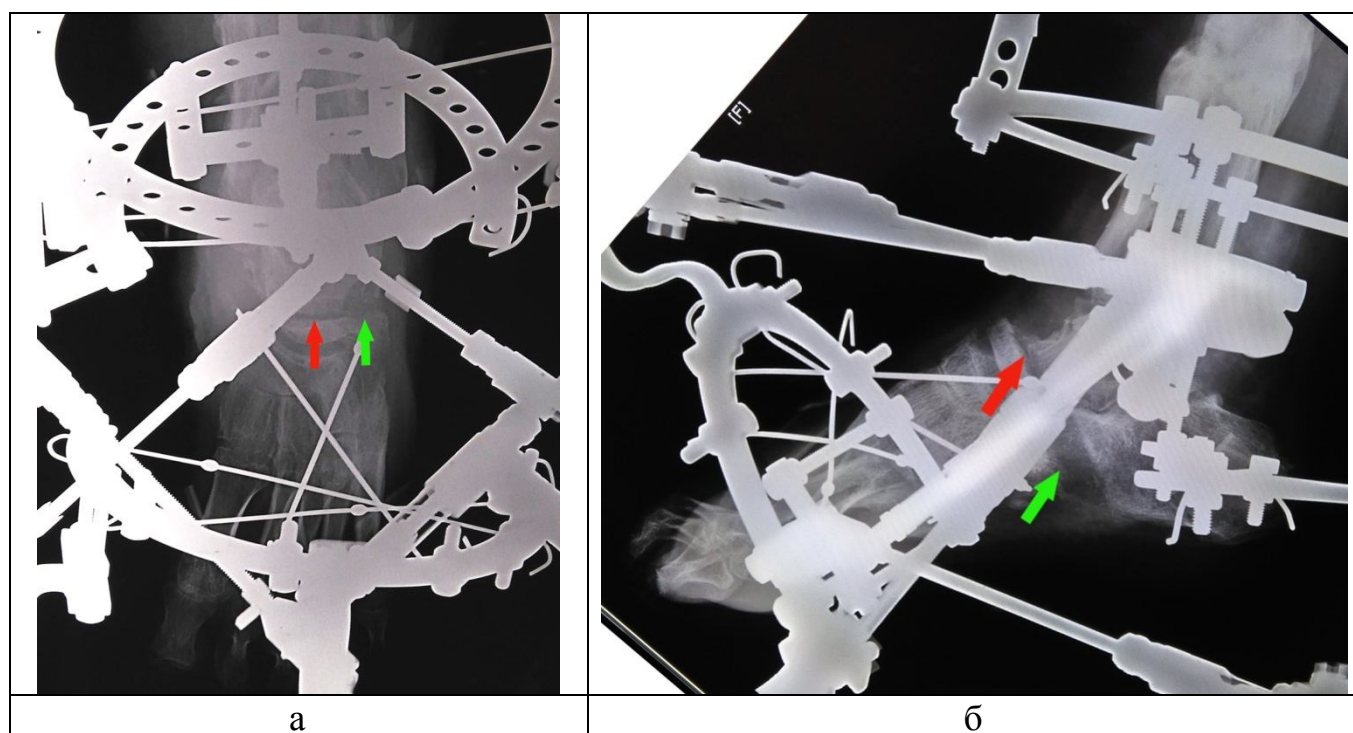


Рис. 5.11. Рентгенограмма стопы: 11-е сутки дистракции среднего отдела стопы после остеотомии шейки таранной кости (красная стрелка) и суставного отростка пяточной кости (зеленая стрелка): а – прямая подошвенная проекция, б – боковая проекция

Анализ индексов остеосинтеза и фиксации показал, что из 35 пациентов у 14 остеотомия не производилась, соответственно, и формирования костного регенерата не было. Данные о длине регенерата и временным индексам коррекции, подлежащих анализу, представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Величина костного регенерата, индексы фиксации и остеосинтеза

Сложность деформации	Количество пациентов	Показатель
1	2	3
Величина удлинения, см		
<i>Средняя степень</i>		
Деформации на уровне среднего отдела	4	1,3(±0,16)
Деформации на уровне заднего отдела	2	0,9(±0,42)
<i>Сложные деформации</i>		
Деформации на уровне среднего отдела	3	1,1(±0,1)
Деформации на уровне заднего отдела	2	1,4(±0,4)
Комбинированные двухуровневые деформации	13	1,2(±0,3)

Таблица 5.6
(продолжение)

Индекс фиксации, дни/см		
<i>Средняя степень</i>		
Деформации на уровне среднего отдела	4	76,1(±15)
Деформации на уровне заднего отдела	2	40,8(±41,2)
<i>Сложные деформации</i>		
Деформации на уровне среднего отдела	3	51,7(±41,4)
Деформации на уровне заднего отдела	0	
Комбинированные двухуровневые деформации	13	81(±45,5)
Индекс остеосинтеза, дни/см		
<i>Средняя степень</i>		
Деформации на уровне среднего отдела	4	104(±22,5)
Деформации на уровне заднего отдела	2	72,5(±24,7)
<i>Сложные деформации</i>		
Деформации на уровне среднего отдела	3	65,8(±41,7)
Деформации на уровне заднего отдела	0	
Комбинированные двухуровневые деформации	13	97,7(±53,2)

Указано среднее значение и стандартное отклонение.

Анализ временных показателей и сравнение их с данными литературы показали, что использование аппарата Орто-СУВ имеет некоторые преимущества как перед применением как аппарата Илизарова, так и других гексаподов. Так, Н. Shalaby и Н. Hefny (2007) приводят примеры лечения 20 пациентов со сложными деформациями стоп в аппарате Илизарова. Среднее время фиксации (период от операции до демонтажа аппарата) составляло 15 недель (диапазон 13–17), то есть 105 дней (от 91 до 120 дней). После демонтажа аппарата еще 6 недель проводилась иммобилизация гипсовой лонгетой. То есть, полный период фиксации от момента операции до начала разработки движений длился 147 дня.

S. Qin с соавторами (2012) приводят пример лечения в аппарате Илизарова 40 деформаций стоп у 25 пациентов. Они отмечают, что период фиксации в аппарате составлял в среднем 8 недель (±4), то есть 56 дней (±28). Причем в случае, когда фиксация после коррекции длилась 4 недели, развился рецидив деформации.

Н.Е. Varbary с соавторами (2004) приводят результаты лечения 66 деформаций стоп в аппарате Илизарова у 52 пациентов. Среднее время коррекции

составило 5,4 нед (4–8 нед.), то есть 37,8 дней (28–56 дней). Н. Waizy с соавторами (2011) приводят результаты лечения пациентов со сложными деформациями стоп в аппарате TSF. Период коррекции составил 28,1 (10-49) дней, период фиксации – 59,5 (33–89) дней.

5.2.3. Показатели качества лечения (оценки качества жизни пациента)

5.2.3.1. Данные опросника SF-36

Данные, полученные с помощью опросника SF-36, были обработаны статистически (рис. 5.12, табл. 5.7).

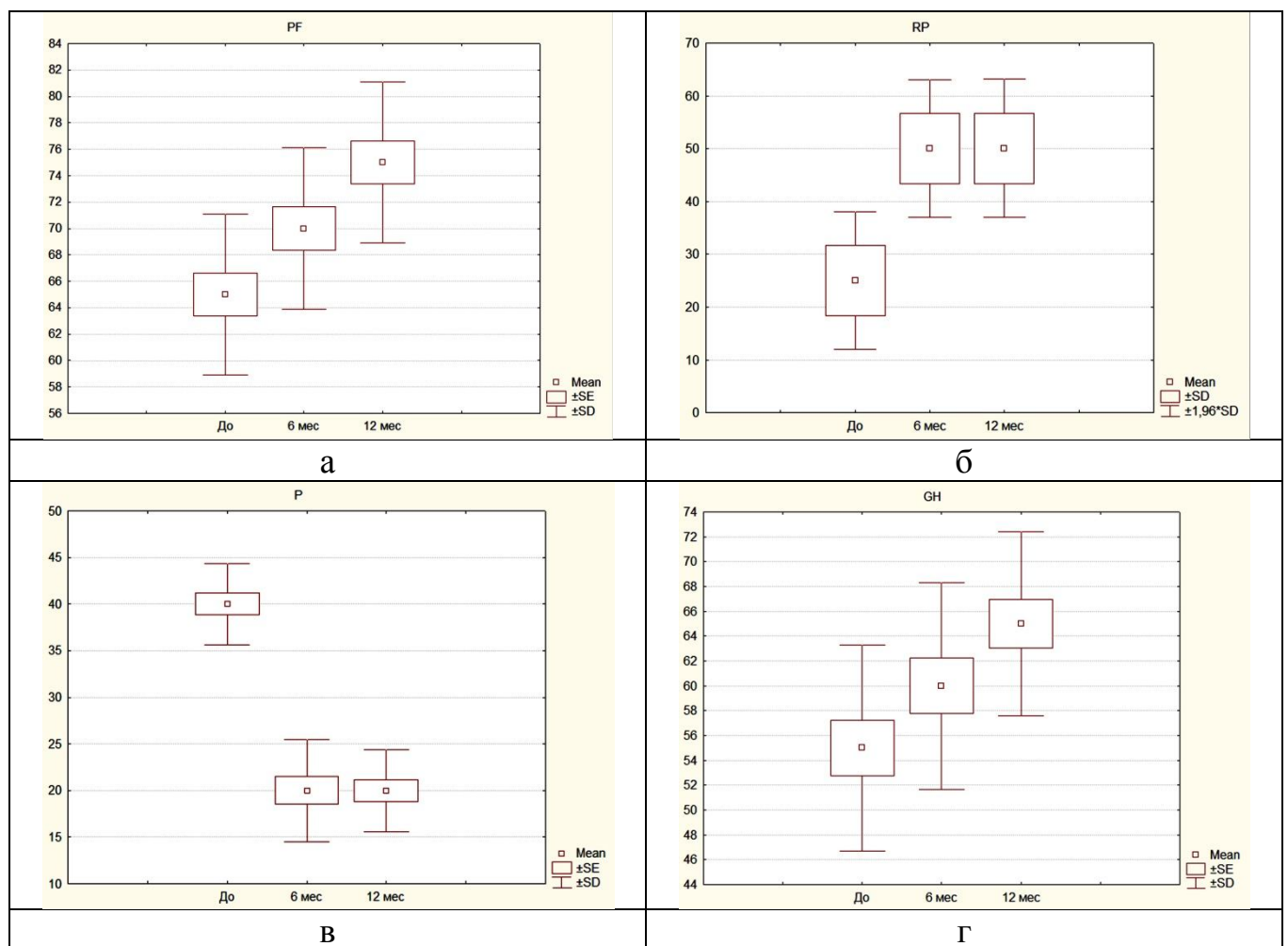


Рис. 5.12. Данные опросника SF-36: а – физическое функционирование (PF); б – ролевое (физическое) функционирование (RP); в – боль (P); г – общее здоровье (GH);

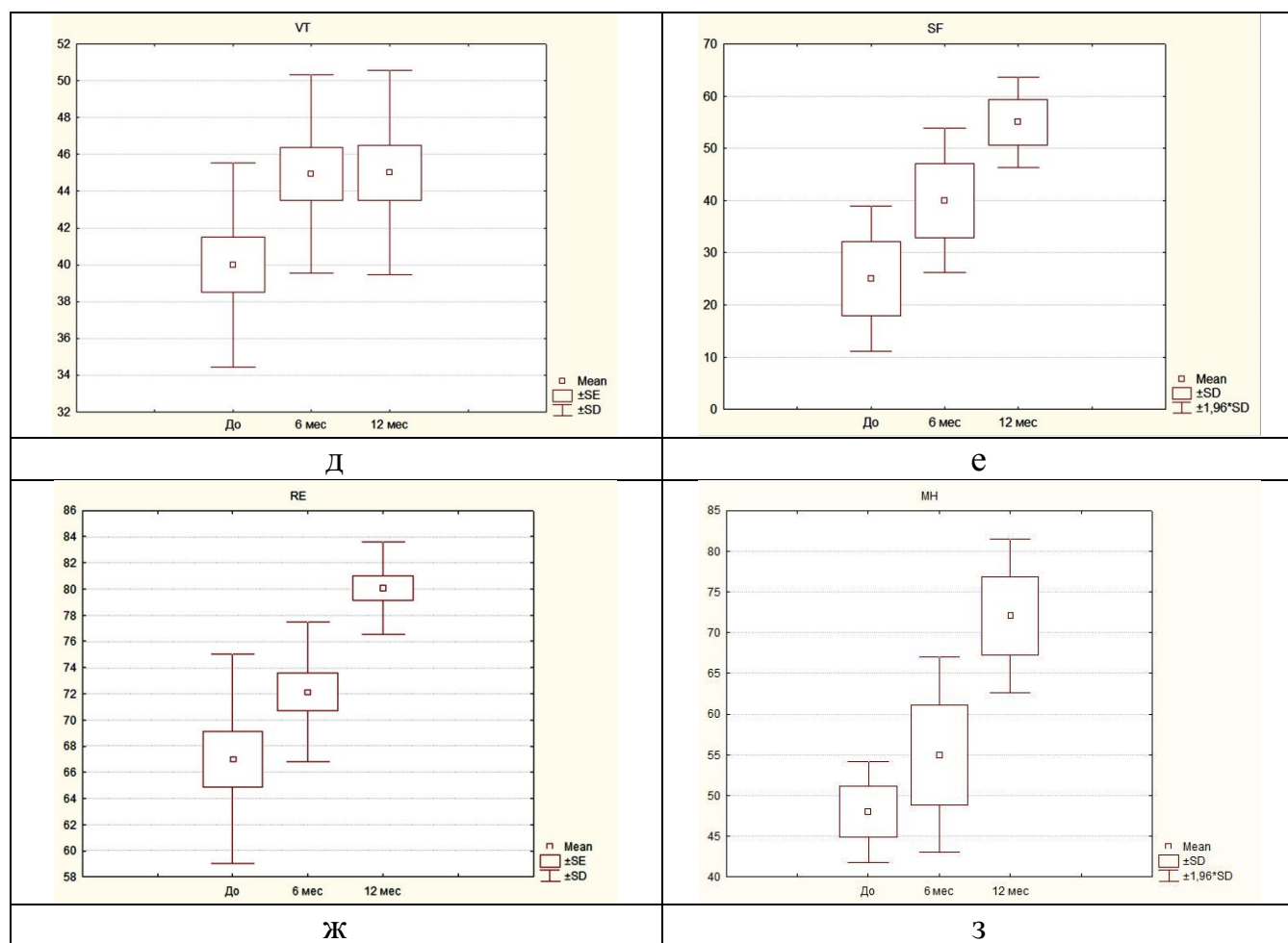


Рис. 5.12. Данные опросника SF-36: д – жизнеспособность (VT); е – социальное функционирование (SF); ж – эмоциональное функционирование (RE); з – психологическое здоровье (MH)

Таблица 5.7

Показатели качества жизни пациентов, коррекция деформаций у которых производилась аппаратом Орто-СУВ (SF-36)

Срок	PF	RP	P	GH	VT	SF	RE	MH
До лечения	65±6,1 (57-73)	25±6,7 (13-36)	40±4,3 (35-45)	55±8,3 (40-65)	40±5,5 (30-50)	25±7,0 (15-35)	67±8,0 (56-81)	48±3,1 (43-53)
6 мес после демонтажа АВФ	70±6,0 (62-78)	50±6,7 (38-61)	20±5,5 (13-29)	60±8,3 (45-70)	45±5,4 (37-55)	40±7,1 (30-50)	72±5,4 (63-80)	55±6,1 (48-69)
12 мес после демонтажа АВФ	75±5,8 (67-83)	50±6,7 (40-62)	20±4,4 (15-25)	65±7,4 (54-78)	45±5,5 (35-55)	55±4,4 (50-60)	80±3,5 (73-85)	72±4,8 (67-84)

PF – физическое функционирование; RP – ролевое (физическое) функционирование; P – боль; GH – общее здоровье; VT – жизнеспособность; SF – социальное функционирование; RE – эмоциональное функционирование; MH – психологическое здоровье

Результаты исследования показали, что у пациентов через 6 мес. после демонтажа аппарата увеличивается уровень эмоциональной сферы, что можно связать с восстановлением опороспособности конечности. Данные анализа, проведенные через 12 мес. после демонтажа аппарата, также показывают некоторое улучшение психоэмоционального состояния: социальное адаптирование выросло еще на 15%, что вызвало подъем эмоционального функционирования на 8% и психологического статуса на 18%. Восстановление формы стопы помогает человеку чувствовать себя комфортнее не только функционально, но и в социальной среде, что связано, в том числе, с восстановлением трудоспособности.

5.2.3.2. Данные опросника AOFAS

Данные опросника показывают в сравнении функциональное состояние стопы и голеностопного сустава до лечения и через 12 мес после проведенной коррекции (стандартно через 12 мес после коррекции пациенты уже прошли реабилитационное лечение) (рис. 5.13).

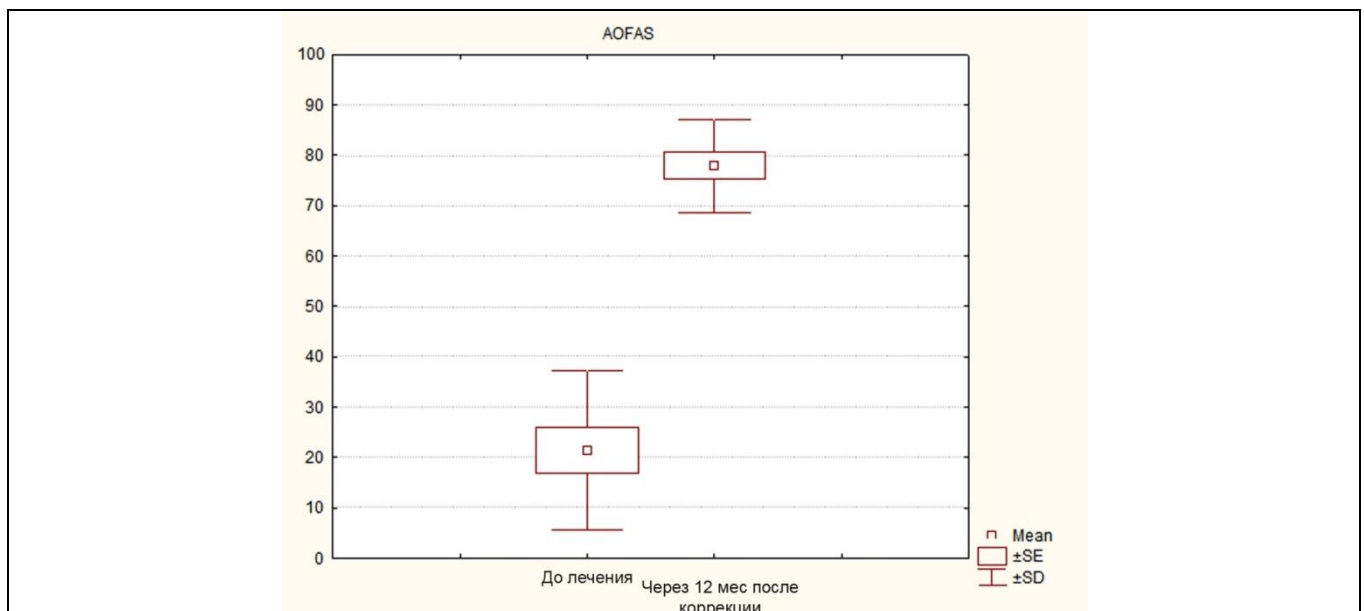


Рис. 5.13. Функциональное состояние стопы и голеностопного сустава по шкале AOFAS до лечения и через 12 мес после проведенной коррекции

Функциональное состояние нижней конечности по шкале AOFAS до лечения составляло $21,3 \pm 15,8$ (от 4 до 64), а через 12 мес после окончания коррекции (к этому времени было проведено восстановительное лечение) составило $77,9 \pm 9,3$ (от 56 до 89) баллов. Функциональное состояние нижней конечности при наличии деформации стопы до лечения оценивалось как «плохое». После коррекции и реабилитационного лечения результат оценен как «хороший».

5.2.3.3. Данные опросника LEFS

Результаты анкетирования по шкале LEFS, демонстрирующие функциональное состояние нижней конечности до и после лечения, представлены на рисунке 5.14 и в таблице 5.8.

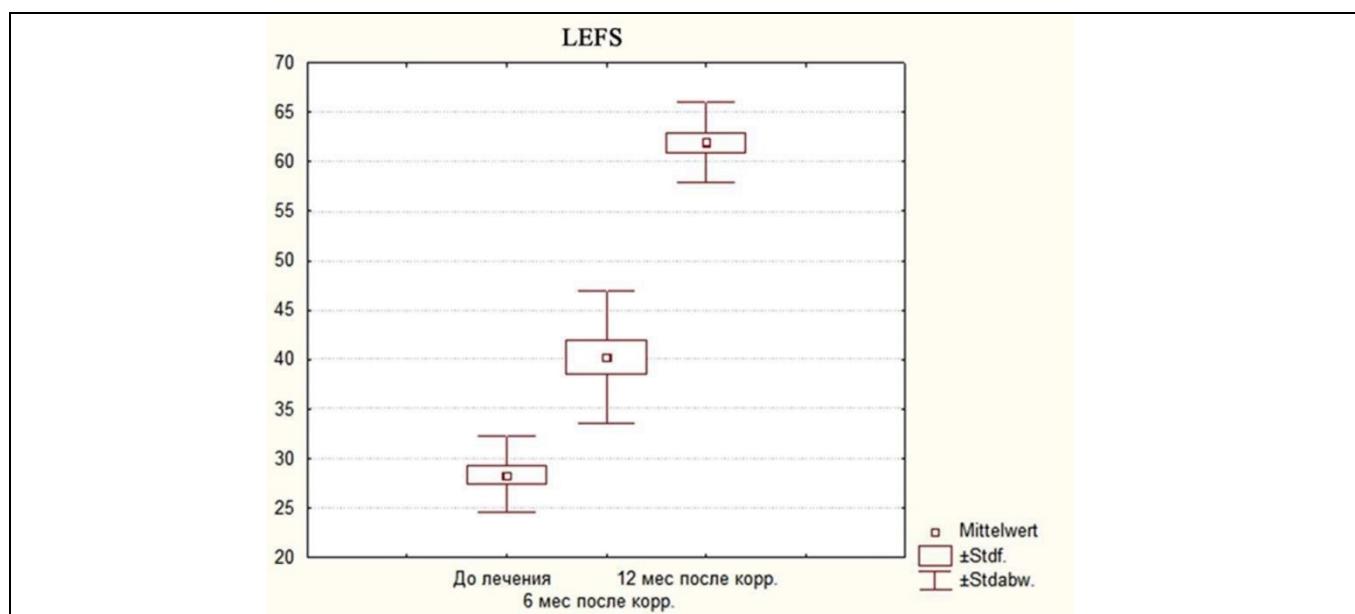


Рис. 5.14. Оценка функционального состояния нижней конечности до и после лечения по шкале LEFS

Таблица 5.8

Функциональное состояние нижней конечности по шкале LEFS

До лечения	$28 \pm 3,8$ (24–37)
6 мес после окончания коррекции	$40,3 \pm 6,6$ (29–52)
12 мес после окончания коррекции	$61,9 \pm 4,0$ (54–68)

Указано среднее значение баллов и среднее отклонение. В скобках приведены минимальное и максимальное значения

Исходя из данных опросника, функция нижней конечности до лечения в среднем оценивалась как «значительное ограничение». Через 6 месяцев после окончания коррекции, период когда пациент в среднем уже более 2–3 мес. использовал конечность как опорную, улучшение функциональности составило до 40 баллов из 68; и еще через 6 мес – до 89% (61 балл из 68).

5.2.4. Возможные осложнения и способы их устранения

Осложнения, которые возникли за весь период лечения пациентов, мы разделили по категориям согласно классификации J. Caton (1985).

Категория I – это осложнения, которые были устранены в процессе коррекции консервативно. Довольно частым осложнением этой категории было воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов: 25 случаев (71,4%). Осложнение удалось купировать антибактериальной терапией и местным применением мази «Левомеколь».

Сгибательная контрактура пальцев стопы возникла у 5 пациентов (14,3%), которым не проводилась трансартикулярная фиксация пальцев спицами. Для устранения контрактуры применяли лечебную физкультуру (пассивное растяжение сухожилий сгибателей) и ношение подстопника. В дальнейшем, с целью профилактики этого осложнения, у остальных 26 пациентов, которым проводилась коррекция на уровне среднего отдела стопы, выполнялась трансартикулярная фиксация пальцев. В 2 случаях возникли контрактуры голеностопного сустава (5,7%). С осложнением удалось справиться так же, применяя лечебную физкультуру.

Такое осложнение, как некроз краев кожи в области операционного вмешательства, которое удалось купировать без оперативного вмешательства, встретилось в 3 случаях (8,5%). Раны постепенно эпителизировались и зажили вторичным натяжением за период коррекции.

Невропатия являлась наиболее частым среди остальных осложнений – 8 случаев (22,9%). Лечение проводилось путем снижения темпов distraction и применением нейротропных препаратов.

К осложнениям **категории II**, которые требовали оперативного вмешательства в процессе коррекции, отнесены стойкие, неподдающиеся консервативному лечению контрактуры пальцев и голеностопного сустава – 3 случая (8,6%). Лечение заключалось в Z-образном удлинением соответствующих сухожилий и трансартикулярной фиксации пальцев спицами, свободные концы которых фиксировались к одной из опор аппарата. У двух пациентов (5,7%) в области повышенного натяжения кожи развилась ишемия участков кожи с развитием некроза, что потребовало дополнительного оперативного лечения: пластики дефекта местными мягкими тканями.

Ранняя консолидация фрагментов произошла в 2-х случаях (8,7%). При этом 3 случая были при коррекции деформации заднего отдела и один случай с коррекцией деформации на уровне среднего отдела. Во всех 4-х случаях ранняя консолидация развивалась из-за замедления темпов коррекции, которую пришлось провести вследствие развития стойкой навралгии. В 2-х случаях данное осложнение устраняли повторной остеотомией. В 2-х других удалось решить данную проблему проведением дополнительной дистракции с использованием анальгетиков.

Перелом чрескостных элементов с ослаблением фиксации, который потребовал дополнительного проведения спиц, произошло у 3 (8,5%) пациентов.

Категория III – это осложнения, которые потребовали дополнительной госпитализации для оперативного лечения, тяжелые осложнения с последствиями в конце лечения и/или ухудшение полученного результата. К осложнениям категории III отнесли 5 случаев (14,3%) формирования гипопластичных регенератов, что привело к развитию вторичной деформации после демонтажа аппарата. В трех случаях проводилась операция: одномоментное устранение деформации и внутренняя фиксация; в 2-х случаях пришлось проводить повторную коррекцию в аппарате, после чего сразу проводилась внутренняя фиксация. Спицевой остеомиелит развился у одного пациента (2,9%) и потребовал соответствующего оперативного лечения: радикальной хирургической обработки очага остеомиелита.

После проведения статистического анализа видно, что осложнения категории I, не требующие дополнительного оперативного лечения, встретились в 100% (по графику они встречаются в 122,9%, так как осложнения категории I встречались у одного и того же пациента дважды или трижды). Осложнения категории II, требующие дополнительного оперативного лечения, но проведенного в период одной госпитализации, встретились в 40,0%. И, наконец, осложнения категории III, которые потребовали дополнительной госпитализации и негативно повлияли на результат лечения, встретились в 17,1%.

Однако стоит отметить, что осложнений, которых мы старались избежать, используя «рекомендуемые позиции» (фиксационные контрактуры, повреждение сосудов и нервов), не наблюдалась. У всех пациентов (100%) было отмечено поверхностное воспаление мягких тканей в области выхода чрескостных элементов, купируемое консервативно и не повлиявшее на сроки и результат лечения. Возникшие невропатии были обусловлены дистракцией и купировались уменьшением темпов дистракции и применением нейропротекторной терапии. Некроз участков кожи был следствием ангиопатии, которая возникла из-за скомпрометированных рубцово измененных мягких тканей – следствие перенесенных ранее открытых переломов, повторных операций.

Необходимо отметить, что осложнения всех трех категорий присущи чрескостному остеосинтезу в целом. Осложнений, связанных непосредственно с металлоконструкцией аппарата Орто-СУВ и компьютерной программой, нами не отмечено.

Все случаи возникших осложнений представлены в таблице 5.9.

Таблица. 5.9

Осложнения, возникшие при лечении деформаций стоп
(по классификации J.Caton, 1985)

Осложнения	Кол-во	%
Категория I		
Воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов	25	71,4
Сгибательная контрактура пальцев стопы	5	14,3
Сгибательная контрактура голеностопного сустава	2	5,7
Некроз краев кожи в области операционного вмешательства, не потребовавший оперативного лечения	3	8,5
Невропатия нервных стволов	8	22,9
Всего	43	122,9
Категория II		
Контрактура пальцев и голеностопного сустава, потребовавшая оперативного лечения	3	8,5
Некроз кожи, потребовавший пластики	2	5,7
Ранняя консолидация фрагментов	2	5,7
Перелом чрескостных элементов, приведший к ослаблению фиксации и потребовавший проведение дополнительных спиц	3	8,5
Всего	10	28,4
Категория III		
Формирования гипопластичных регенератов	5	14,3
Спицевой остеомиелит	1	2,9
Всего	6	17,1

Статистический анализ данных представлен в виде диаграммы на рисунке 5.15.

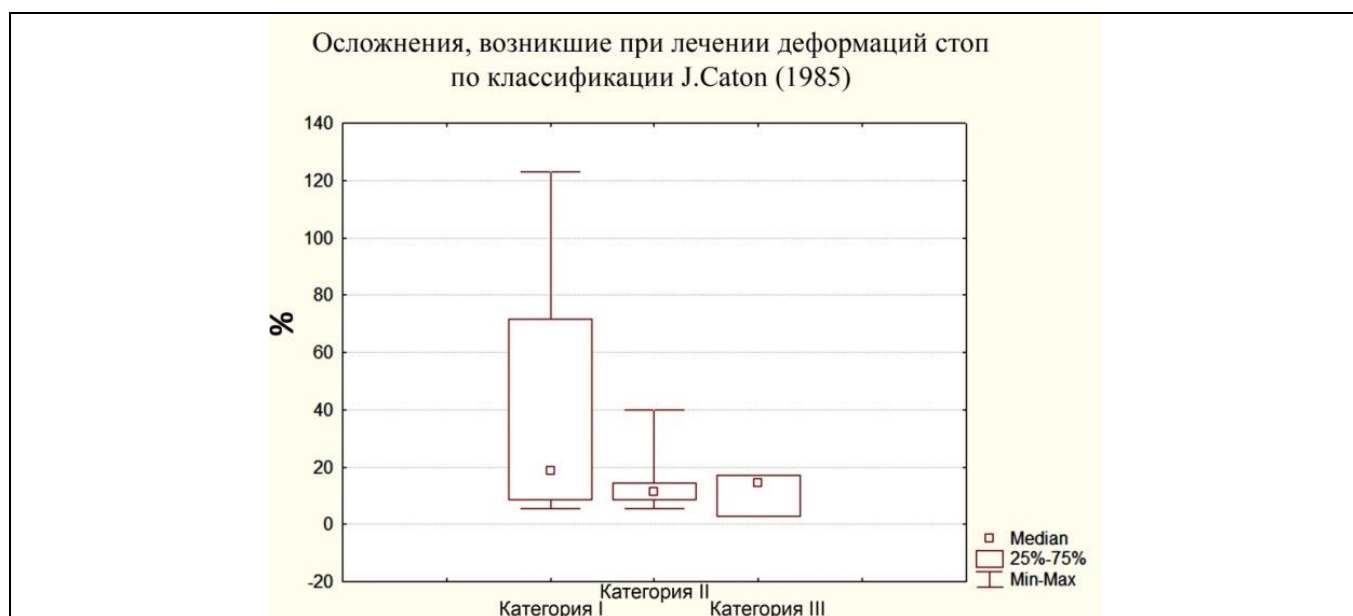


Рис. 5.15. Осложнения, возникшие при лечении деформаций стоп (по классификации J.Caton, 1985)

Анализ данных мировой литературы по данной тематике показал следующее. R.J. Velazquez с соавторами (1993) представили опыт лечения 40 пациентов, у которых в общей сложности было проведена коррекция 61 стоп с деформациями аппаратом Илизарова на разных уровнях. Они отмечают, что в период лечения возникло 88 различных осложнений, из них 38 (62,3%) относились к категории III по классификации J. Caton (1985), то есть требовали дополнительного оперативного лечения. Остальные 50 осложнений относились к I и II категориям.

Н. Barbary с соавторами (2004) при лечении аппаратом Илизарова 66 сложных деформаций среднего и заднего отделов стоп отметили следующие осложнения. Рецидив деформации, т.е. III категория осложнений (приведение среднего отдела) – 8 стоп (12,1%), у трех пациентов (4,5%) выявлена избыточная гиперкоррекция, приведшая к «плоской стопе». Глубокая инфекция в месте прохождения чрескостных элементов, потребовавшая их замены произошла у 5 (7,6%) больных. К категории II были отнесены подвывих в плюсне-фаланговом суставе - 5 случаев (7,6%), избыточное удлинение первой плюсневой кости – один случай (1,5%). Поверхностная инфекция в области чрескостных элементов (категория I осложнений) отмечена 60 раз (90%).

Стоит отметить, что гиперкоррекция, подвывих в плюсне-фаланговом суставе, а также удлинение первой плюсневой кости относятся к осложнениям, связанным именно с нарушением самой методики коррекции: некорректное наложение репозиционных узлов, некорректный выбор темпа коррекции. Этих осложнений позволяет избежать применения пассивной компьютерной навигации.

М. Eidelman, А. Katzman (2012) наблюдали следующие осложнения при использовании ортопедического гексапода TSF у 11 пациентов: I категория осложнений (поверхностное воспаление выхода чрескостных элементов) – у 5 (45,5%) пациентов, II категория (преждевременная консолидация в месте остеотомии, которая потребовала реостеотомии) – также у 5 пациентов (45,5%).

Floerkemeier Т. с соавторами (2011) также приводят описание лечения 7 пациентов со сложными деформациями обеих стоп при помощи аппарата Taylor Spatial Frame. Авторы не предоставили детализированного описания встретившихся осложнений, но так же отмечают частое развитие осложнений I категории (по J. Caton, 1985): поверхностную инфекцию в области прохождения чрескостных элементов, устраненную приемом антибиотиков; частичную невропатию в виде гипестезии, устраненную снижением темпов коррекции и временную контрактуру сухожилия длинного сгибателя пальцев, устраненную применением физиотерапии. Из осложнений категории III: у одного пациента произошел (14,3%) рецидив деформации и у другого пациента (14,3%) – развитие вторичного остеоартрита, повлекшие повторное оперативное лечение.

5.3. Оптимизация технологии применения аппарата Орто-СУВ для лечения пациентов со сложными многоплоскостными деформациями стоп на уровне среднего и заднего отделов стопы

Опыт лечения пациентов с использованием аппарата Орто-СУВ и полученные в ходе исследования данные позволили оптимизировать технологию чрескостного остеосинтеза при лечении сложных деформаций стоп. Данная технология предназначена для врачей травматологов-ортопедов, работающих в

специализированных стационарах и уже прошедших базовый курс обучения по использованию аппарата Орто-СУВ.

5.3.1. Показания и противопоказания

Показаниями к применению данной технологии являются врожденные и приобретенные сложные и средней степени сложности деформации среднего и заднего отделов стопы, когда имеются противопоказания к одномоментной коррекции и (или) внутренней фиксации.

Противопоказания в целом не отличаются от противопоказаний к применению чрескостного остеосинтеза.

Прежде чем начать использовать аппарат Орто-СУВ при деформации стоп, необходимо иметь достаточную базовую теоретическую и практическую подготовку по использованию внешней фиксации при травмах и деформациях стопы, уметь использовать аппарат Орто-СУВ при коррекции деформаций длинных костей.

5.3.2. Оснащение

Как уже указывалось, аппарат Орто-СУВ по сути является универсальным репозиционным узлом, который может быть использован с любым из известных циркулярных аппаратов. Учитывая доступность и проверенные временем хорошие технические характеристики, мы рекомендуем использовать стандартный набор аппарата Илизарова.

Стандартный набор аппарата Орто-СУВ следует дополнить стратами короткого типоразмера и тремя дополнительными Z-образными платиками.

5.3.3. Общие принципы рентгенологического обследования

Для проведения планирования предстоящей операции и дальнейшей коррекции деформации большую роль играет правильно проведенная рентгенография. Очень важно, чтобы все исследования проводились под контролем лечащего врача или специально подготовленного врача-рентгенолога,

знающего и умеющего осуществить все стандартные укладки при наличии сложных деформаций стоп.

5.3.4. Предоперационная подготовка

Предоперационная подготовка проводится по алгоритму, разработанному в РНЦ «ВТО» имени акад. Г.А. Илизарова для чрескостного остеосинтеза костей стопы (Илизаров Г.А. с соавт., 1975, 1979, 1990). Анестезия, как правило, применяется регионарная (проводниковая, спинномозговая или перидуральная).

Пациенты должны быть ознакомлены не только с планом лечения, но и с особенностями работы репозиционного узла Орто-СУВ, а также с правилами ухода за аппаратом внешней фиксации в объеме, необходимом для его продуктивного сотрудничества с врачом в послеоперационном периоде.

Пациенты должны быть предупреждены о неудобствах, связанных с лечением чрескостным аппаратом. В обязательном порядке пациенты должны быть информированы о возможных осложнениях как в момент операции, так и в процессе коррекции и фиксации в АВФ. Кроме этого, пациентам объясняют меры профилактики возможных осложнений и, соответственно, методы лечения при их возникновении.

Для сохранения аппарата в чистоте на весь период его фиксации изготавливают не менее двух хлопчатобумажных чехлов для аппарата. Кроме этого, для удобства смены одежды пациентам можно рекомендовать одежду со специальными расширенными штанинами или с применением на штанинах молний, пуговиц или липучек велкро.

5.3.5. Особенности чрескостного остеосинтеза при деформациях стоп

Все чрескостные элементы проводят в проекции «рекомендуемых позиций». Если имеется подозрение на выраженное изменение топографии сосудов и нервов (врожденная патология), следует использовать дополнительные методы исследования: МРТ, КТ-ангиографию. При монтаже аппарата следует

придерживаться компоновок, обеспечивающих максимальные корригирующие возможности (см. раздел 4.3).

5.3.6. Особенности работы с компьютерной программой

Коррекция деформации среднего отдела стопы

Перед произведением расчетов в программе пассивной компьютерной навигации необходимо выполнить корректные рентгенограммы стопы и определить на полученных рентгенограммах референтные линии и углы (РЛУ), как это указано в п.5.3.4. При необходимости обозначали маркерами те линии, которые помогали упростить планирование коррекции в программе (рис. 5.17). Укладку стопы с аппаратом проводят с участием лечащего врача, так как при этом имеются некоторые особенности, в отличие от стандартных (рис. 5.16).

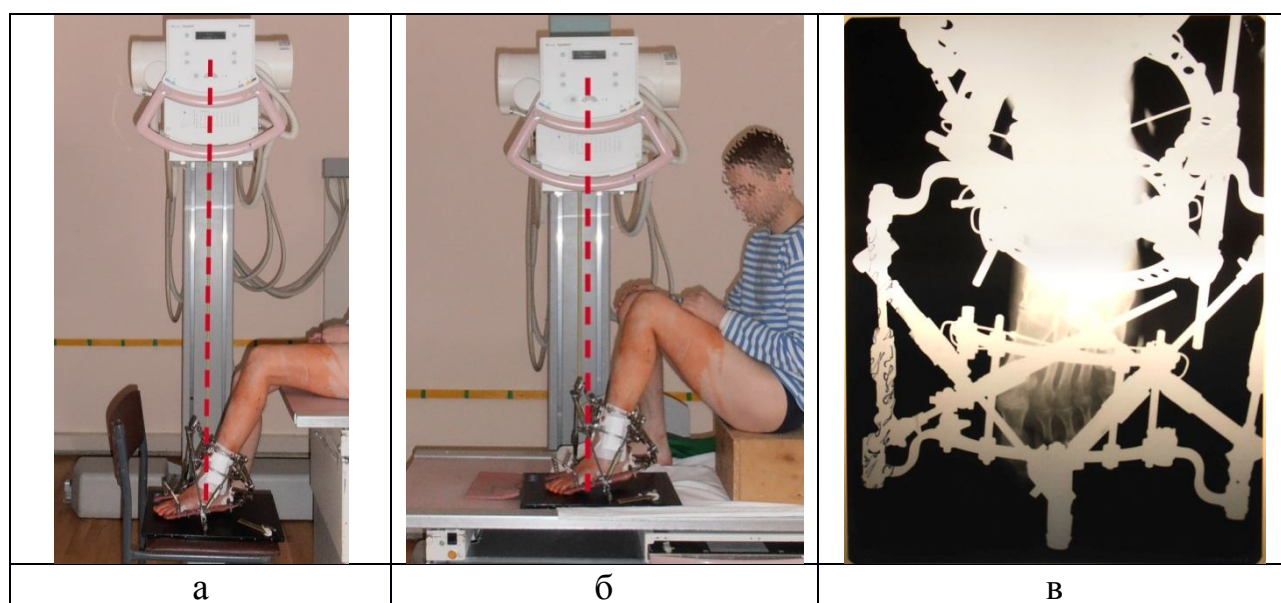


Рис. 5.16. Укладки для проведения рентгенографии переднего и среднего отделов стопы: а – укладка для прямой проекции, когда тубус заводится за пределы рентгенологического стола; б – укладка для прямой проекции, производимой на столе; в – рентгенограмма переднего и среднего отделов стопы в прямой проекции

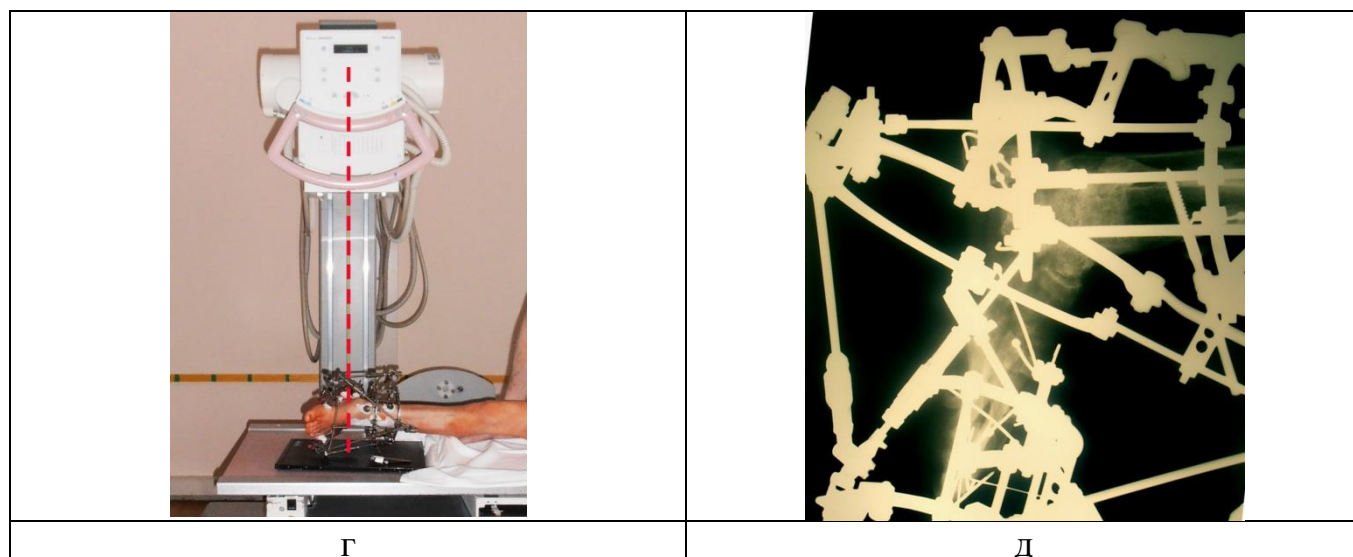


Рис. 5.16. Укладки для проведения рентгенографии переднего и среднего отделов стопы: г – укладка для боковой проекции; д – рентгенограмма в боковой проекции

Укладку стопы для получения рентгенограммы в прямой проекции выполняют стандартно: стопа устанавливается подошвой на кассету (рис 5.16а-б). В поле снимка должны попасть передний и средний отделы стопы, рентгенконтрастная линейка; из деталей аппарата – минимум три страты и один, не связанный с ними кардан (рис 5.16 в).

При проведении рентгенографии в боковой проекции стопу в аппарате укладывают таким образом, чтобы сагиттальная плоскость голеностопного сустава лежала параллельно плоскости кассеты (рис 5.16 г). В поле рентгенограммы должны попасть кости стопы, 1/4–1/3 дистального отдела большеберцовой кости, рентгенконтрастная линейка и аппарат – минимум три страты и один, не связанный с ними кардан (рис 5.16 д).

Если рентгенограммы выполняют на аналоговой пленке, то ее переводят в цифровой формат (JPEG, BMP, GIFF) путем фотографирования. Причем при фотографировании важным условием является расположение матрицы фотоаппарата параллельно рентгенограмме, чтобы изображение было пропорционально оригиналу и не имело искажений.

После этого проводят необходимые референтные линии стопы. Для удобства можно использовать графический редактор Photoshop (7, 8, 9 версии) (рис. 5.17).

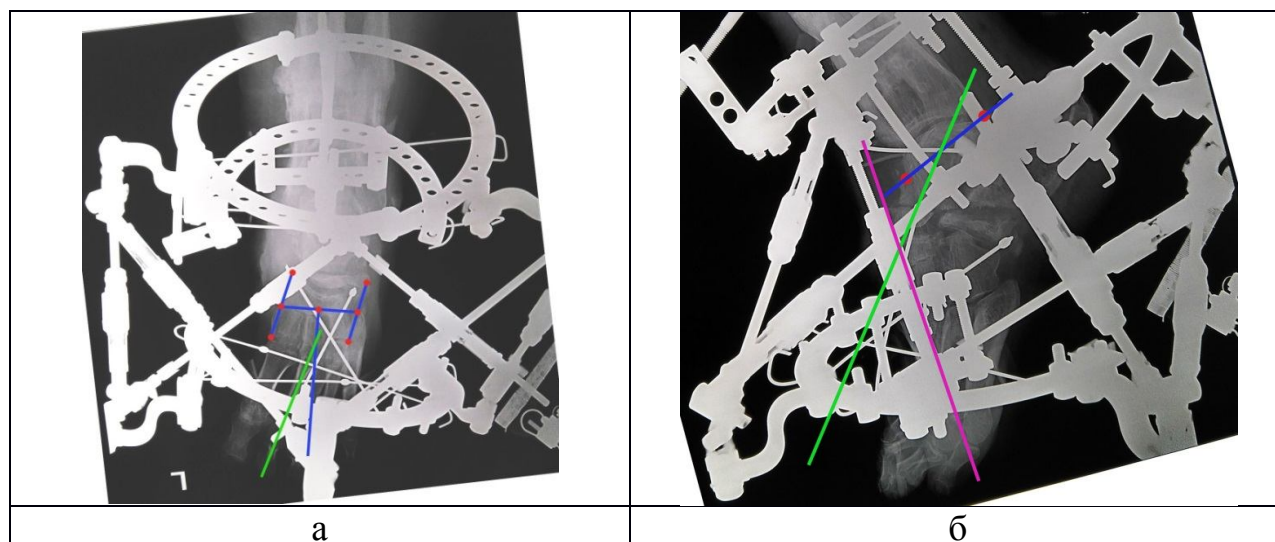


Рис. 5.17. Рентгенограммы стопы с проведенными референтными линиями: а – тыльно-подошвенная проекция; б – боковая проекция

После этого в компьютере создают папку для данного клинического случая, в которую и помещают подготовленные цифровые рентгенограммы.

Шаг 1. Введение длины страт и величин сторон треугольников

Выполняют стандартно. Измеряют длины страт и стороны треугольников несколько раз (наиболее удобно это проводить вдвоем, чтобы путем взаимного контроля значительно снизить риск ошибок).

Длины сторон треугольников измеряют между центрами болтов, фиксирующих карданы (рис.5. 18 а), но если при фиксации карданов оси болтов, образующие треугольники (страты №1-3-5 и страты №2-4-6) располагаются не параллельно, то за вершины треугольников берут не центры болтов, а центры карданов (рис. 5.18 б).

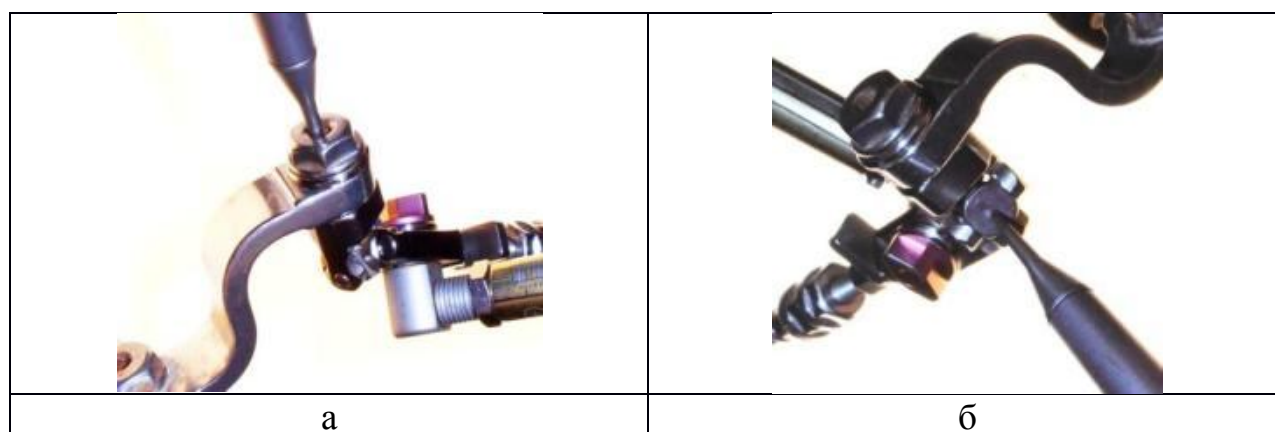


Рис. 5.18. Различные варианты определения вершин треугольников: а – вершина треугольника – центральное отверстие болта; б – вершина треугольника – центр кардана

Шаг 2-3. Загрузка рентгенограмм в прямой (AP) и боковой (LAT) проекциях

Выполняют стандартно. Для удобства расчетов рентгенограммы располагают вертикально, так чтобы пяточная кость находилась вверху, а пальцы – внизу.

Шаг 4-5. Масштабирование рентгенограмм

Выполняют стандартно.

Шаг 6. Введение фокусного расстояния, центра луча и определение проекций страт и карданов на прямой рентгенограмме

Выполняют стандартно. Определять проекционное расположение карданов и страт иногда бывает затруднительно ввиду особенностей их пространственного расположения. Тогда «отсчет» проводят, «отталкиваясь» от крепления кардана страт №6 и №3, так как кардан страты №6 стоит для удобства опознавания крепить на вершину выносной опоры, а кардан страты №3 – на вершину «пяточной» опоры. Эти опоры относительно легко идентифицировать на рентгенограммах (рис. 5.19).

Фокусное расстояние измеряли от анода до плоскости расположения линейки для масштабирования.

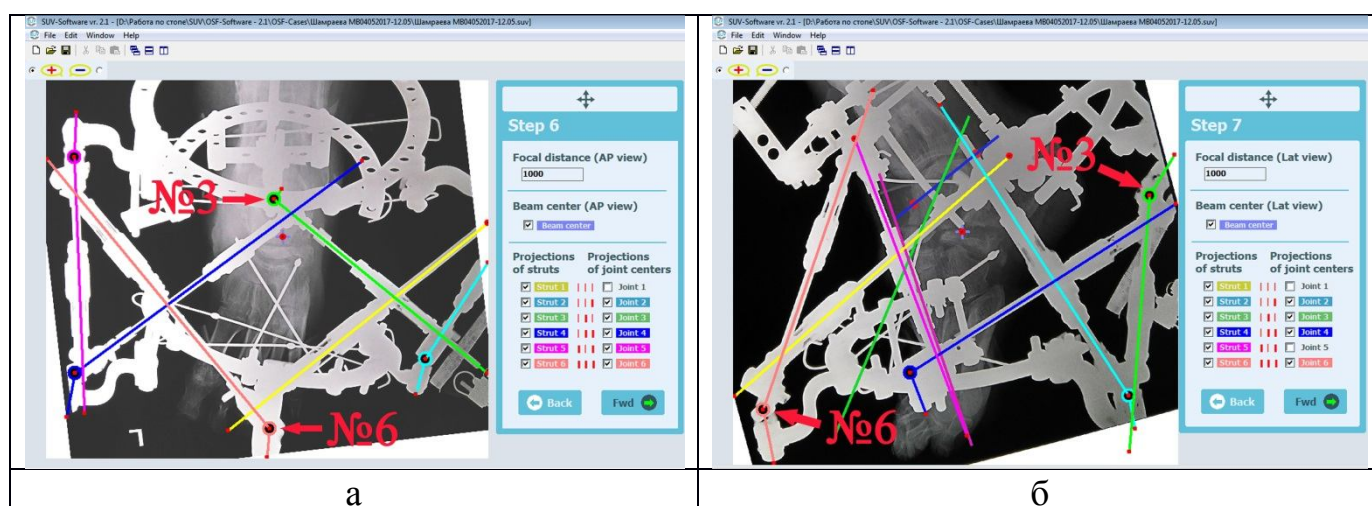


Рис. 5.19. Вид окон шага 6 и шага 7 программы Орто-СУВ, определение проекции расположения страт и карданов: а – шаг 6, прямая проекция; б – шаг 7, боковая проекция

Шаг 7. Введение фокусного расстояния, центра луча и определение проекций страт и карданов на боковой рентгенограмме

Выполняют стандартно, аналогично шагу 6.

Шаг 8. Построение скиаграмм

При построении скиаграммы среднего отдела наиболее удобным является построение многоугольника, верхней стороной которого является место остеотомии (при проведении коррекции без остеотомии стороной является линия сустава, в проекции которого расположена вершина деформации), а нижняя прорисовывается по головкам плюсневых костей. Такая скиаграмма дает в перспективе более ясное представление о положении среднего отдела стопы. Длина скиаграмм на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях должна быть одинаковой (рис 5.20).

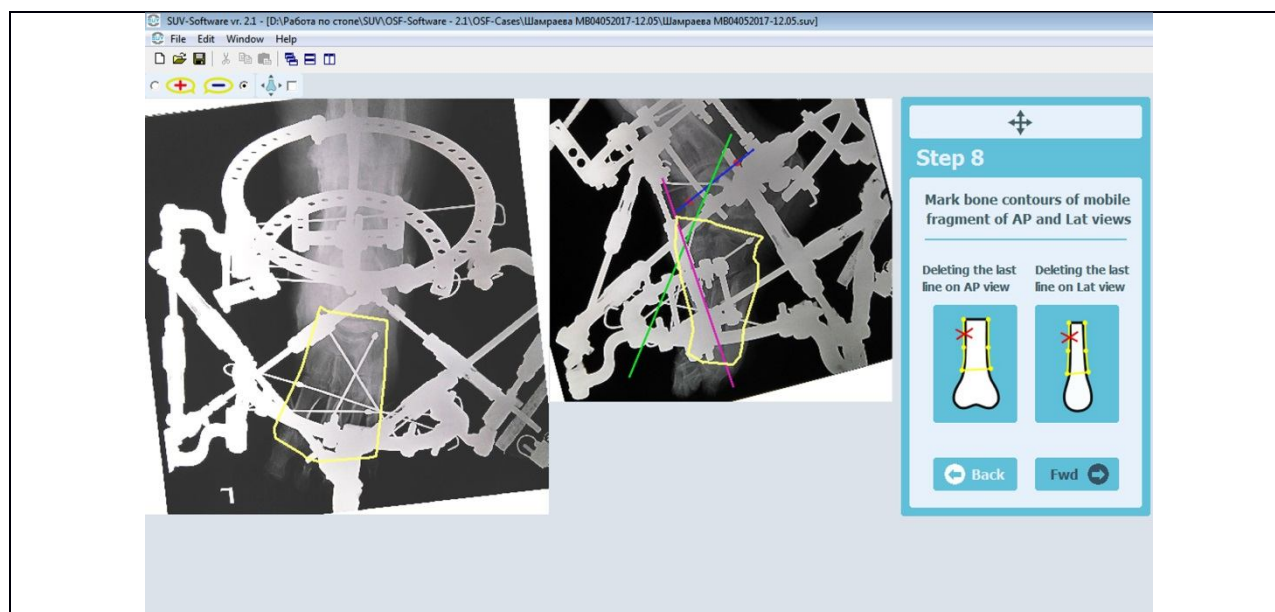


Рис. 5.20. Вид окна шага 8 программы Орто-СУВ – начерченные скиаграммы в виде четырехугольника

Шаг 9. Обозначение средних линий скиаграмм перемещаемого фрагмента на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях

Выполняется стандартно.

Шаг 10. Обозначение осей костных фрагментов

Выполнялась стандартно.

Шаг 11. Коррекция финального положения перемещаемого фрагмента

Выполняют стандартно.

Шаг 12. Введение точек «структур риска»

Выполняют стандартно. Первую точку устанавливают на линии остеотомии в том месте, где в дальнейшем при движении перемещаемого костного фрагмента эта точка до своего конечного пункта проходит наибольшее расстояние. При углообразных деформациях эта точка находится на вогнутой стороне. Вторую точку устанавливают в проекции магистральных сосудов и нервов, где при коррекции деформации их растяжение происходит на наибольшую величину.

Шаг 13. Расчет изменения длин страт и темпа коррекции деформации

Это заключительный шаг. Здесь выбирают режим работы со стратами. При коррекции деформации с формированием дистракционного регенерата следует выбрать режим, когда изменение длин страт за день разбивается на 4 этапа. Режимы одно- и двухэтапного изменения длины страт выбирают исходя из клинической потребности, например, растяжение мягких тканей при мягкотканых или рубцовых контрактурах.

Коррекция деформации заднего отдела стопы

Так же как и при коррекции стопы на уровне среднего отдела, важным условием является выполнение корректных рентгенограмм стопы и обозначение РЛУ. Делают три проекции: прямую, боковую и аксиальную.

Укладку при рентгенографии в прямой проекции выполняют как стандартную прямую проекцию для голеностопного сустава: сагиттальную плоскость голеностопного сустава располагают параллельно направлению рентгеновских лучей, а ось большеберцовой кости – параллельно плоскости кассеты (рис. 5.22).

Нужно учитывать имеющийся в некоторых случаях ротационный компонент деформации. Тогда при укладке сагиттальную плоскость коленного сустава и голени ориентируют перпендикулярно плоскости кассеты (см. рис. 5.21).

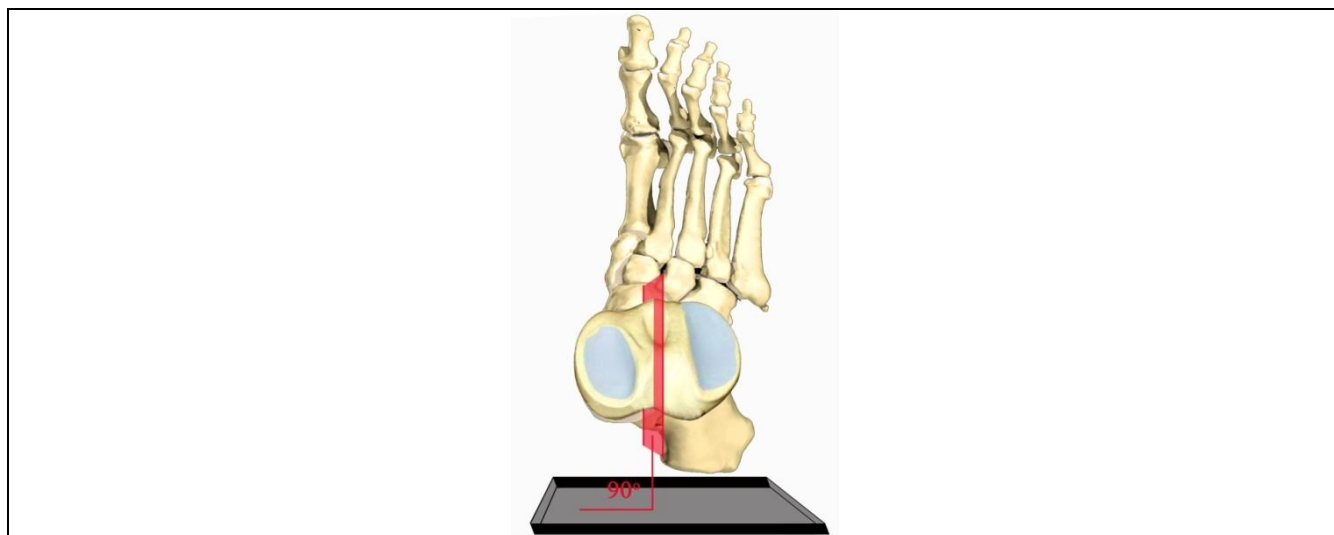


Рис. 5.21. Ориентация сагиттальной плоскости коленного сустава и голени перпендикулярно плоскости кассеты

Нередко деформация стопы сочетается со сгибательной контрактурой коленного сустава. В этих случаях для соблюдения вышеперечисленных условий голень укладывают на дистанционные рентгенпрозрачные приспособления (деревянные ящики, рамы, подушки) до расположения стопы в указанном положении. Обязательное условие: в поле рентгенограммы должны попадать дистальная 1/3 большеберцовой кости, кости стопы, рентгеноконтрастная линейка и сам аппарат (минимально необходимые 3 страты и несвязанный с ними кардан).

Сама рентгенограмма зачастую не информативна для определения положения пяточной кости и ее деформации, но она необходима для расчетов в программе. Для получения информации о расположении пяточной кости и оценке ее деформации прямую проекцию дополняют в обязательном порядке аксиальной (рис. 5.22 в-д). Так же как и для прямой проекции, в аксиальный снимок должны попадать не только пяточная кость, но и 1/2–2/5 дистального отдела большеберцовой кости для возможности нахождения РЛУ. Если снимок в аксиальной проекции выполняется лежа, то при сгибательной контрактуре коленного сустава голень и стопу располагают на дистанционных приспособлениях так, чтобы ось голени была параллельна кассете (рис. 5.22 г.). Боковую проекцию выполняют стандартно (рис. 5.22 е-ж).

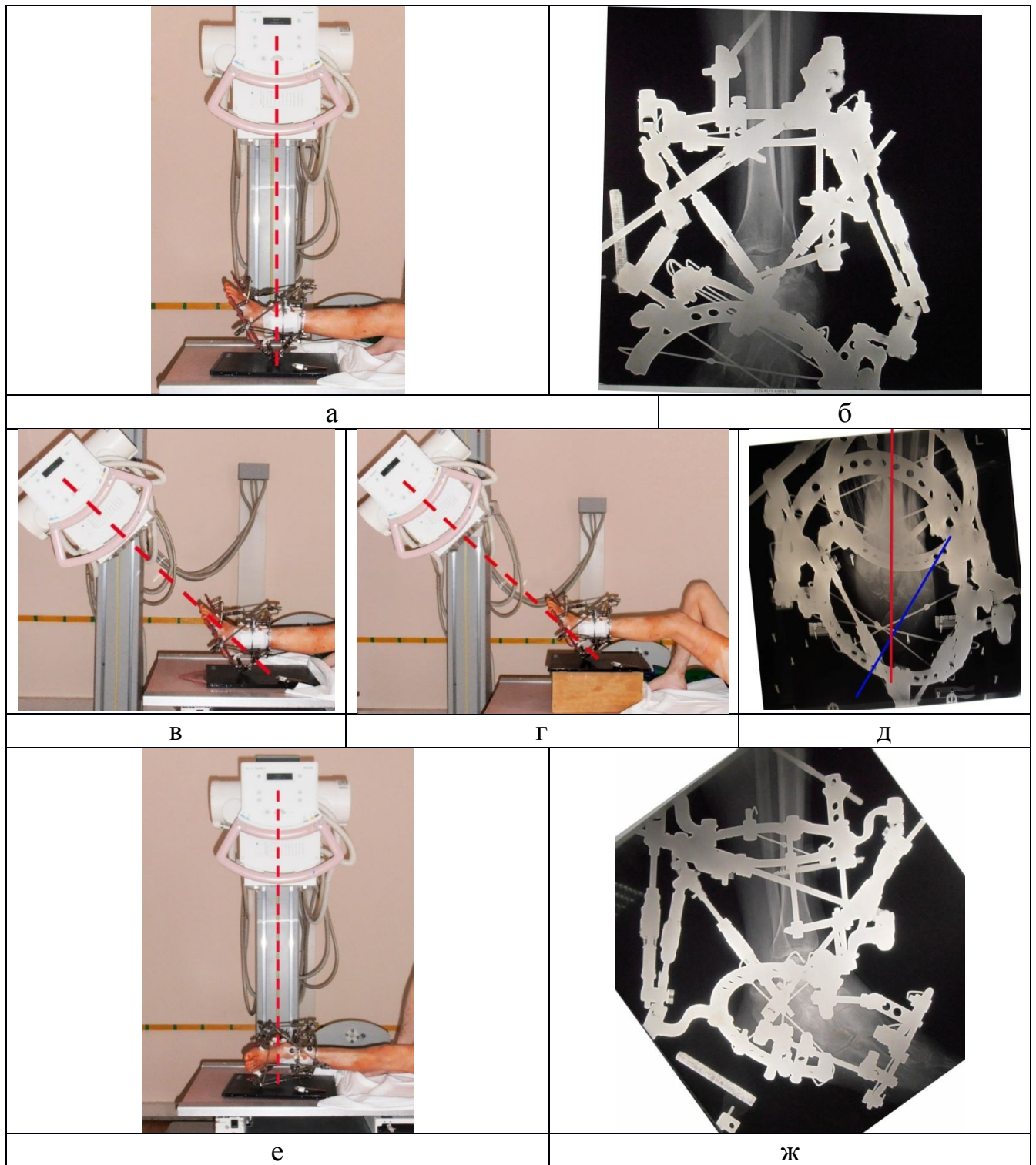


Рис. 5.22. Укладки для проведения рентгенографии заднего отдела стопы:
а – укладка для прямой проекции; б – рентгенограмма в прямой проекции;
в – стандартная укладка для проведения аксиальной проекции; г – укладка для проведения аксиальной проекции при сгибательной контрактуры коленного сустава; д – рентгенограмма в аксиальной проекции, которая позволяет обозначить РЛУ пяточной кости; е – укладка для проведения рентгенограммы в боковой проекции; ж – рентгенограмма в боковой проекции

Полученные рентгенограммы переводят в цифровой формат. Обозначают референтные линии пяточной кости в норме, а на рентгенограмме определяют величину деформации и ее вершину.

Когда на рентгенограмме в прямой проекции определить контуры пяточной кости невозможно, для обозначения границ и направленности оси пяточной кости используют следующий прием:

1. Сопоставляют все три рентгенограммы так, чтобы ось большеберцовой кости была вертикальной. Если боковая и прямая рентгенограммы идентичны по фокусному расстоянию, то масштабирование составляет 1:1. Если фокусное расстояние разное, то масштабирование доводят до 1:1, что легче всего произвести в графическом редакторе (рис. 5.23).

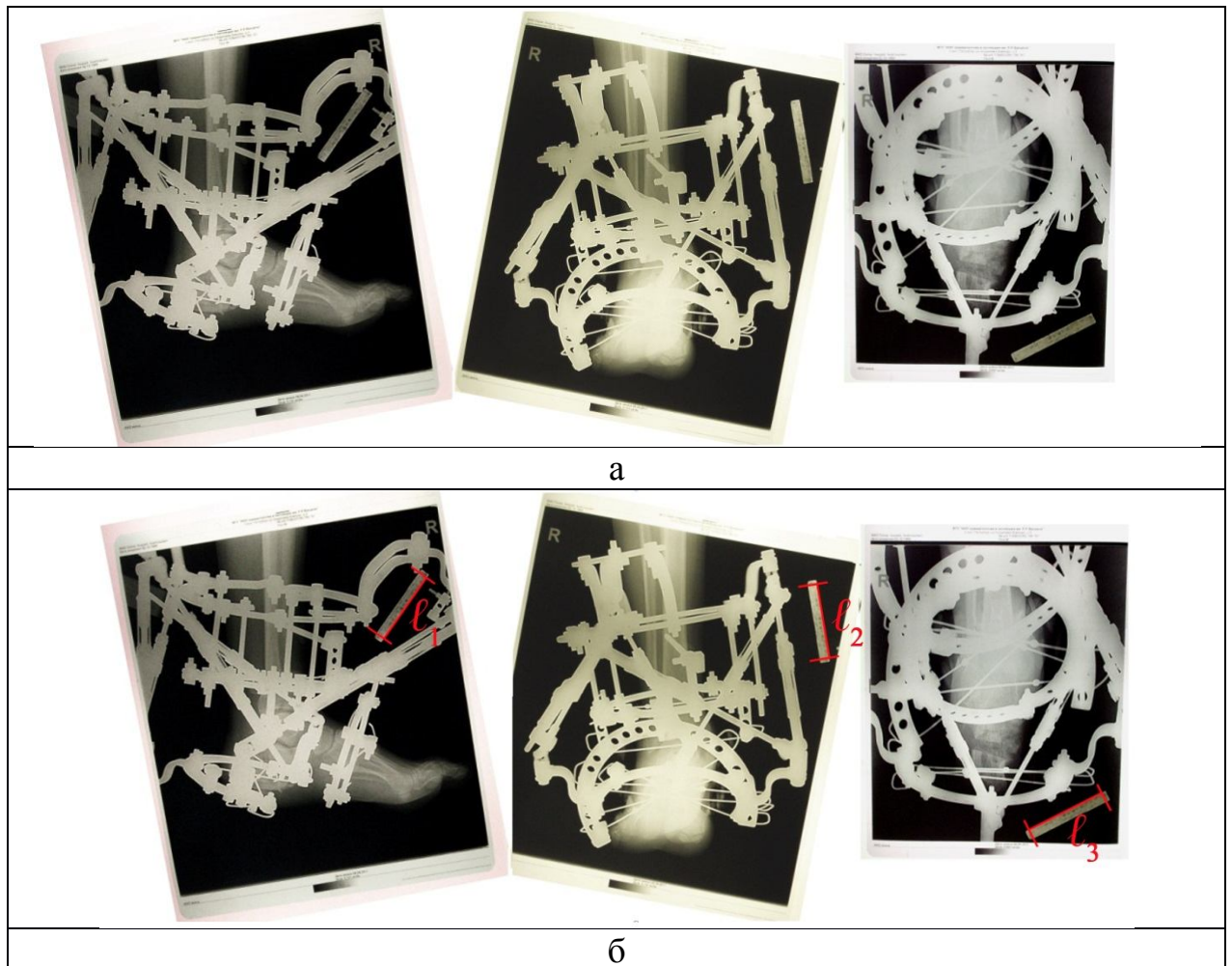


Рис. 5.23. Установка и масштабирование рентгенограмм: а – сопоставление рентгенограмм в боковой, прямой и аксиальной проекциях с вертикальной ориентацией оси большеберцовой кости; б – проведение масштабирования, чтобы $\ell_1 = \ell_2 = \ell_3$

2. Вторым этапом устанавливают рядом рентгенограммы в прямой и боковой проекциях на одном уровне. Для этого ориентируются на щель голеностопного сустава (рис. 5.24).

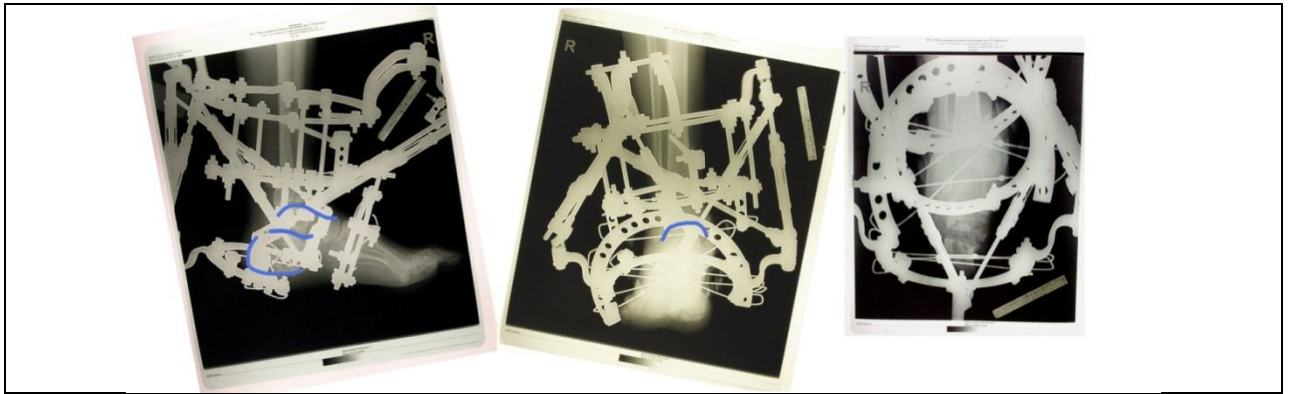


Рис. 5.24. Определение щели голеностопного сустава на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях

3. После этого определяют уровень расположения перемещаемого фрагмента пяточной кости. Для этого маркируют 3 параллельные линии, расположенные перпендикулярно к оси большеберцовой кости. Линии располагают на следующих уровнях: 1 – щель голеностопного сустава, 2 – верхняя поверхность остеотомированного фрагмента пяточной кости, 3 – нижний край перемещаемого фрагмента пяточной кости

Эти линии переносят на прямую рентгенограмму (рис. 5.25).

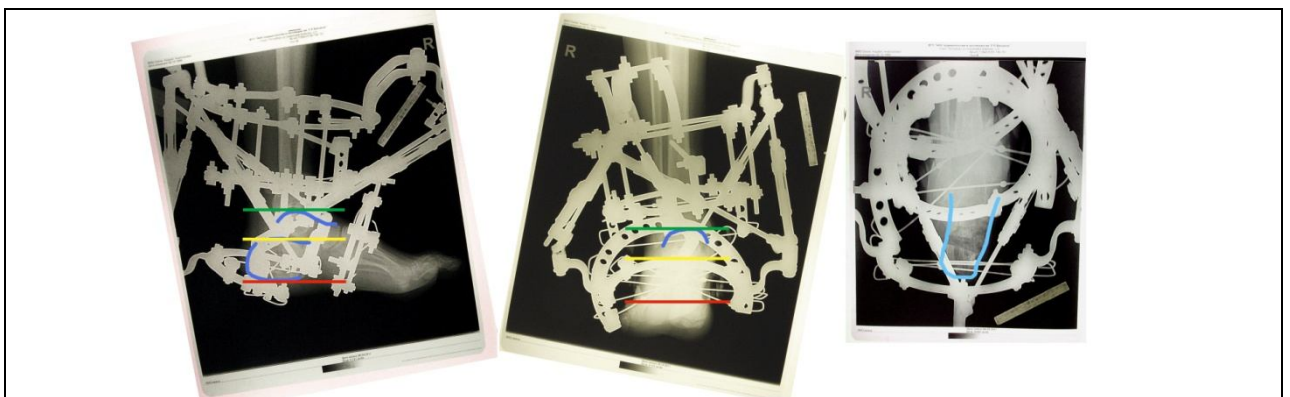


Рис. 5.25. Маркировка трех параллельных линий и перенос их на рентгенограмму в прямой проекции

4. После определения уровня расположения перемещаемого фрагмента с помощью аксиальной проекции производят определение угла наклона фрагмента. Для этого на аксиальной проекции расчерчивают две линии: оси большеберцовой и пяточной костей, которые затем переносят на рентгенограмму в прямой проекции. Таким образом, возникает представление о расположении верхней и нижней границ и угле наклона перемещаемого фрагмента пяточной кости (рис. 5.26).

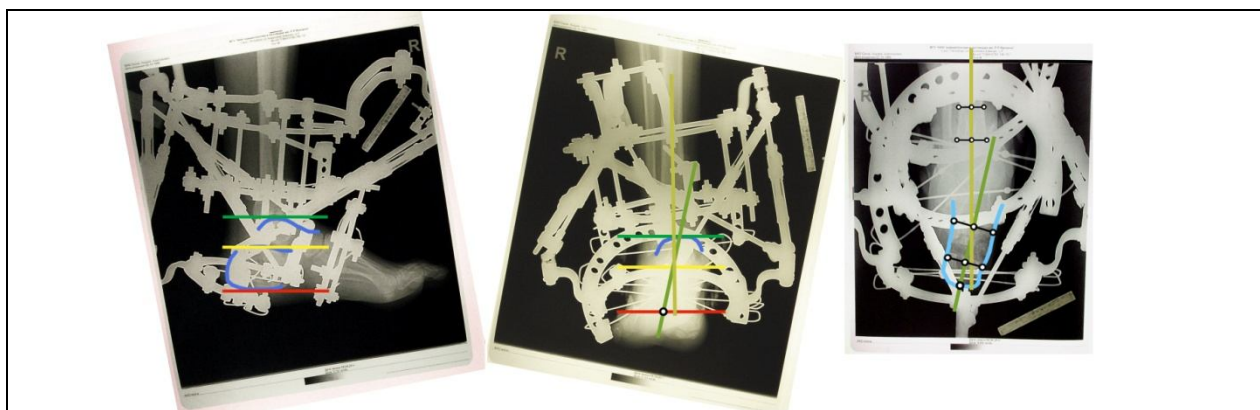


Рис. 5.26. Определение оси наклона перемещаемого фрагмента

Затем в компьютере создается папка, в которую помещают цифровые рентгенограммы в прямой и боковой проекциях, на которых нанесены РЛУ.

Шаги 1-5. Выполняют стандартно, аналогично расчету коррекции деформации на уровне среднего отдела стопы.

Шаг 6-7. Введение фокусного расстояния, центра луча и определение проекций страт и карданов на прямой рентгенограмме

Выполняют стандартно. Так же как и для коррекции на уровне среднего отдела, при затруднении определения номеров страт, отсчет начинают от крепления кардана страты №1, который фиксируют на базовой опоре спереди от голени или от кардана страты №3, которую крепят на вершину «пяточной» опоры. Эти опоры относительно легко идентифицировать на рентгенограммах (рис. 5.27).

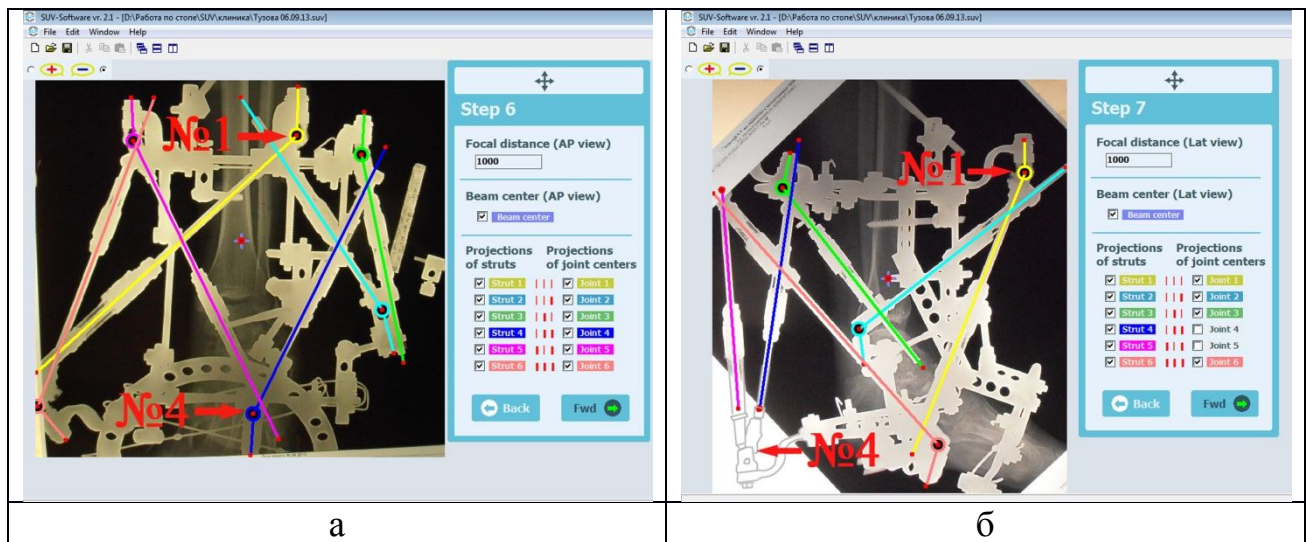


Рис. 5.27. Вид окон шага 6 и шага 7 программы Орто-СУВ, определение направления страт, расположение центров карданов: а – прямая проекция, шаг 6; б – боковая проекция, шаг 7

После того, как программа произведет расчеты и определит пространственное расположение страт и карданов, надо убедиться в совпадении страт рентгенограмм и страт, вычисленных программой.

Шаг 8. Построение скиаграмм

Выполняют стандартно и аналогично шагу 8 при коррекции среднего отдела стопы. По обозначенным на прямой рентгенограмме оси, верхней и нижней границам просто расчерчивают фрагмент пяточной кости в виде прямоугольника (рис. 5.28).

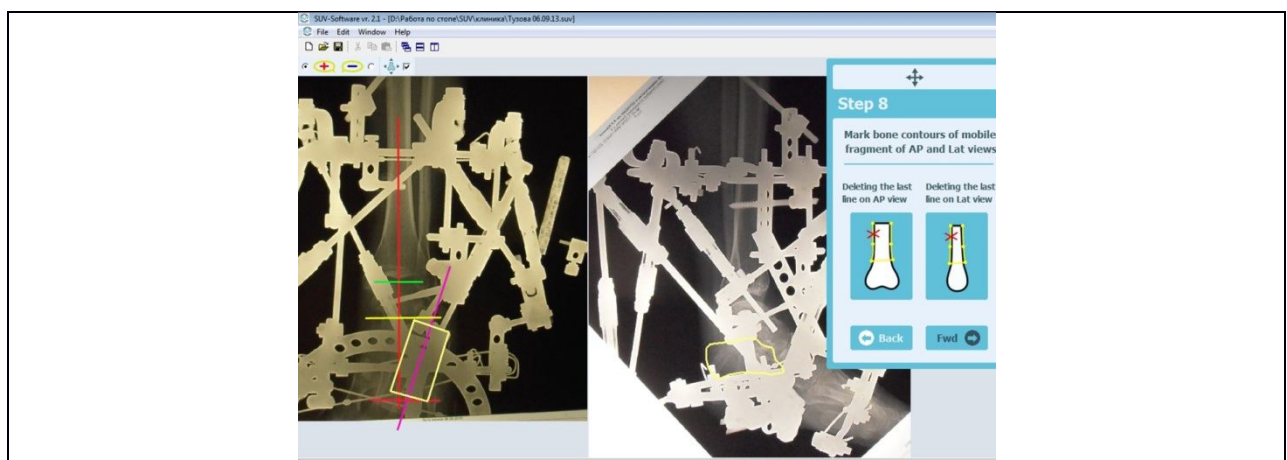


Рис. 5.28. Вид окна шага 8. Скиаграмма фрагмента пяточной кости в прямой проекции в форме четырехугольника

Шаги 9-12. Выполняют так же, как и при коррекции среднего отдела стопы.

Шаг 13. Расчет изменения длин страт и темпа коррекции деформации

Так же выполняют стандартно. В основном коррекцию деформации заднего отдела проводят с остеотомией и формированием костного регенерата. В таком случае выбирают режим, при котором изменение длин страт производится четыре раза в день.

5.3.7. Особенности послеоперационного периода

Послеоперационный период при коррекции деформаций стоп управляемым чрескостным остеосинтезом состоит из трех этапов:

1. Этап коррекции в аппарате внешней фиксации.
2. Этап фиксации для перестройки костного регенерата в полноценную костную ткань.
3. Реабилитационный период.

На первом этапе проводят коррекцию деформации в аппарате Орто-СУВ. Начинают её на 2–3-и сутки после операции. Первым шагом в коррекции производят дистракцию – 10-15мм в зависимости от величины деформации – чем больше угол деформации, который необходимо устранить, тем больше должна быть длина регенерата. В первые сутки коррекции инструктируют пациента о необходимости провести двойную «прокрутку», то есть за один день провести движение страт за 2 «программных дня». Это необходимо для придания аппарату необходимого напряжения и устранения имеющегося в репозиционных узлах люфта.

В первые дни коррекции все манипуляции с аппаратом проводит лечащий врач, инструктируя многократно пациента или ухаживающего о принципе работы аппарата.

Обязательно производят перевязки с частотой не реже 1 раза в 2–3 дня. С этого же времени проводят активизацию больных, рекомендуя регулярную ходьбу с использованием дополнительных средств опоры.

Обязательно проведение ЛФК, применение специальных эластичных фиксаторов для профилактики контрактуры пальцев стопы и сгибательной контрактуры голеностопного сустава. Так как фиксация в аппарате не позволяет пациенту опираться на подошву, то дисбаланс между сгибателями и разгибателями пальцев приводит к развитию сгибательной контрактуры в суставах пальцев. А выведение стопы из эквинусного положения приводит к клиническому укорочению ахиллова сухожилия, соответственно возникает контрактура голеностопного сустава в положении подошвенного сгибания.

В процессе коррекции происходит натяжение сосудов и нервов, вызывающее их относительную недостаточность. Поэтому пациенту рекомендуют исключить прием сосудосуживающих веществ (алкоголь, курение, шипучие напитки). При наличии отека пациента рекомендуют придавать возвышенное положение (шина Белера). Если происходит выраженное развитие нейро- и ангиопатии, то темпы коррекции стоит снизить (исходя из клинического состояния) и провести нейро- и ангиопротекторную терапию.

Когда коррекцию предполагается проводить амбулаторно, то перед выпиской из стационара обязательно надо убедиться, что пациент способен самостоятельно или с посторонней помощью правильно обращаться с аппаратом (изменять длины страт, контролировать стабильность конструкции). Если пациент не может самостоятельно выполнить реверс (сгонку) страты, это выполняет врач. Поэтому одним из важных требований коррекции в аппарате Орто-СУВ является связь пациента с врачом.

Всех пациентов, которым выполняли коррекцию деформации в аппаратах, обеспечивали методическими рекомендациями «Чрескостный остеосинтез (пособие для пациентов)» (Соломин Л.Н., Воронцова Т.Н., Ершов В.В. СПб: Литография, 2009. 40 с.).

После завершения коррекции деформации следует период фиксации, который проводят тремя путями:

- 1) производят модульную трансформацию аппарата Орто-СУВ путем замены страт на стержни, шарниры и демонтажа части опор (рис. 5.29);

- 2) проводят демонтаж аппарата и фиксируют фрагменты погружными конструкциями (рис. 5.30);
- 3) иммобилизация сегмента гипсовой повязкой (рис. 5.31).

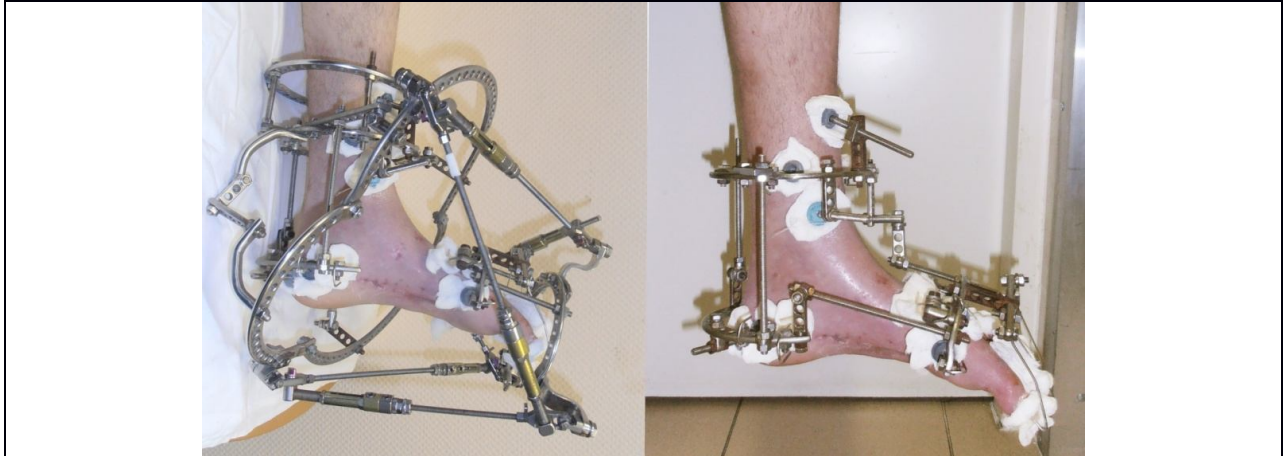


Рис. 5.29. Пример модульной трансформации аппарата Орто-СУВ для дальнейшей перестройки регенерата в фиксационном аппарате

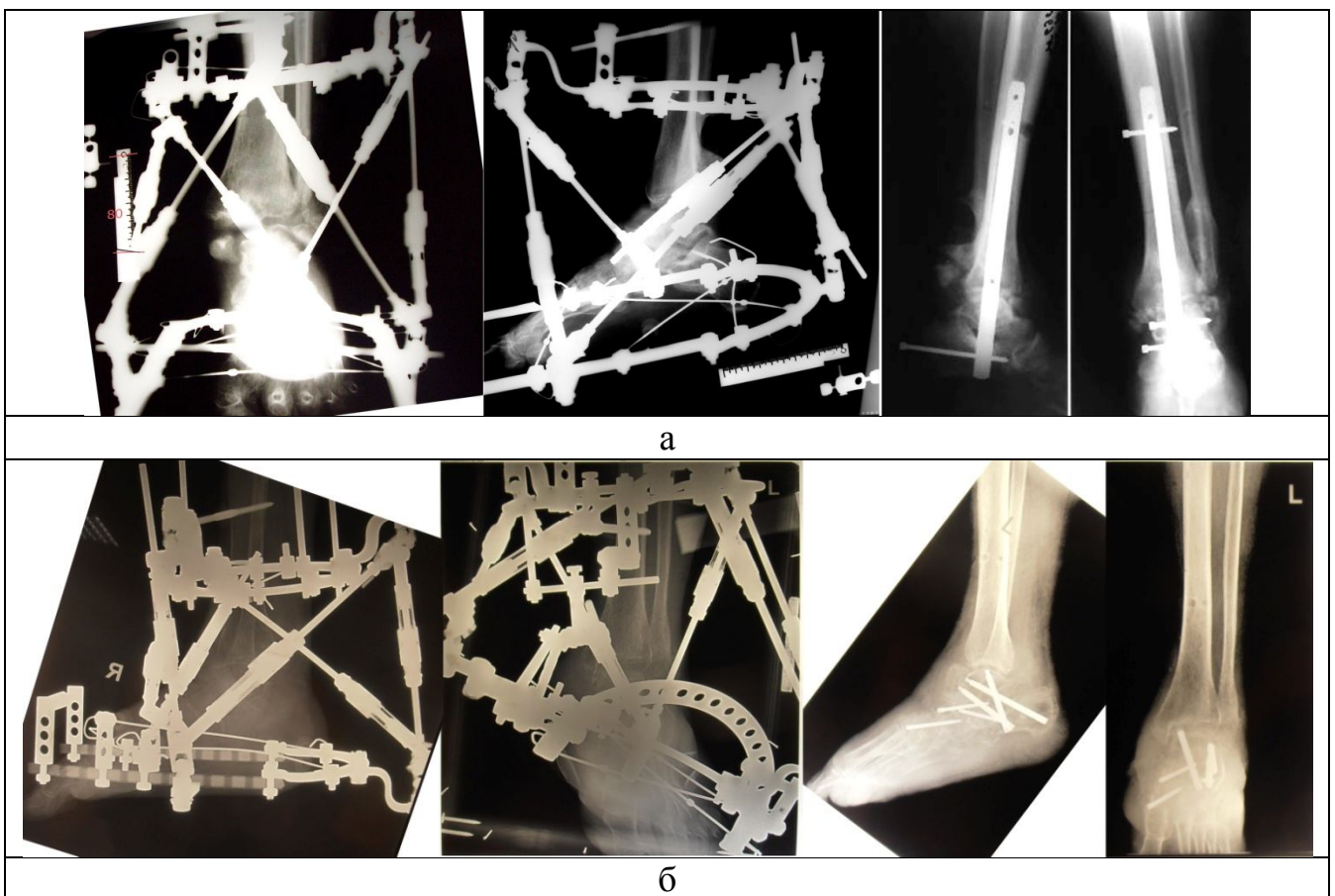


Рис. 5.30. Демонтаж АВФ, внутренняя фиксация: а – подтаранный и голеностопный артродез интрамедуллярным стержнем с блокированием; б – трехсуставной артродез стопы с фиксацией канюлированными винтами

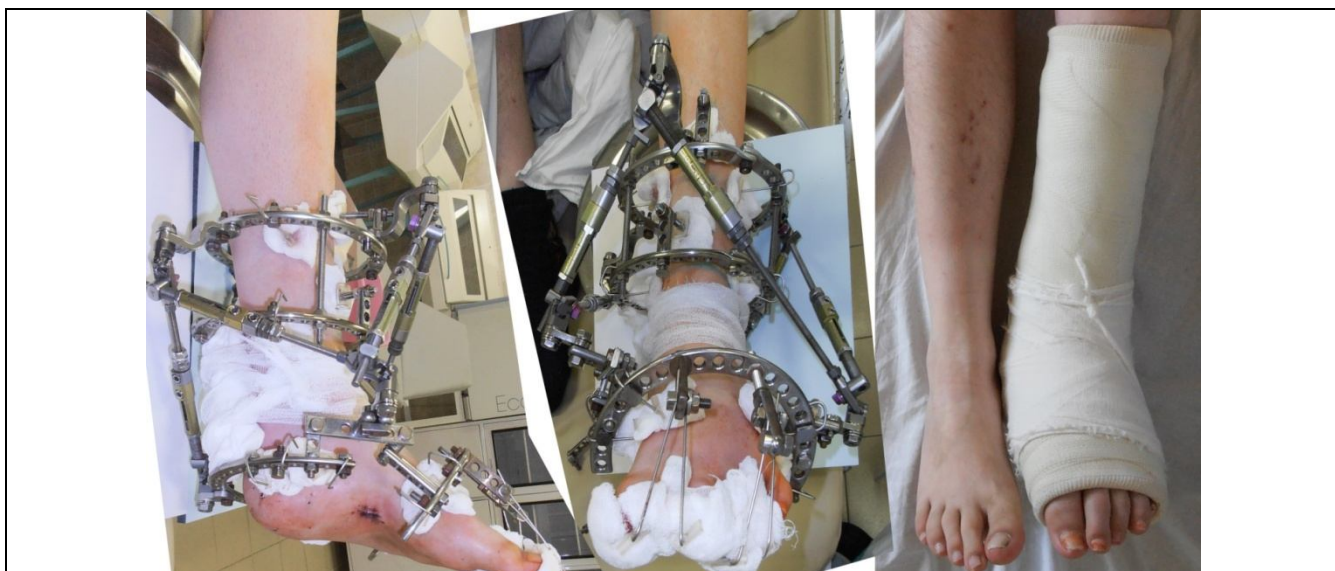


Рис. 5.31. Демонтаж АВФ, фиксация стопы и голени циркулярной пластиковой повязкой

После консолидации костных фрагментов следует период реабилитации. В случае применения внутренней фиксации восстановление функции конечности начиналось раньше.

5.4. Клинические примеры

5.4.1. Коррекция деформации стопы на уровне среднего отдела

Больной П., 24 года. Диагноз при поступлении в ФГБУ РНИИТО им. Р.Р. Вредена: состояние после открытого перелома костей левой голени, травматическая невропатия малоберцового нерва, эквинусная деформация левой стопы на уровне среднего отдела смешанного генеза. Из анамнеза: травма при ДТП июль 2009 г. (рис. 5.32).

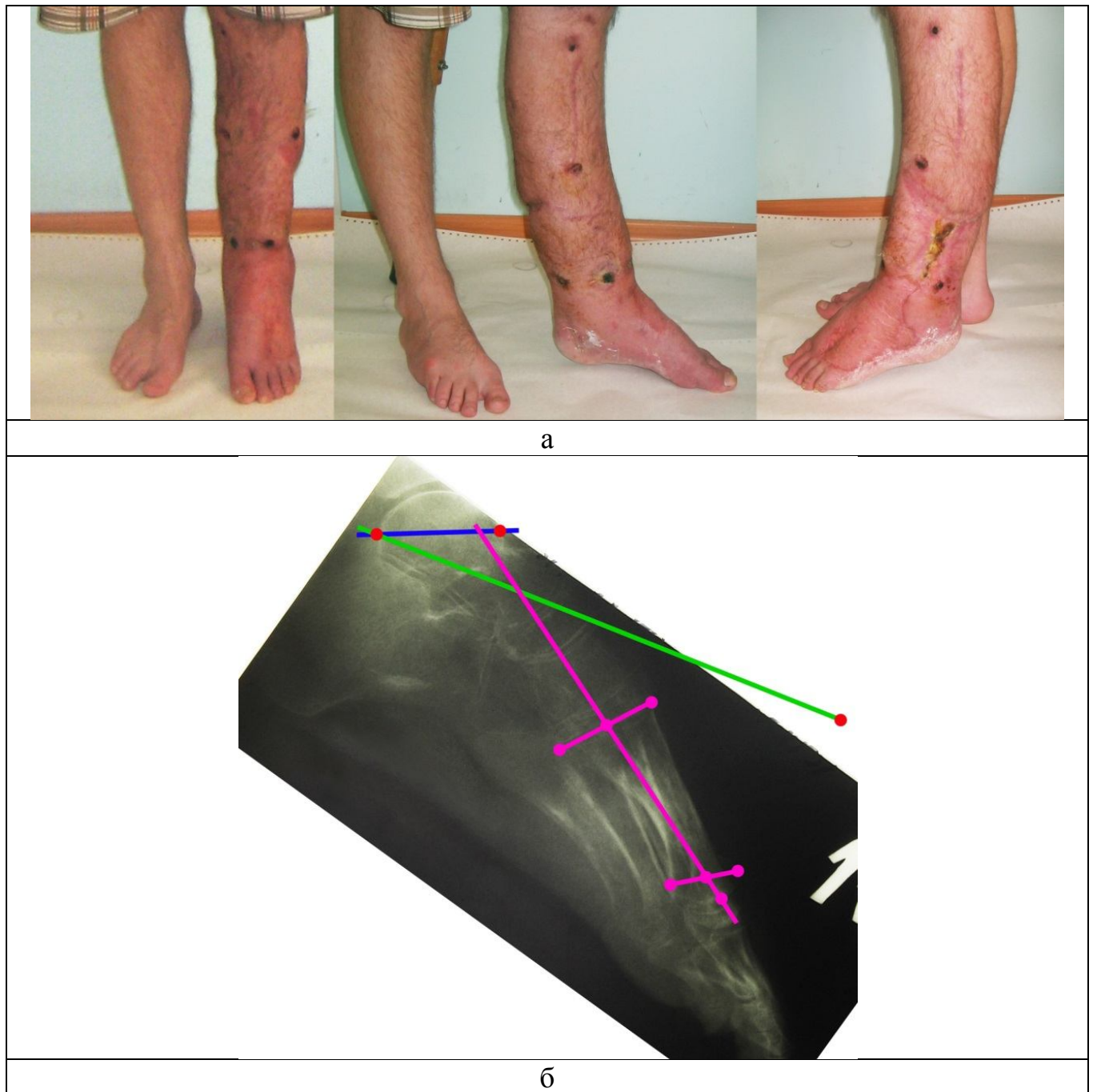


Рис. 5.32. Пациент П. до операции: а – внешний вид; б – рентгенограмма стопы в боковой проекции с обозначением МЛСУ

Произведен остеосинтез костей голени в АВФ, пластика несвободным кожно-мышечным лоскутом передней поверхности нижней трети голени. Оперирован в августе 2009 г. по поводу развития глубокой инфекции в области перелома. Декабрь 2009 г. – консолидация перелома. Развитие деформации левой стопы по типу «конской» на уровне среднего отдела, смешанного характера

(нейропатическая, теногенная). Подошвенное сгибание стопы: мЛСУ – 54° , МПУ – 8° .

Была произведена операция: фиксация стопы и голени в аппарате АВФ (рис. 5.33).

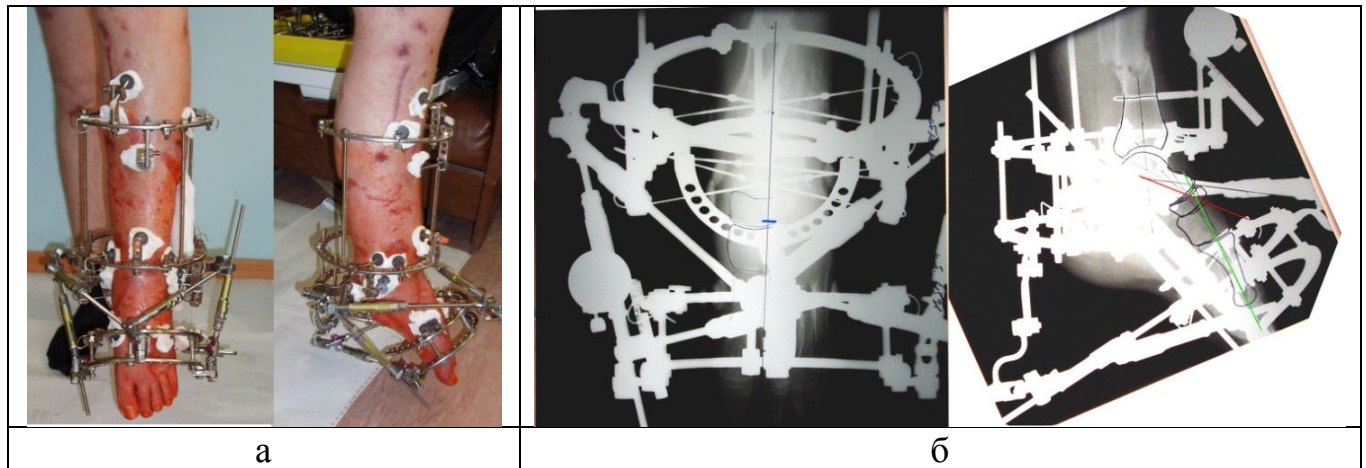


Рис. 5.33. Пациент П., третьи сутки после операции: а – внешний вид стопы и голени спереди и сбоку; б – рентгенограммы в прямой подошвенной и боковой проекциях

С 3-го дня начата коррекция. В программе была рассчитана коррекция выведения среднего отдела стопы из подошвенного сгибания (рис 5.34).

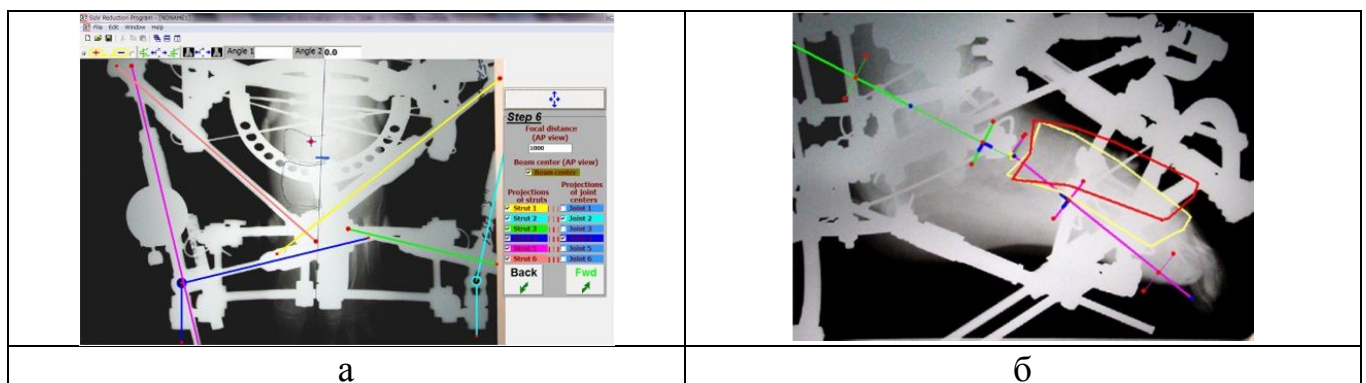


Рис. 5.34. Проведение расчетов в программе: а – шаг 6, распределение страт в прямой проекции; б – шаг 10, расчет должного положения среднего отдела стопы

С учетом того, что остеотомия костей стопы не производилась, темп коррекции был ускорен до $1,5^\circ$ в день. Период коррекции длился 34 дня; цель коррекции была достигнута (рис. 5.35).

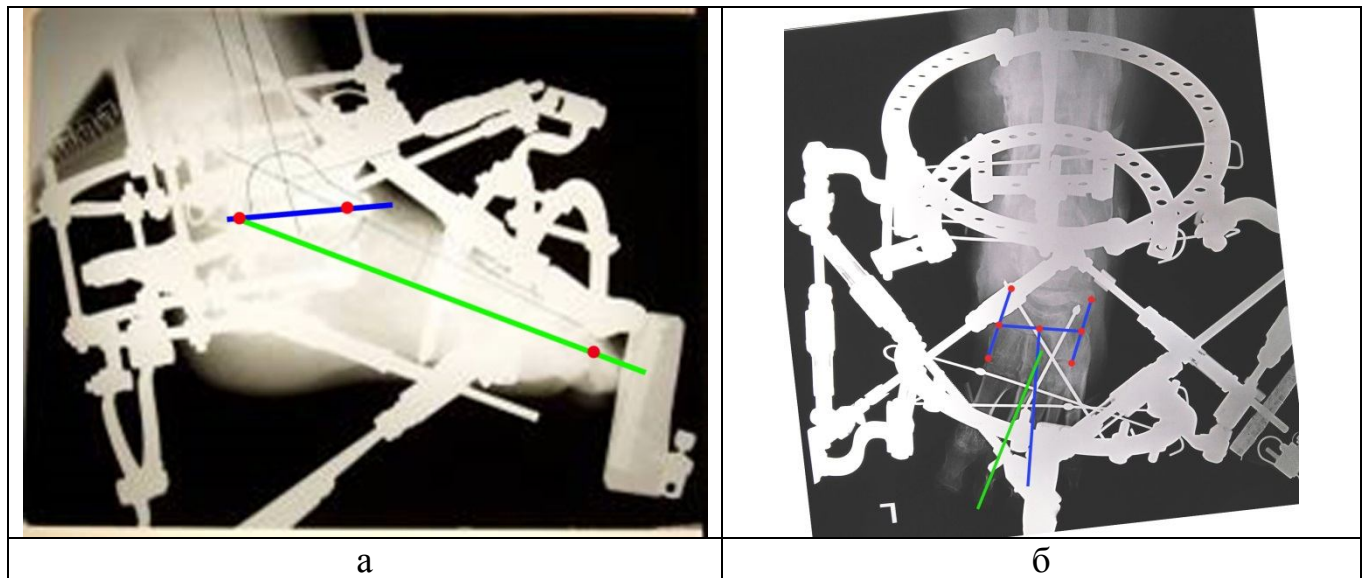


Рис. 5.35. Рентгенограммы после окончания коррекции: а – боковая проекция; б – прямая подошвенная проекция

По окончании коррекции выполнена модульная трансформация: страты были заменены на фиксационные шарниры (рис. 5.36). Фиксация в АВФ продолжалась 3,5 месяца.



Рис. 5.36. Модульная трансформация аппарата

Затем аппарат был демонтирован. После демонтажа аппарата в течение 1,5 мес. проводилось реабилитационное лечение до восстановления опорности

конечности и удовлетворительной функции левого голеностопного сустава (рис. 5.37). При анализе рентгенограмм: мЛСУ – 25° , МПУ – 9° .

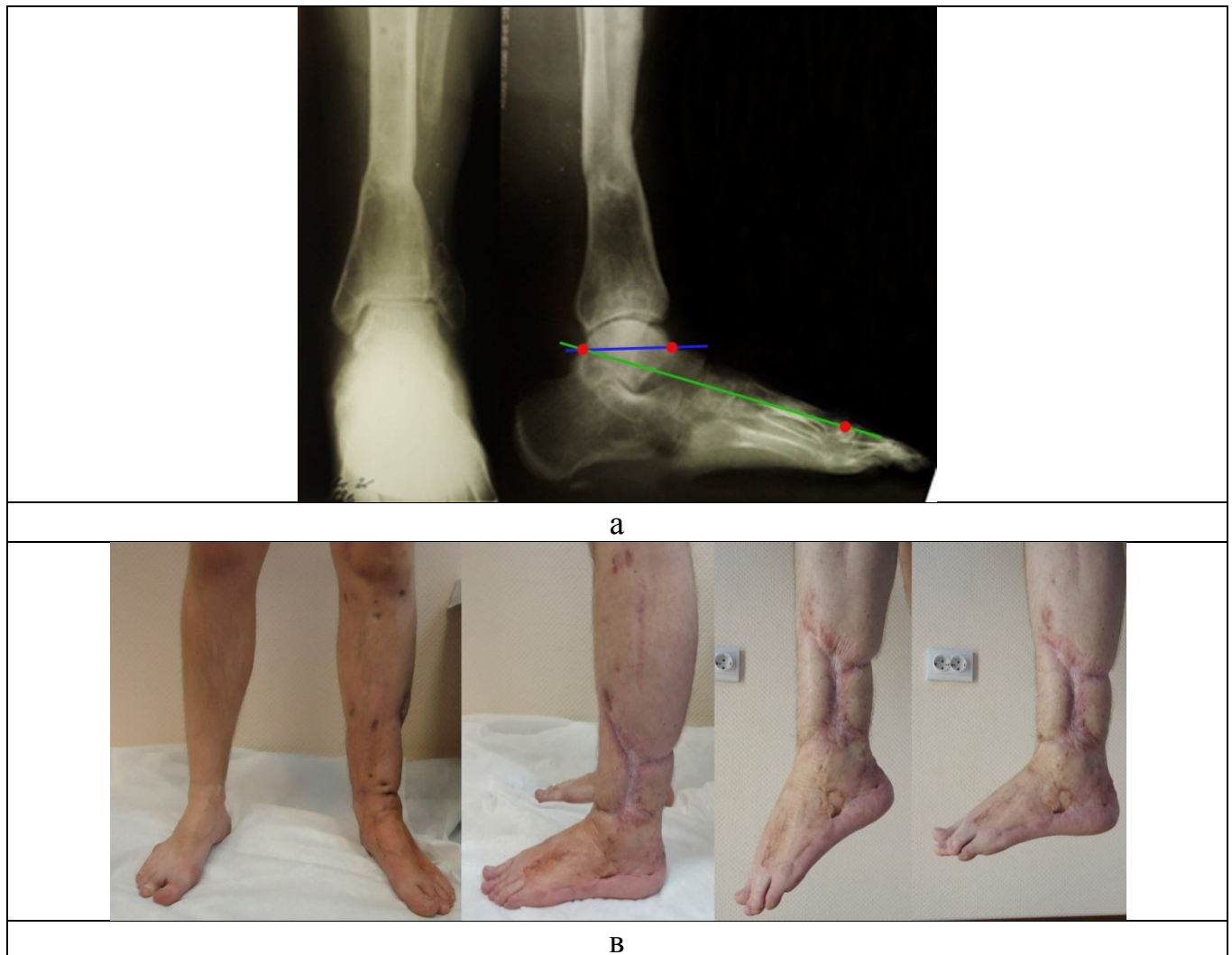


Рис. 5.37. Фотографии и рентгенограммы пациента П. через 12 мес. после демонтажа АВФ: а – рентгенограммы с нагрузкой в прямой и боковой проекциях; в – фотографии функции стопы

5.4.2. Коррекция деформации стопы на уровне заднего отдела

Больная Т., 28 лет, поступила в ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» с диагнозом: сложная посттравматическая деформация левой пяточной кости. Имелись следующие компоненты деформации: ЛПУ – 25° , аБПУ – 33° , смещение фрагмента пяточной кости – 40 мм (рис. 5.38).

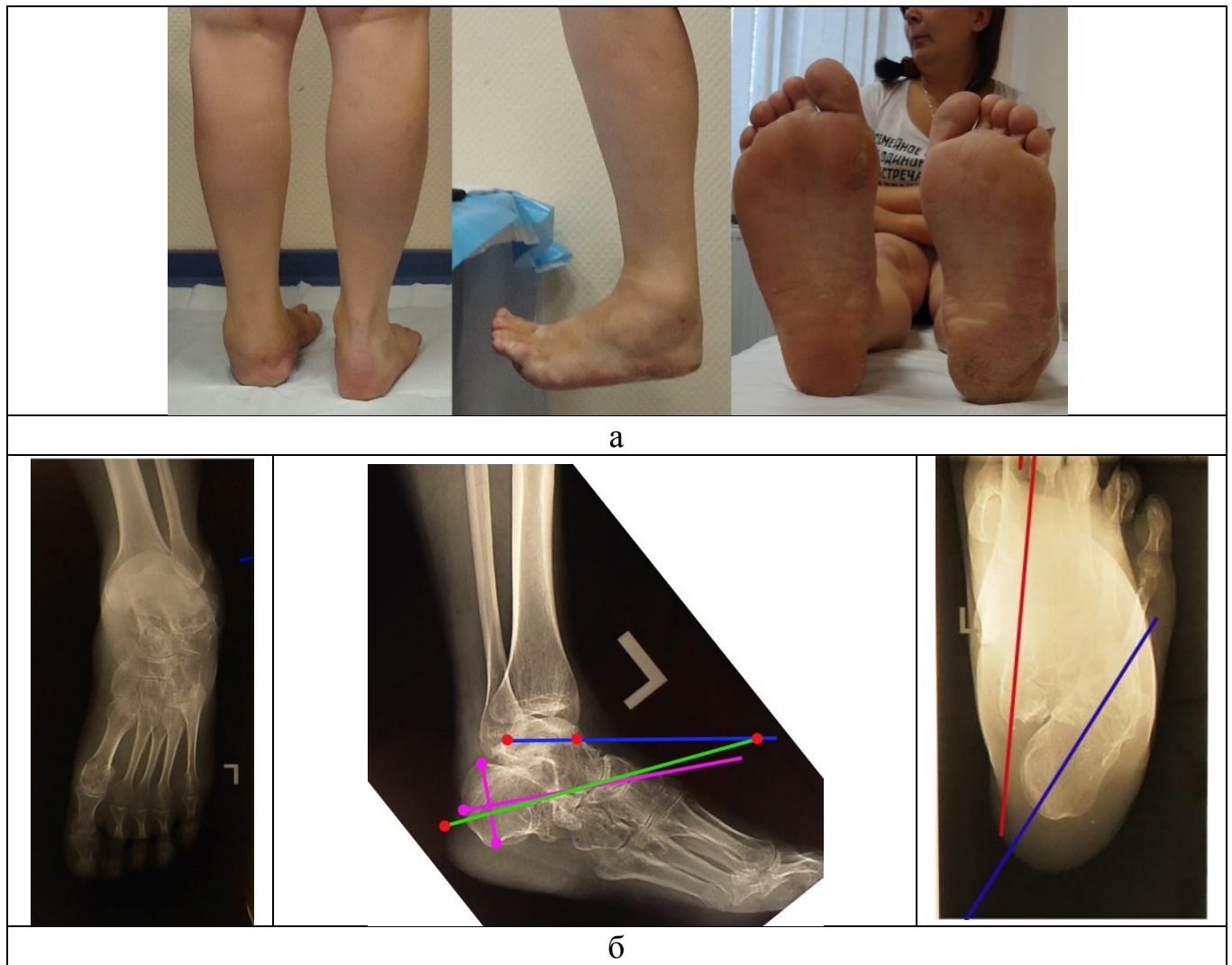


Рис. 5.38. Пациентка Т. до операции: а – внешний вид; б – рентгенограммы пяточной кости с обозначением среднediaфизарной линии большеберцовой кости и пяточной оси в боковой и аксиальной проекциях

31.07.13 была произведена операция: остеотомия пяточной кости, остеосинтез аппаратом Орто-СУВ (рис. 5.39).



Рис. 5.39. Монтаж аппарата Орто-СУВ для коррекции пяточной кости: вид сзади, с медиальной стороны, с латеральной стороны

Произведен расчет в программе пассивной навигации (рис. 5.40).

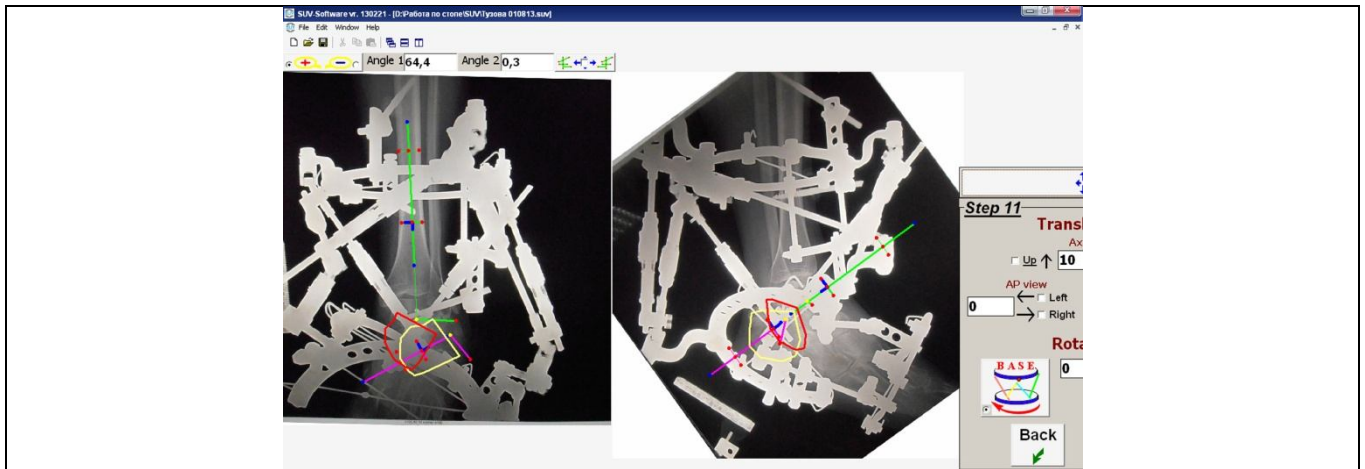


Рис. 5.40. Планирование коррекции в программе пассивной компьютерной навигации

С третьих суток начата коррекция. За 64 дня была устранена деформация пяточной кости (рис. 5.41 а-б). 04.10.13 произведен следующий этап оперативного лечения: подтаранный артродез с пластикой аутооттрансплантатом и фиксацией канюлированными винтами (рис. 5.41 в-г). По окончании коррекции анализ рентгенограмм показал: ЛПУ – 15° , аБПУ – 3° .

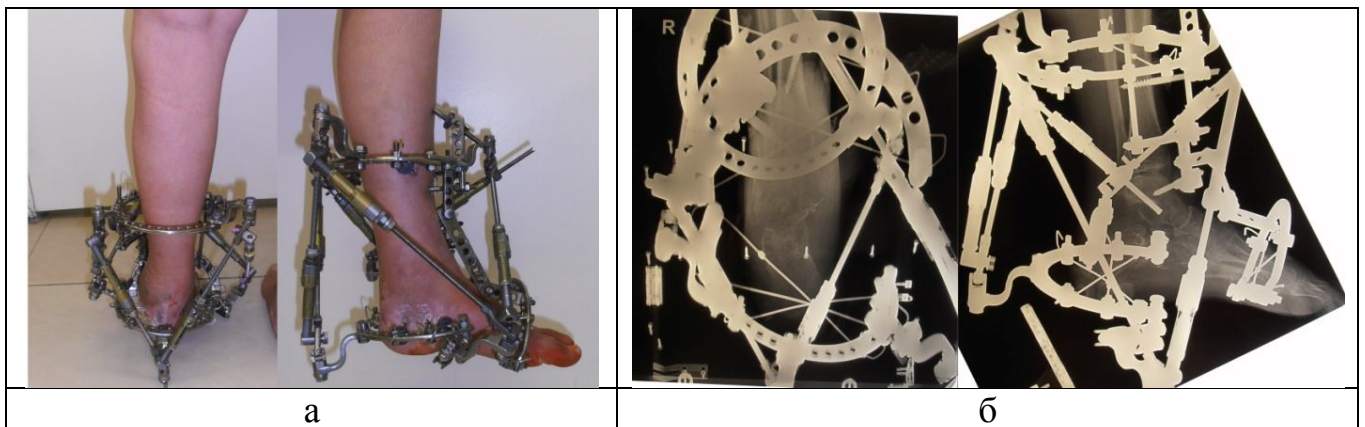


Рис. 5.41. Пациентка Т., результат коррекции: а – фотографии в аппарате Орто-СУВ по окончании коррекции; б – контрольные рентгенограммы после окончания коррекции, аксиальная и боковая проекция

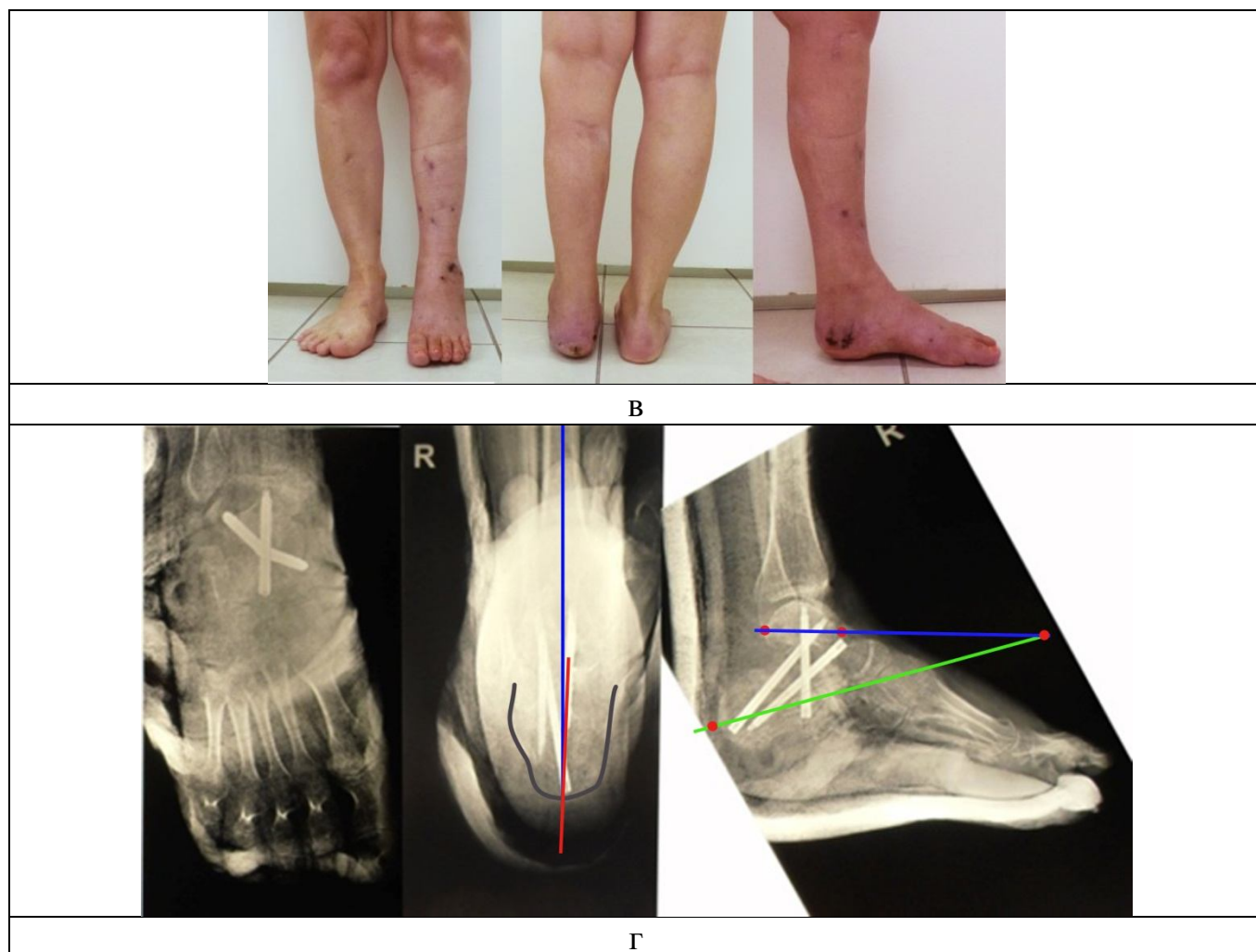


Рис. 5.41. Пациентка Т., результат коррекции: в – фото стопы после фиксации винтами; г – рентгенограммы стопы после внутренней фиксации

5.5. Обсуждение полученных результатов клинической апробации

С учетом относительно небольшого количества пациентов в каждой из подгрупп, получить статистически значимые данные не представляется возможным. К тому же отсутствие общепринятых критериев оценки (классификации, оценка точности коррекции по РЛУ, осложнений) затрудняет сравнение данных у различных авторов. Поэтому можно говорить только о тенденциях. При сравнении с данными литературы можно судить, что технология применения методик, разработанных в ходе данного исследования, показывает результаты коррекции не уступающие, а по некоторым параметрам (при коррекции деформаций сложной степени) и превосходящие мировые аналоги. Так, погрешность коррекции аппаратом Орто-СУВ не превышает $2,6^\circ$ для

среднего отдела, и $1,3^\circ$ – для заднего отдела. Использование аппарата Илизарова предполагает погрешность коррекции до 4° для среднего отдела и 2° для заднего (Shalaby H., Hefny H. et al., 2007). По данным Н. Waizy с соавторами (2011), при коррекции в аппарате TSF не удалось достигнуть правильной установки пяточной кости; в наших наблюдениях ожидаемый результат в процессе коррекции достигнут в 100% случаев.

Сравнивать продолжительность периодов коррекции у разных авторов практически невозможно, т.к. группы оказываются слишком разнородными. Тенденция – сокращение сроков периода коррекции в связи с использованием ортопедических гексаподов.

Осложнения, относящиеся к категории II, в наших наблюдениях возникли в 28,4%, к категории III – в 17,1%. При использовании аппарата Илизарова осложнения категории III развиваются от 24,2% (Barbary H. El. et al., 2004) до 62,3% (Velazquez R.J. et al., 1993) случаев. При использовании TSF осложнения категории II отмечены в 45,5%, категории III – в 28,3-45,5% (Floerkemeier T. et al., 2011; Eidelman M. et al., 2012).

Методике смены внешней фиксации на внутреннюю хотелось бы уделить особое внимание, так многие авторы считают ее весьма перспективным направлением в лечении деформаций (Paley D. et al., 1993; Kocaoglu M. et al., 2004; Rozbruch S.R., 2008). Однако данный метод имеет как положительные, так и отрицательные стороны, и на настоящий момент нет рандомизированных мультицентровых исследований, посвященных данному вопросу (Kocaoglu M. et al., 2004; Rozbruch S.R., 2008). У авторов практически ни по одному из перечисленных пунктов (показания и противопоказания, особенности оснащения и техники выполнения) не имеется однозначного мнения. Но и наш предварительный опыт в этом направлении показывает его перспективность. Поэтому применению аппарата Орто-СУВ с последующим переходом внутренней фиксации должно быть посвящено специальное исследование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заболевания и дисфункции стопы врожденного и приобретенного характера, травматические повреждения и их последствия относятся к наиболее частой патологии опорно-двигательной системы как у детей, так и у взрослых. Патология стоп встречается у 12% ортопедических больных (Шевцов В.И. с соавт., 2008). В Российской Федерации травмы, в т.ч. переломы костей стопы, также достаточно часто встречаются в популяции, составляя 10,0–10,6% от всех переломов. При этом 0,6% таких поражений представляет собой тяжелые повреждения стопы, что в ряде случаев требует оказания высокотехнологичной медицинской помощи (Рахимов Д.С., 2006). В общей структуре нарушений опорно-двигательного аппарата заболевания стопы составляют 25–30% (Миронов С.П. с соавт., 2008).

Деформации стоп редко встречаются в изолированном виде. Сочетание различных компонентов деформаций стоп (комбинированные деформации) составляют 55% (Лосев И.И. с соавт., 1999; Краснов А.Ф. с соавт., 2003). Определение основных компонентов сложных деформаций обеспечивает правильное планирование коррекции.

Среди существующих классификаций деформаций стоп на данный момент нет универсальной, которая бы определяла количество компонентов и плоскостей деформации, как это разработано для деформаций длинных костей. Так, В.А. Виленский с соавторами (2007) представили практичную классификацию, в основе которой используются три основные плоскости (фронтальная, сагиттальная, горизонтальная) и все возможные компоненты (укорочение, периферическое, угловое и ротационное смещения). В зависимости от количества составляющих компонентов и охваченных плоскостей деформации распределены по степеням сложности. В соответствии со степенью сложности деформации определяется оптимальный метод её коррекции. Однако для деформаций стоп применить эту классификацию невозможно; требуется ее существенная адаптация.

Эффективное лечение сложных многоплоскостных деформаций стопы, сочетающихся с укорочением данного сегмента, патологией мягких тканей, неравенством в длине конечностей, деформациями нижних конечностей, остеомиелитом и нарушением консолидации возможно только при помощи аппаратов внешней фиксации, которые позволяют устранить все компоненты деформации, в том числе дозировано во времени удлинить сегмент. Аппарат Илизарова и технология его применения до настоящего времени являются «золотым стандартом» коррекции деформаций стопы. Однако известно, что при коррекции сложных многокомпонентных многоплоскостных деформаций аппаратом Илизарова имеются следующие недостатки:

- необходимость частичных перемонтажей аппарата при устранении многоплоскостных многокомпонентных деформаций, что связано с необходимостью замены унифицированных узлов (Paley D., 2005; Соломин Л.Н., 2012), что повышает трудозатраты, увеличивает время пребывания больного в стационаре или количество амбулаторных визитов;
- при устранении каждого компонента деформации необходим рентгенологический контроль, что повышает лучевую нагрузку на пациента и медицинский персонал.

Аппарат Орто-СУВ является представителем группы инновационных чрескостных аппаратов со свойствами компьютерной навигации – гексаподов. Как и все гексаподы, он состоит из основной (базовой) и мобильной (перемещаемой) опор, которые соединены шестью телескопическими стержнями специальной конструкции – стратами. С точки зрения коррекции деформаций, гексапод является универсальным репозиционным узлом, позволяющим перемещать одну опору аппарата с закрепленным в ней костным фрагментом относительно другой одновременно в трех плоскостях по кратчайшей, интегральной траектории. Таким образом, аппарат Орто-СУВ позволяет устранять деформацию одновременно в трех плоскостях за один этап без каких-либо перемонтажей конструкции. А специальная компьютерная программа

рассчитывает эту интегральную траекторию перемещения дистального фрагмента.

Благодаря конструктивным инновациям аппарат Орто-СУВ превосходит аналоги по ряду конструктивных особенностей, репозиционным возможностям, имеет усовершенствованное программное обеспечение (Виленский В.А., 2009; Соломин Л.Н. с соавт., 2009) и применяется при лечении широкого спектра ортопедической патологии: переломах, деформациях длинных костей, контрактурах, вывихах и подвывихах локтевого, коленного и голеностопного суставов.

Однако до настоящего времени исследований по применению аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций стоп не проводилось.

Для эффективного восстановления анатомии и биомеханики скелета стопы в процессе коррекции разработаны так называемые референтные линии и углы (РЛУ). Вопросом определения РЛУ стопы занимались многие авторы (Gentili A. et al., 1996; Kirienko A. et al., 2004; Lamm B.M., Paley D., 2004; Lamm B.M. et al., 2016). На сегодняшний день наиболее часто употребляются таранно-плюсневый угол – угол Meary (Chi T.D. et al., 1999; Pedowitz W.J., Kovatis P., 1995), пяточно-плюсневый угол (Tudor H., 2010), большеберцово-плюсневый угол (Kirienko A. et al., 2004; Lamm B.M., et al., 2016). Однако использование известных РЛУ стопы зачастую позволяет лишь оценить степень деформации и результат ее коррекции. При этом возможные сопутствующие деформации таранной и пяточной костей могут привести к значительной погрешности измерений. Методика планирования коррекции, а именно определения вершины деформации (Center of Rotation of Angulation – CORA) описана только для заднего отдела стопы во фронтальной плоскости (Paley D., 2002). И этот вопрос так же требовал своего решения.

Известные схемы проведения чрескостных элементов через кости стопы имеют ряд ограничений: нет достаточного с клинической точки зрения количества уровней по проведению чрескостных элементов; принципы формирования системы координат затрудняют практическое использование изложенного материала; не учитывается смещение мягких тканей относительно

костей стопы. Кроме этого, до настоящего времени не разработан метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза стопы, не определены «рекомендуемые позиции» для проведения чрескостных элементов.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы было усовершенствование технологии чрескостного остеосинтеза для улучшения результатов и оптимизации процесса лечения пациентов со сложными деформациями среднего и заднего отделов стопы.

Для достижения цели были решены следующие **задачи**:

1. Выполнено топографо-анатомическое обоснование «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов через кости стопы.

2. Разработана рабочая классификация степеней сложности деформаций среднего и заднего отделов стопы на основе учета компонентов, плоскостей деформации и их сочетания.

3. Разработаны оригинальные методы планирования и оценки результатов коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости.

4. Разработаны оптимальные компоновки аппарата Орто-СУВ с учетом их репозиционных возможностей для коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы, а также при комбинированных деформациях.

5. Апробированы в клинике предложенные и усовершенствованные методики планирования и выполнения реконструктивных операций на стопе у профильных пациентов.

5. Определено необходимое оснащение, особенности предоперационной подготовки, работы с компьютерной программой, послеоперационного ведения пациентов при использовании аппарата Орто-СУВ.

При разработке комплекса схем «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов в кости стопы мы выбрали количество уровней, исходя из принципов необходимости и достаточности. В качестве подготовки к данному исследованию были проанализированы основные руководства по чрескостному остеосинтезу стопы (Бейдик О.В., 2002; Оганесян О.В., 2005; Шевцов В.В. с

соавт., 2008; Catagni M.A., 2003; Kirienko A. et al., 2004). Установлено, что для обеспечения возможности сборки описываемых в них компоновок аппаратов стопа должна быть разделена не менее чем на 14 поперечных уровней. Кроме того, учитывая анатомические особенности таранной и пяточной костей, при проведении через них чрескостных элементов использовались три дополнительных «косых» уровня.

Для точного обозначения РП был использован модифицированный метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза (МУОЧО) (Соломин Л.Н., 2005, Solomin L., et al. 2012), в соответствии с которым на каждом уровне имеется 12 позиций: позиция 3 всегда изнутри; 12 – спереди. Определение «позиций доступности» производилось на 8 замороженных трупных препаратах (стопа и нижняя половина голени). Каждый из срезов фотографировали, изображение заносили в компьютер, и посредством графического редактора Photoshop производилась зарисовка схем по фотографиям. В дополнение к этому, для уточнения топографической анатомии стопы на уровнях, где располагаются наиболее крупные сосуды и нервные стволы, проводился анализ сканов пластинированных прозрачных распилов стопы (техника пластинации эпоксидной смолой). На всех уровнях (срезах) отмечались позиции, в которых проходят сосуды и нервы. Они были обозначены как «позиции запрета». Остальные обозначались как «позиции доступности». Изучение смещения мягких тканей выполнено в эксперименте на 10 трупных препаратах (комплекс голень-стопа вне состояния трупного окоченения). Исследование величин смещения мягких тканей на уровнях IV–VIII проводилось при сгибании и разгибании межфаланговых (40/0/0) и плюснефаланговых (40/0/30) суставов. На уровнях IX–XIV и косых уровнях I–III к ним добавлялось сгибание/разгибание в голеностопном суставе: (50/0/20).

Для определения смещения мягких тканей были использованы оригинальные устройство и метод его использования (патент РФ на полезную модель №172036). Позиции, в которых отсутствуют значимые сосуды и нервы, а смещение мягких

тканей минимально (кожа, фасция, мышцы и сухожилия), т.е. до 10 мм, отмечали как «рекомендуемые позиции» для проведения чрескостных элементов.

Определено, что для фиксации пальцев расположение сосудисто-нервных пучков и объемы смещения мягких тканей существенного значения не имеют – кости фаланг легко доступны со всех сторон. Начиная с плюсневых костей и заканчивая уровнем голеностопного сустава, расположение сосудов, нервов, а также смещаемость мягких тканей, окружающих кости, ограничивают доступность костей стопы для остеосинтеза. Начиная с уровня V, каждую кость окружают крупные сосудисто-нервные пучки, ограничивая доступ к ним (от 40% до 70–80% от всех рассматриваемых 12 позиций). Бóльшая часть ограничений приходится на тыльную и подошвенную области стопы. Наиболее доступными для проведения чрескостных элементов через кости стопы являются с медиальной и латеральной сторон: позиции 2, 3, 4 и 8–10, которые могут трактоваться как позиции доступности – около 50% от всех исследуемых (представленных) зон. Если рассматривать смещаемость мягких тканей на стопе, то наибольшая амплитуда смещения приходится на сухожилия длинных мышц, располагающиеся между ними листки фасции и покрывающий их кожный покров, которые также расположены по тылу и подошве стопы. Таким образом, бóльшую часть позиций, которые мы можем рекомендовать для проведения чрескостных элементов в кости стопы, располагается с медиальной и латеральной сторон стопы.

Мы предполагаем, что использование полученных данных окажется полезным для специалистов, работающих в области коррекции сложных деформаций стопы и использующих внешнюю фиксацию при переломах. И если целесообразность использования «рекомендуемых позиций» на стопе еще ждет своего клинического подтверждения, то необходимость использования «позиций доступности» сомнений не вызывает.

В качестве аналитического исследования была произведена разработка рабочей классификации деформаций на уровне среднего и заднего отделов стопы. Были взяты все известные компоненты деформаций для каждого уровня и их

сочетание в одной, двух и трех плоскостях. Все деформации стоп были разбиты на три группы:

- простые (одноплоскостные-однокомпонентные);
- средней степени сложности (одноплоскостные-двухкомпонентные – двухплоскостные-двухкомпонентные);
- сложные (двухплоскостные-трехкомпонентные – трехплоскостные-четыре- и более компонентные).

Применительно к среднему отделу стопы рассматривали 5 компонентов деформации: укорочение, ротацию по сагиттальной оси, тыльное/подошвенное сгибание, смещение по ширине, отведение/приведение. Все деформации среднего отдела были разбиты на три группы:

- 1) простые деформации: определено 5 вариантов деформаций, при лечении которых целесообразно использование аппарата Илизарова или его аналогов;
- 2) деформации средней степени сложности: определено 24 варианта деформаций, при лечении которых возможно применение как аппарата Илизарова, так и ортопедических гексаподов;
- 3) сложные деформации: определено 8 вариантов деформаций, при коррекции которой следует использовать гексаподы.

В заднем отделе стопы так же могут быть определены 5 компонентов деформации: укорочение, ротация пяточного фрагмента по фронтальной оси (ротация в сагиттальной плоскости вверх/вниз), ротация пяточного фрагмента по сагиттальной оси (фронтальная плоскость), смещение по ширине, ротация пяточного фрагмента по вертикальной оси (горизонтальная плоскость).

Так же как и для среднего отдела, для заднего отдела было выделено 3 группы деформаций:

- 1) простые деформации: определено 5 вариантов деформаций, при лечении которых целесообразно использование аппарата Илизарова или его аналогов;
- 2) деформации средней степени сложности: определено 24 варианта деформаций, при лечении которых возможно применение как аппарата Илизарова, так и ортопедических гексаподов;

3) сложные деформации: определено 8 вариантов деформаций, при коррекции которой следует использовать гексаподы.

Использование данной классификации позволяет определить оптимальный вид репозиционного узла (по Илизарову или использование ортопедического гексапода) для каждого конкретного вида деформации, а именно: для простых деформаций целесообразно применение классической методики Илизарова; для коррекции сложных деформаций необходимо использование гексапода. Деформации средней степени сложности следует корригировать с учетом профессиональных компетенций хирурга. Наша рекомендация – использование ортопедического гексапода.

Вторым аналитическим исследованием в данной диссертации явилась разработка новых способов анализа, планирования коррекции и оценки результатов коррекции деформаций среднего и заднего отделов стопы в сагиттальной плоскости, не зависящих от положения стопы в голеностопном суставе, наличия сопутствующей деформации смежного отдела стопы или дистального отдела голени (получены положительные решения на выдачу патентов РФ по заявкам на изобретения №2016147240 и №2016133699). Согласно разработанным способам, для нахождения механической оси первой плюсневой кости, а так же должного положения передней границы ее головки в сагиттальной плоскости (c) находятся передняя и задняя точки суставной поверхности блока тарана (a и b) и строится отрезок ab . От задней точки (a) проводится линия кпереди и к низу, так что $\angle bac = 23,6^\circ (\pm 3,2)$. Данная линия в норме совпадает с механической осью первой плюсневой кости. Затем по второй линии от точки a по коэффициенту k_1 рассчитывают расстояние и ставят точку c . При этом $k_1 = ac/ab = 4,3 (\pm 0,9)$, а точка c является референтным расположением передней границы кортикала головки первой плюсневой кости.

Для нахождения референтных значений анатомической оси пяточной кости и задней границы ее кортикала (d) так же по передней и задней точкам суставной поверхности блока таранной кости строится отрезок ab с продолжением линии кпереди так, что $\angle acd = 15,2^\circ (\pm 3,4)$. От передней точки b по коэффициенту

рассчитывают и откладывают расстояние и ставят точку c . При этом $k_1 = bc/ab = 2,56 (\pm 1,1)$. Затем от точки c строят линию кзади и книзу, которая в норме должна являться анатомической осью пяточной кости. Для нахождения точки пересечения заднего кортикала пяточной кости с ее анатомической осью (точка d) по коэффициенту k_2 рассчитывают расстояние cd , при этом $k_2 = cd/ab = 4,59 (\pm 1,0)$. Для определения анатомической оси пяточной кости по ее дистальной части определяют точку e (вершина точки крепления ахиллова сухожилия) и точку f (середина опорной поверхности пяточной кости), затем строят отрезок ef . Перпендикуляр, построенный от отрезка ef кпереди, в норме совпадает с линией cd .

Как уже подчеркивалось, потенциальные возможности аппарата Орто-СУВ для коррекции сложных деформаций стоп до настоящего времени не были реализованы. Важнейшим на этом пути являлась разработка компоновок аппаратов для устранения деформаций среднего, заднего отделов стопы и комбинированных деформаций, что стало одной из задач настоящего исследования.

В исследовании был использован стандартный набор аппарата Орто-СУВ (Соломин Л.Н., и др. 2011), детали аппарата Илизарова (внешние опоры, чрескостные элементы и их фиксаторы к опорам), а также пластиковые модели комплекса «голень-стопа». Выбор оптимальной компоновки основывался на следующих условиях:

- компоновка должна позволять выполнять наибольшие перемещения мобильной опоры аппарата (а значит и фиксированного в ней отдела стопы);
- в период коррекции габариты компоновки должны быть по возможности наименьшими;
- для уменьшения габаритов в период фиксации компоновка должна обладать способностью модульной трансформации.

При определении оптимальной компоновки аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего отдела стопы были исследованы возможности следующих перемещений: тыльное и подошвенное сгибание,

супинация и пронация, отведение и приведение. Были исследованы 5 вариантов компоновок. Для обозначения компоновки и крепления страт к опорам аппарата использовали метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза.

Оптимальная, по нашему мнению, компоновка для коррекции деформаций среднего отдела стопы имеет следующие особенности (патент на изобретение РФ № 2489106): проксимальный базовый модуль состоит из двух опор – кольцевой (на уровне дистального метадиафиза голени) и опоры, составляющей $2/3 - 3/4$ кольца, фиксированной к пяточной кости. Дополнительно к «пяточной» опоре сверху во фронтальной плоскости фиксируют по две консольные приставки, а снизу в этой же плоскости крепят полукольцо. Дистальную базовую опору, составляющую $2/3-3/4$ кольца фиксируют к плюсневым костям, и к ней и дистальнее нее при помощи резьбовых стержней крепят опору, составляющую $2/3-3/4$ кольца. При этом страты №1 и №5 крепят к консольным приставкам опоры, фиксированной на пяточной кости, страту №3 крепят в центре дополнительного полукольца «пяточной» опоры. Страты №2 и №4 крепят к краям «выносной» опоры, фиксированной на плюсневых костях. Страту №6 крепят в центре этой же опоры. При этом страты №2, №4 и №6 фиксируют к опорам при помощи Z-образных платиков. В данной компоновке можно одноэтапно осуществить коррекцию всех видов деформации (отведение, приведение, супинацию, пронацию, эквинус среднего отдела, пяточная стопа) в пределах 50° . После коррекции деформации выполняют модульную трансформацию аппарата: опоры соединяют шарнирами, а страты демонтируют, что позволяет уменьшить громоздкость конструкции и обеспечить возможность опоры на стопу.

Для заднего отдела стопы исследовали возможности компоновок при ротации в сагиттальной плоскости в проксимальном и дистальном направлениях, перемещение кверху и назад под углом 45° к горизонтальной плоскости и вниз и кпереди под углом 45° к горизонтальной плоскости, ангуляции во фронтальной плоскости кнутри (варизация) и во фронтальной плоскости кнаружи (вальгизация). Были рассмотрены 3 варианта компоновок. Лучшие результаты получены у следующей (патент на изобретение РФ № 2578841): карданы 1, 3 и 5

страт крепятся к опоре на голени, в параллельной к кольцу плоскости и располагаются в позициях 12, 5 и 7 соответственно. Карданы 2, 4 и 6 страт крепятся к дистальному модулю таким образом, чтобы плоскость их крепления после коррекции стала горизонтальной в позициях 3, 6 и 9 соответственно. Коррекция в данной компоновке возможна в пределах 50° во всех исследуемых направлениях.

После коррекции деформации может быть выполнена модульная трансформация аппарата. Для этого проксимальный модуль, состоящий из опоры, фиксирующей голень, и опоры, фиксирующей пяточную кость, соединяют стержнями или шарнирами с опорой, фиксирующей плюсневые кости. Консольные приставки и полукольцо, фиксированные к пяточной опоре, и выносную опору, соединенную с опорой, фиксирующей плюсневые кости, демонтируют. Это позволяет уменьшить громоздкость конструкции и обеспечить возможность опоры на стопу.

Для одномоментной коррекции двухуровневых деформаций стопы исследование проводилось путем фиксации двух аппаратов Орто-СУВ на пластиковую модель комплекса «голень-стопа». Рассматривались различные виды компоновок, исследованные при коррекции среднего и заднего отделов. Один аппарат фиксировался к голени и переднему отделу стопы, остеотомия производилась на уровне предплюсны. Второй аппарат фиксировался к голени и к пяточной кости, остеотомия производилась на уровне тела пяточной кости, ближе к подтаранному суставу. Оптимальными компоновками, которые позволяли одномоментно производить коррекцию, были следующие: для коррекции среднего отдела – компоновка №4 (из пяти проанализированных компоновок), а из компоновок для коррекции заднего отдела стопы – компоновка №2 (из трех проанализированных компоновок). Были получены следующие результаты: амплитуда движений в компоновке, фиксирующей передний отдел стопы: тыльное сгибание – 52° , тыльное разгибание – 76° , приведение – 48° , отведение – 53° , пронация – 43° , супинация – 51° . Амплитуда движений в компоновке, фиксирующей фрагмент пяточной кости: тыльное сгибание – 47° , тыльное

разгибание – 58° , приведение – 20° , отведение – 35° , пронация – 28° , супинация – 31° . Полученные результаты доказывают возможность производить коррекцию комбинированных деформаций стоп одномоментно двумя аппаратами Орто-СУВ. Данный метод коррекции позволяет сократить количество оперативных вмешательств и уменьшить период лечения больного в аппарате. После коррекции деформации также может быть выполнена модульная трансформация аппарата.

Для определения клинической эффективности разработанных компоновок мы провели анализ клинических показателей, включающих точность и время коррекции, функциональные результаты лечения по мировым оценочным шкалам (SF-36, AOFAS и LEFS) и возникшие в ходе лечения осложнения.

При оценке точности коррекции среднего отдела стопы были проанализированы показатели МПУ и мЛСУ у 31 пациента. Стандартное отклонение от намеченной коррекции для МПУ составило $2,6^\circ$, а для мЛСУ – $2,0^\circ$. Таким образом, управление средним отделом стопы при помощи Орто-СУВ позволяло нам выполнить коррекцию с точностью до $2,0\text{--}2,6^\circ$.

При оценке точности коррекции заднего отдела стопы были проанализированы показатели аБПУ и ЛПУ у 24 пациентов. Выявлено, что отклонение для аБПУ составило от 0 до 6° , при оценке ЛПУ вариации отклонения были незначительными – стандартное отклонение составило $1,4^\circ$. Это можно объяснить тем, что фиксация опор к пяточной кости гораздо жестче, чем к среднему отделу, и биомеханика управления от этого значительно выигрывает.

Оценочные шкалы SF-36, AOFAS и LEFS отражают субъективную оценку пациентом своего состояния до и после лечения. По данным всех трех опросников средняя оценка своего состояния пациентами была ниже удовлетворительного. В сроки через 6 и 12 месяцев после коррекции пациенты оценивали свое состояние как хорошее.

Анализ анкетирования с использованием опросника SF-36, проведенного через 12 мес. после демонтажа аппарата, также показал улучшение психоэмоционального состояния: социальное адаптирование выросло на 15%, что

вызвало подъем эмоционального функционирования на 8%, а психологического статуса – на 18%.

Показатели опросника AOFAS показывают функциональное состояния стопы и голеностопного сустава после проведенной коррекции и реабилитационного лечения. Функциональное состояние нижней конечности по шкале AOFAS до лечения составляло $21,3 \pm 15,8$ (от 4 до 64), а через 12 мес. после окончания коррекции (к этому времени было проведено и восстановительное лечение) составило $77,9 \pm 9,3$ (от 56 до 89) баллов. Результаты исследования показывают, что функциональное состояние нижней конечности при наличии деформации стопы до лечения оценивалось как плохое. После коррекции и реабилитационного лечения результат оценен как хороший.

Опросник LEFS позволяет оценить функциональное состояние нижней конечности. Исходя из данных опросника, функция нижней конечности до лечения в среднем оценивалась как «значительное ограничение». Через 6 мес. после коррекции данные опросника показывали «умеренное ограничение». Через 12 мес. после коррекции, когда было завершено реабилитационное лечение, функция восстанавливалась до «небольшого ограничения».

Осложнения, которые возникли за весь период лечения пациентов, мы разделили в соответствии с категориями осложнений по J. Caton (1985). Статистический анализ показал, что осложнения категории I, не требующие дополнительного оперативного лечения, встретились в 100% случаев. Осложнения категории II, которые потребовали дополнительного оперативного лечения, но не повлияли на сроки и результат лечения, наблюдались в 40% наблюдений. И, наконец, осложнения категории III, которые потребовали дополнительной госпитализации и негативно повлияли на результат лечения, встретились в 17,1%.

Необходимо отметить, что осложнения всех трех категорий присущи чрескостному остеосинтезу в целом. Осложнений, связанных непосредственно с металлоконструкцией аппарата Орто-СУВ и компьютерной программой, нами не отмечено.

Таким образом, проведенное исследование позволило решить ряд важных научно-практических вопросов. Одним из них была разработка метода унифицированного обозначения для костей стопы и на основе данной системы координат – комплекса схем по проведению чрескостных элементов через кости стопы. Использование «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов, т.е. учитывающих минимальное смещение мягких тканей и отсутствие значимых сосудов и нервов, явились одним из условий создания оптимальных компоновок аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций среднего, заднего отделов стопы и комбинированных деформаций. Разработанная рабочая классификация деформаций среднего и заднего отделов стопы позволяет определить оптимальный репозиционный узел для конкретной деформации.

Новые референтные линии, углы и коэффициенты позволили не только повысить качество анализа угловых и поперечных смещений, но и «моделировать» стопу, определяя ее должную длину.

С учетом специфики коррекций деформаций стоп было оптимизировано использование компьютерной программы Орто-СУВ, в частности – способ сопряжения маркеров костных фрагментов с новыми и известными референтными линиями и углами стопы.

Клиническая апробация новой медицинской технологии лечения деформаций стоп с использованием основанного на компьютерной навигации аппарата Орто-СУВ позволяет судить о ее достаточно высокой эффективности: положительные результаты достигнуты у 27 из 35 пролеченных пациентов (80%), удовлетворительные – у 5 (14,3%) и неудовлетворительные – у 2 (5,7%) пациентов.

Таким образом, можно считать, что задачи настоящего исследования решены, а цель достигнута. Сделанные при этом выводы и практические рекомендации представлены ниже.

ВЫВОДЫ

1. Топографо-анатомическое исследование сосудов, нервов и изучение смещаемости мягких тканей (кожи, фасций, сухожилий и мышц) стопы с помощью оригинального устройства (патент РФ на полезную модель №172036) позволяют обосновать благоприятные и неблагоприятные зоны и направления для проведения чрескостных элементов в виде «рекомендуемых позиций», «позиций доступности» и «позиций запрета». Средний отдел стопы наиболее опасный для проведения чрескостных элементов: доля «рекомендуемых позиций» в переднем (уровни I–IV) и заднем (уровни XIII–XIV) отделах стопы составляет более половины изученных секторов (от 50 до 80%), а в среднем отделе - менее половины (от 30 до 50%).

2. Оригинальные классификации деформаций среднего и заднего отделов стопы позволяют определить оптимальный тип репозиционного узла (унифицированный по Илизарову или ортопедический гексапод), который следует использовать в каждом конкретном случае с учётом имеющегося количества компонентов деформации и плоскостей.

3. Реализация новых способов анализа, планирования коррекции и оценки результатов лечения деформаций среднего и заднего отделов стопы (положительные решения на выдачу патентов РФ по заявкам на изобретение № 2016147240 и №2016133699) не зависит от положения стопы в голеностопном суставе, наличия сопутствующих деформаций смежного отдела стопы или дистального отдела голени.

4. Разработанные компоновки основанного на компьютерной навигации аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций на уровне среднего и заднего отделов стопы (патенты РФ на изобретения № 2489106 и № 2578841) обеспечивают максимальные перемещения костных фрагментов. Компоновка для коррекции деформации на уровне среднего отдела позволяет без перемонтажей производить трехплоскостную коррекцию до 50°, а компоновка для коррекции на уровне заднего отдела стопы – устранение угловой деформации до 96°.

5. Клиническое использование аппарата Орто-СУВ обеспечивает точность коррекции до $1,6-2,6^{\circ}$ на уровне среднего отдела стопы и до $1,3-2,3^{\circ}$ на уровне заднего её отдела, что не уступает результатам применения зарубежных аналогов. Возникшие в процессе коррекции осложнения I и II категорий по классификации J. Caton (1985) были сопоставимы с зарубежными аналогами, а осложнений III категории в наших наблюдениях возникло в 2,6 раза меньше, чем после применения зарубежных гексаподов и в 3,6 раза меньше, чем при применении аппарата Илизарова. Осложнений, связанных непосредственно с аппаратом Орто-СУВ и его компьютерной программой, не возникло.

6. Апробированная технология лечения пациентов с деформациями среднего и заднего отделов стопы, включающая использование «рекомендуемых позиций» и оптимального репозиционного узла, новые способы планирования коррекции деформаций, особенности применения внешней конструкции и компьютерной программы ортопедического гексапода Орто-СУВ, характеризуется достаточно высокой эффективностью и представляется перспективной для дальнейшего использования.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Прежде чем начинать применение ортопедического гексапода (включая аппарат Орто-СУВ), пользователь должен овладеть основами чрескостного остеосинтеза в целом и чрескостного остеосинтеза стопы в частности.

2. Для коррекции деформаций стопы необходимо иметь набор аппарата Орто-СУВ, включающий шесть страт короткого типоразмера, шесть страт среднего типоразмера, шесть прямых и шесть Z-образных платиков. Указанный набор позволяет выполнить 1–2 коррекции деформаций в месяц. Соответственно, при наличии большого потока больных необходимо иметь большее количество комплектов.

3. При проведении рентгенографии обязательно присутствие лечащего врача, который должен проследить за правильностью выполнения стандартных, а при необходимости – дополнительных проекций. Обязательно использование линейки, позволяющей выполнить масштабирование.

4. В случае если имеется подозрение на выраженное изменение топографии сосудов и нервов (врожденная патология), следует использовать дополнительные методы исследования – МРТ, КТ-ангиографию.

5. При компоновке аппарата следует уделить особое внимание стабилизации голеностопного сустава для исключения как вторичных подвывихов, так и ротационного смещения блока таранной кости, т.к. это неминуемо скажется на точности коррекции деформации.

6. После завершения коррекции, при отсутствии противопоказаний, следует сменить внешнюю фиксацию на внутреннюю с целью уменьшения опасности возникновения осложнений, связанных с чрескостным остеосинтезом, и профилактики рецидива деформации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

1М – первая плюсневая кость

АВФ – аппарат внешней фиксации

КДА – компрессионно-дистракционный аппарат

КЧО – комбинированный чрескостный остеосинтез

ЛФК – лечебная физкультура

МОС – металлоостеосинтез

МУОЧО – метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза

О-СУВ – аппарат Орто-СУВ

ПКН – пассивная компьютерная навигация

РЗ – референтные значения

РЛУ – референтные линии и углы

РП – рекомендуемая позиция для проведения чрескостных элементов

ЧО – чрескостный остеосинтез

ЧЭ – чрескостные элементы

TSF – чрескостный аппарат Taylor Spatial Frame

ИНА – чрескостный аппарат Ilizarov Hexapod Apparatus

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдеррахман, Б. Двойной артродез заднего отдела стопы / Б. Абдеррахман // Гений ортопедии. – 2014. – № 2. – С. 100–105.
2. Андрианов, М.В. Комбинированный чрескостный остеосинтез при диафизарных переломах бедренной кости и их последствия : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Андрианов Максим Васильевич. - СПб., 2007. – 238 с.
3. Армасов, А.Р. Особенности рентгенологической диагностики при определении степени продольного плоскостопия у подростков. / А.Р. Армасов, В.Я. Киселев. Гений Ортопедии. 2010 г. – № 2. – С.114-116.
4. Архипов, Г.К. Статистическое исследование и прогнозирование влияния техники операции и послеоперационного ведения на процесс удлинения бедра по Илизарову // Актуальны проблемы чрескостного остеосинтеза по Илизарову: Сб. науч. работ. - Курган, 1987. - С. 204-213.
5. Барабаш, А.П. «Эсперанто» проведения чрескостных элементов при остеосинтезе аппаратом Илизарова / А.П. Барабаш, Л.Н. Соломин. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение РАН, 1997. – 188 с.
6. Бейдик, О.В. Некоторые результаты комплексной оперативно-консервативной коррекции деформаций стоп различного генеза / О.В. Бейдик, И.И. Шоломов, В.Ю. Романенко [и др.] // Гений ортопедии. – 2003. – № 3. – С. 52–54.
7. Бейдик, О.В. Спице-стержневой наружный чрескостный остеосинтез в лечении деформаций конечностей : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Бейдик Олег Викторович. – Самара, 2005. – 182 с.
8. Бейдик, О.В. Остеосинтез стержневыми и спицестержневыми аппаратами внешней фиксации / О.В. Бейдик, Г.П. Котельников, Н.В. Островский. – Самара : Перспектива, 2002. – 206 с.
9. Бейдик, О.В. Анатомо-хирургические аспекты совершенствования способов внешней фиксации костей стопы при травмах и деформациях и унифицирование метода обозначения направлений введения стержневых

фиксаторов / О.В. Бейдик, А.Ю. Цыплаков, К.К. Левченко [и др.] // Гений ортопедии. – 2002. – № 2. – С. 19–23.

10. Бродко, В.Г. Врожденная косолапость: обзор проблемы. / В.Г. Бродко, О.А. Соколовский, Г.А. Бродко // Медицинские новости. – 2014. – № 4 (235). – С. 12–15.

11. Веденов, В.И. Расчет темпа distraction аппарата Илизарова при лечении больных с врожденной косолапостью и угловыми деформациями конечностей / В.И. Веденов, В.Б. Гурьев, Н.В. Ганова // Материалы II съезда травматологов-ортопедов Уральского федерального округа. – Курган, 2008. – С. 144–145.

12. Виленский, В.Я. К вопросу о рецидивах при консервативном лечении врожденной косолапости / В.Я. Виленский, О.А. Малахов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2002. – № 1. – С. 12–17.

13. Виленский, В.А. Разработка основ новой технологии лечения пациентов с диафизарными повреждениями длинных костей на базе чрескостного аппарата со свойствами пассивной компьютерной навигации : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Виленский Виктор Александрович. – СПб., 2009. – 284 с.

14. Волков, С.Е. О классификации врожденной косолапости / С.Е. Волков, О.А. Малахов // Материалы симпозиума детских ортопедов-травматологов (Ижевск). – СПб., 1998. – С. 228–230.

15. Волков, С.Е. О тактике коррекции врожденной косолапости / С.Е. Волков, О.А. Малахов, Е.С. Захаров, И.А. Максимов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 1998. – № 1. – С. 56–60.

16. Гафаров, Х.З. Лечение деформаций стоп у детей / Х.З. Гафаров. – Казань, 1990. – 176 с.

17. Голяховский, В. Руководство по чрескостному остеосинтезу методом Илизарова / В. Голяховский, В. Френкель : пер. с англ. – М. ; СПб. : Бином ; Невский диалект, 1999. – 267 с.

18. Гохаева, А.Н. Оперативное лечение остеоартроза суставов среднего отделов стопы и подтаранного сустава методом чрескостного остеосинтеза / А.Н. Гохаева, А.С. Неретин, Г.П. Иванов // Федеральные клинические рекомендации. – Курган, 2013. – С. 272.
19. Данилкин, М.Ю. Врожденная косолапость (интерактивная 3D графика). Методики чрескостного остеосинтеза в лечении врожденной косолапости / М.Ю. Данилкин. // ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А.Илизарова» Минздрава России. – 2007. – CD-ROM.
20. Дьячкова, Г.В. Рентгенологические особенности регенерации костной ткани при лечении больных с аномалиями развития стопы / Г.В. Дьячкова, А.С. Неретин, М.А. Корабельников, С.А. Нижечик // Гений ортопедии. – 2005. – № 4. – С. 98–101.
21. Зырянов, С.Я. Способ компрессионного артродеза подтаранного сустава с одновременной коррекцией деформации / С.Я. Зырянов // Гений ортопедии. – 2000. – № 2. – С. 78–80.
22. Илизаров, Г.А. Лечение деформаций стоп у взрослых методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову / Г.А. Илизаров, В.И. Шевцов, В.А. Шестаков, Н.В. Кузьмин. – Курган : КНИИЭКОТ, 1987. – 24 с.
23. Инюшин, Р.Е. Комбинированный чрескостный остеосинтез при диафизарных переломах плечевой кости и их последствиях : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Инюшин Роман Евгеньевич. - СПб., 2008. - 29 с.
24. Исмаилов, Г.Р. Оперативное устранение по Илизарову многокомпонентных деформаций стопы врожденной и приобретенной этиологии у взрослых : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Исмаилов Гусейнали Рустам-Оглы. – Пермь, 1993. – 23 с.
25. Исмаилов, Г.Р. Применение метода чрескостного остеосинтеза при лечении больных с врожденной аномалией развития костей заднего отдела стопы / Г.Р. Исмаилов, Т.Е. Козьмина, А.С. Неретин // Гений ортопедии. – 2002. – № 1. – С. 31–35.

26. Исмаилов, Г.Р. Лечение пациента с субтотальным дефектом пяточной кости огнестрельной этиологии / Г.Р. Исмаилов, Д.В. Самусенко // Гений ортопедии. – 2003. – № 2. – С. 97–99.
27. Истомина, И.С. Лечение эквино-экскавато-варусной деформации стоп у взрослых шарнирно-дистракционным аппаратом / И.С. Истомина, В.И. Кузьмин // Ортопедия и травматология. – 1990. – № 3. – С. 19–23.
28. Карданов, А.А. Актуальные рентгеноанатомические параметры переднего отдела стопы / А.А. Карданов, Н.В. Загородний, М.П. Лукин, Л.Г. Макинян // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2007. – № 3. – С. 58–64.
29. Кирпатовский, И.Д. Клиническая анатомия / И.Д. Кирпатовский, Э.Д. Смирнова, 2003. – Т. 2. – 316 с.
30. Кирпатовский, И.Д. Очерк клинической анатомии стопы / И.Д. Кирпатовский, Э.Д. Смирнова // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2003. – № 4. – С. 37–46.
31. Клычкова, И.Ю. Врожденная косолапость. Классификации, этиология, патогенез. Эволюция методов лечения (литературный обзор) / И.Ю. Клычкова, М.П. Конюхов, Ю.А. Лапкин // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2014. – Т. 2, № 3. – С. 53–63.
32. Ключин, Н.М. Реконструкция заднего отдела стопы после удаления остеомиелитически пораженной пяточной кости / Н.М. Ключин, А.В. Злобин, С.И. Бурнашов // Гений ортопедии. – 2010. – № 2. – С. 36–38.
33. Коломиец, А.А. Коррекция и профилактика приведения переднего отдела стопы при оперативном лечении больных с рецидивной врожденной косолапостью / А.А. Коломиец, И.В. Афанасьев // Гений ортопедии. – 2006. – № 4. – С. 64–74.
34. Корышков, Н.А. Хирургическая коррекция патологического положения стопы и голеностопного сустава / Н.А. Корышков, А.Н. Левин, А.С. Ходжиев, К.А. Соболев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2013. – №1 – С. 74–75.

35. Коряшков, Н.А. Травма стопы / Н.А. Коряшков. – Ярославль, 2006. – 324 с.
36. Коряшков, Н.А. Лечение переломов пяточной кости с применением устройства для репозиции отломков / Н.А. Коряшков, С.М. Платонов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2005. – № 4. – С. 33–35.
37. Краснов, А.Ф. Способ лечения эквинусной деформации стопы / А.Ф. Краснов, А.П. Чернов, И.И. Лосев // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1991. – № 4. – С. 54–55.
38. Кулеш, П.Н. Комбинированный чрескостный остеосинтез при диафизарных переломах костей предплечья и их последствиях : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Кулеш Павел Николаевич. - СПб., 2008. – 318 с.
39. Лашковский В.В. Детская и подростковая подиатрия – современные подходы к диагностике и лечению заболеваний стоп / В.В. Лашковский, А.Г. Мармыш // Новости хирургии. – 2011. – Т. 19, № 2. – С. 94–100.
40. Леонтьев, М.А. Хирургическая коррекция патологии стопы в комплексе двигательной реабилитации у пациентов с нижней параплегией / М.А. Леонтьев // Медицина в Кузбассе. – 2003. – № 2. – С. 36–38
41. Ли, А.Д. Руководство по чрескостному компрессионно-дистракционному остеосинтезу / А.Д. Ли, Р.С. Баширов. – Томск : Красное знамя, 2002. – 308 с.
42. Лосев, И.И. Восстановительное лечение последствий полиомиелита / И.И. Лосев, А.П. Чернов, А.К. Повелихин, С.С. Мельченко. – Самара : СамГУ, 1999. – 82 с.
43. Маркс, В.О. Ортопедическая диагностика / В.О. Маркс. – Минск : Наука и техника, 1978. – 512 с.
44. Меликсетян, Н.М. Лечение тяжелых рецидивирующих форм врожденной косолапости / Н.М. Меликсетян, Г.И. Чепурной // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. – Ярославль, 1993. – С. 309.

45. Миронов, С.П. Ортопедия: национальное руководство / С.П. Миронов, Г.П. Котельников. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 797 с.
46. Мовшович, И.А. Оперативная ортопедия / И.А. Мовшович. М. : МИА, 2006. – 448 с.
47. Мухамадеев, А.А. Биомеханическое обоснование применения аппарата внешней фиксации в профилактике ошибок и осложнений при оперативном лечении врождённой косолапости у взрослых / А.А. Мухамадеев, И.А. Норкин, Н.А. Корышков, В.Д. Балаян // Вестник травматологии и ортопедии Урала. – 2012. – № 3-4. – С. 75–78.
48. Мыкало, Д.А. Комбинированный чрескостный остеосинтез при диафизарных переломах костей голени и их последствиях : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Мыкало Дмитрий Александрович. - СПб., 2007. – 245 с.
49. Неретин, А.С. Удлинение костей переднего отдела стопы методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову / А.С. Неретин, Г.П. Иванов, М.Ю. Данилкин // Гений ортопедии. – 2011. – № 2. – С. 54–59.
50. Оганесян, О.В. Основы наружной чрескостной фиксации / О.В. Оганесян. – М. : Медицина, 2004. – 432 с.
51. Островерхов, Г.Е. Оперативная хирургия и топографическая анатомия. – 3-е изд., испр. и доп. / Г.Е. Островерхов, Д.Н. Лубоцкий, Ю.М. Бомаш. – М. : Медицина, 1972. – 711 с.
52. Рахимов, Д.С. Хирургическое лечение тяжелых повреждений стопы на основе биомеханической концепции фиксации отломков : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Рахимов Диловар Саидович. – М., 2006. – 23 с.
53. Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О.Ю. Реброва. – М. : МедиаСфера, 2000. – 312 с.
54. Свириденко, А.С. Опыт применения метода кожной пластики в комбинации с фиксацией аппаратом Илизарова при лечении повреждения стопы с обширным дефектом мягких тканей (клинический случай из

- практики) / А.С. Свириденко, С.В. Люлин, С.В. Мухтяев [и др.] // Гений ортопедии. – 2016. – № 2. – С. 89–93.
55. Свириденко, А.И. Результаты выполнения в рамках европейской программы «Добрососедство Польша–Беларусь–Украина» польско-белорусского проекта по биомеханическому исследованию и коррекции дисфункций стоп / А.И. Свириденко, Б. Крупич, В.В. Лашковский [и др.] // Биомеханика стопы человека : матер. I Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно, 2008. – С. 12–16.
56. Синельников, Р.Д. Атлас анатомии человека / Р.Д. Синельников, Я.Р. Синельников, А.Я. Синельников. – М. : Медицина, 2016. – Т. 1. – 348 с.
57. Скоморошко, П.В. Оптимизация лечения больных с диафизарными деформациями бедренной кости на основе использования чрескостного аппарата со свойствами пассивной компьютерной навигации : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.15 / Скоморошко Петр Васильевич. – СПб., 2014. – 224 с.
58. Соломин, Л.Н. Сравнительный анализ репозиционных возможностей чрескостных аппаратов, работающих на основе компьютерной навигации, и аппарата Илизарова / Л.Н. Соломин, В.А. Виленский, А.И. Утехин, В. Террел // Гений ортопедии. – 2009. – № 1. – С. 5–10.
59. Соломин, Л.Н. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей. – 2-е изд., перераб. и доп. / Л.Н. Соломин, Е.А. Щепкина, П.Н. Кулеш [и др.]. – СПб. : РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2010. – 48 с.
60. Соломин, Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова / Л.Н. Соломин, А.А. Артемьев, О.А. Каплунов. – СПб. : Морсар АВ, 2005. – 580 с.
61. Соломин, Л.Н. Разработка оптимальной компоновки аппарата Орто-СУВ для разработки движений в коленном суставе / Л.Н. Соломин, К.Л. Корчагин, А.И. Утехин // Травматология и ортопедия России. – 2009. – № 4. – С. 21–26.
62. Соломин, Л.Н. Оптимизация компоновки аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций дистальной трети диафиза бедренной кости / Л.Н.

- Соломин, П.В. Скоморошко, В.А. Виленский, А.И. Утехин // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 1. – С. 35–41.
63. Соломин, Л.Н. Сравнительный анализ жесткости обеспечиваемой чрескостными аппаратами, работающими на основе компьютерной навигации и аппарата Илизарова / Л.Н. Соломин, А.В. Виленский, А.И. Утехин, В. Террел // Травматология и ортопедия России. – 2009. – № 2. – С. 20–25.
64. Соломин, Л.Н. Орто-СУВ аппарат: чрескостный аппарат, работа которого основана на компьютерной навигации / Л.Н. Соломин, А.И. Утехин, В.А. Виленский // Гений ортопедии – 2011. – № 2. – С. 161–169.
65. Старчик, Д.А. Методические основы пластинации распилов тела / Д.А. Старчик // Морфология. – 2015. – № 4. – С. 56–61.
66. Стецула, В.И. Чрескостный остеосинтез в травматологии / В.И. Стецула, А.А. Девятков. – Киев : Здоров'я, 1987. – 200 с.
67. Тихилов, Р.М. Современные аспекты лечения последствий переломов костей заднего отдела стопы / Р.М. Тихилов, Н.Ф. Фомин, Н.А.Корышкови [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2009. – № 2 (52). - С. 144-149.
68. Умнов, В.В. Дифференцированный подход к лечению эквино-плано-вальгусной деформации стопы у детей с церебральным параличом / В.В. Умнов, Н.В. Долженко // Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии : мат. науч.-практ. конф. детских травматологов-ортопедов России. – Саратов, 2005. – С. 265–267.
69. Ходжиев, Н.А. Хирургическое лечение деформирующего остеоартроза суставов заднего отделов стопы / А.С. Ходжиев, Н.А. Корышков // Статьи и тезисы докладов XIX Российского национального конгресса «Человек и его здоровье». – СПб., 2014 – С. 156.
70. Черкашов, А.М., Тактика лечения эквиноэкскаватороварусной деформации стоп у взрослых. / А.М. Черкашов, В.И. Кузьмин, Н.А. Корышков, А.Н. Левин // Кафедра травматологии и ортопедии. - 2016. -№ 4 (20). -С. 37-43.

71. Черкес-Заде, Д.И. Хирургия стопы / Д.И. Черкес-Заде, Ю.Ф. Каменев. – М. : Медицина, 2002. – 328 с.
72. Швед, С.И. Применение аппарата Илизарова при переломах коротких трубчатых костей / С.И. Швед, Ю.М. Сысенко, С.И. Новичков. – Курган : РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова, 1997. – 27 с.
73. Шевцов, В.И. Удлинение нижних конечностей в автоматическом режиме / В.И. Шевцов, А.В. Попков, Д.А. Попков, С.О. Мурадисинов // Гений ортопедии. – 1999. – № 3. – С. 20–24.
74. Шевцов, В.И. Чрескостный остеосинтез в хирургии стопы / В.И. Шевцов, Г.Р. Исмаилов. – М. : Медицина, 2008. – 360 с.
75. Шевцов, В.И. Хирургия стопы / В.И. Шевцов, Г.Р. Исмаилов. – Курган, 2005. – 250 с.
76. Щекин, О.В. Диагностика врожденной плоско-вальгусной деформации стоп у детей / О.В. Щекин, А.О. Щекин // Патология. – 2010. – № 3. – С. 65–69.
77. Щуров, В.А. Функциональное состояние опорно-двигательного аппарата у больных с порочной установкой стопы в голеностопном суставе / В.А. Щуров, Г.Р. Исмаилов // Гений ортопедии. – 1999. – № 1. – С. 11–13.
78. Юнкеров, В.И. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев // СПб.: ВМедА, 2002 — 266 с.
79. Ackerman, M.J. The Visual Man - 1800 Cross-Section Images (medical) / M.J. Ackerman // Visible Human Project. Washington. – 1995. - CD-ROM.
80. Angus, P.D. Triple arthrodesis. A critical long-term review / P.D. Angus, H.R., Cowell // J. Bone Joint Surg. Br. – 1986. – Vol. 68, N 2. – P. 260–265.
81. Barbary, H.E. Correction of relapsed or neglected clubfoot using a simple Ilizarov frame / H. El. Barbary, H.A. Ghani, M. Hegazy // Int. Orthop. – 2004. – Vol. 28, N 3. – P. 183–186.
82. Barreto, B.V. Complications of Ilizarov leg lengthening: a comparative study between patients with leg length discrepancy and short stature. / B.V.

- Barreto, J. Caton, Z. Merabet [et al.] // *Int. Orthop.* – 2007. – Vol. 31, N 5. – P. 587–591.
83. Besse, J.L. Congenital club foot: treatment in childhood, outcome and problems in adulthood / J.L. Besse, T. Leemrijse, C. Themar-Noel [et al.] // *Rev. Chir. Orthop. Rep. Appar. Mot.* – 2006. – Vol. 92, N 2. – P. 175–192.
84. Bhaskar, A. Classification of relapse pattern in clubfoot treated with Ponseti technique / A. Bhaskar, P. Patni // *Indian J. Orthop.* – 2013. – Vol. 47, N 4. – P. 370–376.
85. Binkley, J.M. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network / J.M. Binkley, P.W. Stratford, S.A. Lott, D.L. Riddle // *Phys. Ther.* – 1999. – Vol. 79, N 4. – P. 371–383.
86. Bonev, I.A. The true origins of parallel robots / I.A. Bonev. – 2003. – Available at: <https://www.parallemic.org/Reviews/Review007p.html>.
87. Boulton, A.J.M. The foot in diabetes, 3d ed. / A.J.M. Boulton, H. Connor, P.R. Cavanagh. – New York : John Wiley & Sons, Ltd., 2000. – 364 p.
88. Bradish, C.F. The Ilizarov method in the management of relapsed club feet / C.F. Bradish, S. Noor // *J. Bone Joint. Surg. Br.* – 2000. – Vol. 82, N 3. – P. 387–391.
89. Calhoun, J.H. Techniques for the management of burn contractures with the Ilizarov Fixator / J.H. Calhoun, E.B. Evans, D.N. Herndon // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1992. – N 280. – P. 117–124.
90. Canale, S.T. Campbell's operative orthopaedics. – 11th ed. / S.T. Canale, J.H. Beaty. – Philadelphia : Mosby (Elsevier), 2007. – 5043 p.
91. Cappel, K.L. Motion simulator // US Patent N° 3295224, 03.01.1967 / K.L. Cappel. – The Franklin Institute.
92. Catagni, M.A. Atlas for insertion of transosseous wires and half-pins: Ilizarov method / M.A. Catagni, A. Bianchi-Maiocchi. – Milan : Medi Surgical Video, Department of Medicalplastic SRL, 2003. – 51 p.

93. Catagni, M.A. Treatment of foot deformities method using the Ilizarov / M.A. Catagni, F. Guerreschi, A. Manzotti, A. Knuth // *Foot Ankle Surg.* – 2000. – Vol. 6, N 4. – P. 207–237.
94. Caton, J. Traitement des inégalités de longueur des membres inférieures et des sujets de petite taille chez l'enfant et l'adolescent / J. Caton // *Rev. Chir. Orthop. Rep. Appar. Mot.* – 1991. – Vol. 77, Suppl. 1. – P. 31–80.
95. Chang, C.-H. Flatfoot diagnosis by a unique bimodal distribution of footprint index in children / C.-H. Chang, Y.-C. Chen, W.-T. Yang [et al.] // *PLoS ONE.* – 2014. – Vol. 9, N 12. – P. e115808.
96. Chapman, M.W. Chapman's orthopaedic surgery – 3rd ed. / M.W. Chapman. – Lippincott Williams&Wilkins, 2001. – 4698 p.
97. Chi, T.D. The lateral column lengthening and medial column stabilization procedures / T.D. Chi, B.C. Toolan, B.J. Sangeorzan, S.T. Jr. Hansen // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1999. – N 365. – P. 81–90.
98. Cook, J.J. Validation of the American College of Foot and Ankle Surgeons Scoring Scales / J.J. Cook; A.S. Landsman; B.I. Rosenblum [et al.] // *J. Foot Ankle Surg.* – 2011. – Vol. 50, N 4. – P. 420–429.
99. Coughlin, M.J. Surgery of the foot and ankle – 8th ed. / M.J. Coughlin, R.A. Mann, Ch. Saltzman. – Elsevier, 2007. – 2258 p.
100. Dammerer, D. Clinical value of the Taylor Spatial Frame: a comparison with the Ilizarov and Orthofix fixators / D. Dammerer, K. Kirschbichler, L. Donnan [et al.] // *J. Child. Orthop.* – 2011. – Vol. 5, N 5. – P. 343–349.
101. Davidson, R.S. The MAC (Multi-Axial Correcting) monolateral external fixation system (Biomet/EBI) technique: an easier way to correct deformity / R.S. Davidson // *Oper. Tech. Orthop.* – 2011. – Vol. 21, N 2. – P. 113–124.
102. Dubbeldam, R. Foot and ankle joint kinematics in rheumatoid arthritis cannot only be explained by alteration in walking speed / R. Dubbeldam, A.V. Nene, J.H. Buurke [et al.] // *Gait Posture.* – 2011. – Vol. 33, N 3. – P. 390–395.

103. Eidelman, M. [Principles of deformity correction using the Taylor Spatial Frame] / M. Eidelman, A. Chezar // Harefuah. – 2005. – Vol. 144, N 2. – P. 115–118.
104. Eidelman, M. Treatment of arthrogryptic foot deformities with Taylor Spatial Frame / M. Eidelman, A. Katzman // J. Pediatr. Orthop. – 2011. – Vol. 31, N 4. – P. 429–434.
105. Eidelman, M. Treatment of complex foot deformities in children with the Taylor spatial frame / M. Eidelman, A. Katzman // Orthopedics – 2008. – Vol. 31, N 10. – pii: orthosupersite.com/view.asp?rID=31514.
106. El-Mowafi, H. Assessment of percutaneous V osteotomy of the calcaneus with Ilizarov application for correction of complex foot deformities / H. El-Mowafi // Acta Orthop. Belg. – 2004. – Vol. 70, N 6. – P. 586-590.
107. El-Mowafi, H. Functional outcome of salvage of residual and recurrent deformities of clubfoot with Ilizarov technique / H. El-Mowafi, B. El-Alfy, M. Refai // Foot Ankle Surg. – 2009. – Vol. 15, N 1. – P. 3–6.
108. Elomrani, N.F. Outcome after foot and ankle deformity correction using circular external fixation / N.F. Elomrani, A.G. Kasis, J.E. Tis, M. Saleh // Foot Ankle Int. – 2005. – Vol. 26, N 12. – P. 1027–1032.
109. Fan, Yi. Natural gaits of the non-pathological flat foot and high-arched foot / Yi. Fan, Yu. Fan, Z. Li [et al.] // PLoS ONE. – 2011. – Vol. 6, N 3. – P. e17749.
110. Ferreira, R.C. Recurrent clubfoot-approach and treatment with external fixation / R.C. Ferreira, M.T. Costa // Foot Ankle Clin. – 2009. – Vol. 14, N 3. – P. 435–445.
111. Ferreira, R.C. Correction of neglected clubfoot using the Ilizarov external fixator / R.C. Ferreira, M.T. Costa, G.G. Frizzo, F.F. da Fonseca Filho // Foot Ankle Int. – 2006. – Vol. 27, N 4. – P. 266–273.
112. Floerkemeier, T. Correction of severe foot deformities using the Taylor Spatial Frame / T. Floerkemeier, C. Stukenborg-Colsman, H. Windhagen, H. Waizy // Foot Ankle Int. – 2011. – Vol. 32, N 2. – P. 176–182.

113. Freedman, J.A. The Ilizarov method for the treatment of resistant clubfoot: Is it an effective solution? / J.A. Freedman, H. Watts, N.Y. Otsuka // J. Pediatr. Orthop. – 2006. – Vol. 26, N 4. – P. 432–437.
114. Gentili, A. Pictorial review: foot axes and angles / A. Gentili, S. Masih, L. Yao, L.L. Seeger // Br. J. Radiol. – 1996. – Vol. 69, N 826. – P. 968–974.
115. Gibbons, C.T. Management of foot and ankle conditions using Ilizarov technique / C.T. Gibbons, R.J. Montgomery // Current Orthop. – 2003. – Vol. 17, N 6. – P. 436–446.
116. Gilmour, J. Experience in larval therapy (maggots) to debride wounds in vascular patients / J. Gilmour, A. Shah, J. Warren // Annals. – 2004. – Vol. 86. – P. 479.
117. Girone, M. A Stewart platform-based system for ankle telerehabilitation / M. Girone, G. Burdea, M. Bouzit [et al.] // Special Issue on Personal Robotics, Autonomous Robots. – 2001. – Vol. 10, N 2. – P. 203–212.
118. Grant, A.D. The Ilizarov technique in correction of complex foot deformities / A.D. Grant, D. Atar, W.B. Lehman // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1992. – N 280. – P. 94–103.
119. Graves, S.C. Triple arthrodesis in older adults. Results after long- term follow-up / S.C. Graves, R.A. Mann, K.O. Graves // J. Bone Joint Surg. Am. – 1993. – Vol. 75, N 3. – P. 355–362.
120. Hughes, T.H. Alignment of the Adult Foot: Axes and Angles / T.H. Hughes // University of California School of Medicine San Diego – California, 2010. – Available at: http://uwmsk.org/footalignment/doku.php?id=pes_planus
121. Hutchins, P.M. Long-term results of early surgical release on club feet / P.M. Hutchins, B.K. Foster, D.C. Paterson, E.A. Cole // J. Bone Joint Surg. – 1995. – Vol. 67, N 5. – P. 791–799.
122. Iaquinto, J.M. Effects of surgical correction for the treatment of adult acquired flatfoot deformity: a computational investigation / J.M. Iaquinto, J.S. Wayne // J. Orthop. Res. – 2011. – Vol. 29, N 7. – P. 1047-1054.

123. Japas, L.M. Surgical treatment of pes cavus by tarsal V-osteotomy. Preliminary report / L.M. Japas // J. Bone Joint Surg. Am. – 1968. – Vol. 50, N 5. – P. 927–94
124. Jastifer, J.R. Ball and Socket Ankle: Mechanism and Computational Evidence of Concept / J.R. Jastifer, P.A. Gustafson, A. Labomascus, T. Snoap // J. Foot Ankle Surg. – 2017. – Vol. 56, N 4. – P. 773–775.
125. Kirienko, A. Ilizarov technique for complex foot and ankle deformities / A. Kirienko, A. Villa, J.H. Calhoun. – New York : Taylor & Francis, 2004. – 480 p.
126. Kirienko, A. Correction of poliomyelitis foot deformities with Ilizarov method / A. Kirienko, A. Peccati, I. Abdellatif [et al.] // Strategies Trauma Limb. Reconstr. – 2011. – Vol. 6, N. 3. – P. 107–120.
127. Kling, T.F. Opening wedge first cuneiform osteotomy for resistant metatarsus adductus following clubfoot release / T.F. Kling, M.J. Conclin, T.L. Schmidt // Clubfoot / ed. G.W. Simons. – New York : Springer-Verlag, 1994. – P. 404–412.
128. Kocaoglu, M. Complications encountered during lengthening over an intramedullary nail / M. Kocaoglu, L. Eralp, O. Kilicoglu, H. Burc, M. Cakmak // J Bone Joint Surg Am. 2004. – Vol. 86, N A(11). – P. 2406–2411.
129. Kocaoglu, M. Correction of complex foot deformities using the Ilizarov external fixator / M. Kocaoglu, L. Eralp, A.C. Atalar, F.E. Bilen // J. Foot Ankle Surg. – 2002. – Vol. 41, N 1. – P. 30–39.
130. Kucukkaya, M. Management of the neuromuscular foot deformities with the Ilizarov method / M. Kucukkaya, Y. Kabukcuoglu, U. Kuzgun // Foot Ankle Int. 2002. – Vol. 23, N 2. – P. 135–141.
131. Laaveg, S.J. Long-term results of treatment of congenital club foot / S.J. Laaveg, I.V. Ponseti // J. Foot Ankle Surg. – 1980. – Vol. 62, N 1. – P. 23–31.
132. Lamm, B.M. External fixation for the foot and ankle in children / B.M. Lamm, S.C. Standard, I.J. Galley [et al.] // Clin. Podiatr. Med. Surg. – 2006. – Vol. 23, N 1. – P. 137–166.

133. Lamm, B.M. Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points / B.M. Lamm, A.P. Stasko, G.M. Gesheff [et al.] // J Foot Ankle Surg. – 2016. – Vol. 55, N 5. – P. 991–998.
134. Lee, D.Y. Application of the Ilizarov technique to the correction of neurologic equinovarus foot deformity / D.Y. Lee, I.H. Choi, W.J. Yoo [et al.] // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2011. – Vol. 469, N 3. – P. 860–867.
135. Lee, W.C. Alignment of ankle and hindfoot in early stage ankle osteoarthritis // W.C. Lee, J.S. Moon, H.S. Lee, K. Lee // Foot Ankle Int. – 2011. – Vol. 32, N 7. – P. 693–702.
136. Lehman, W.B. Redo clubfoot: surgical approach and long term results / W.B. Lehman, D. Atar, A.D. Grant // Bull. N.-Y. Acad. Med. – 1990. – Vol. 66, N 6. – P. 601–617.
137. Lourenço, A.F. Correction of neglected idiopathic club foot by the Ponseti method / A.F. Lourenço, J.A. Morcuende // J. Bone Joint Surg. Br. – 2007. – Vol. 89, N 3. – P. 378–381.
138. Makhdoom, A. Resistant clubfoot deformities managed by Ilizarov distraction histogenesis / A. Makhdoom, P.A.L. Qureshi, M.F. Jokhio, K.A. Siddiqui // Indian J. Orthop. – 2012. – Vol. 46, N. 3. – P. 326–332.
139. Manner, H.M. Accuracy of complex lower-limb deformity correction with external fixation: a comparison of the Taylor Spatial Frame with the Ilizarov ring fixator / H.M. Manner, M. Huebl, C. Radler [et al.] // J. Child. Orthop. – 2007. – Vol. 1, N 1. – P. 55–61.
140. McHorney, C.A. The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups / C.A. McHorney, J.E.Jr. Ware, J.F. Lu, C.D. Sherbourne // Med Care. – 1994. – Vol. 32, N 1. – P. 40–66.
141. Mizel, M. Evaluation and treatment of chronic ankle pain. An instructional course lecture / M. Mizel, P. Hecht, J. Marymont, H.T. Temple // J. Bone Joint Surg. Am. – 2004. – Vol. 86, N 3. – P. 622–632.

142. Moller, T.B. Pocket Atlas of Radiographic Positioning. / T.B. Moller, M.Wood, B. Braun, S. Hoffmann, H. Figus, O. Werner, R. Christa // New York: Thieme, 2005 — p. 320.
143. Morcuende, J.A. Radical reduction in the rate of extensive corrective surgery for clubfoot using the Ponseti method / J.A. Morcuende, L. Dolan, F. Dietz, I.V. Ponseti // Pediatrics. – 2004. – Vol. 113, N 2. – P. 376–380.
144. Morcuende, J.A. The effect of the Internet in the treatment of congenital idiopathic clubfoot / J.A. Morcuende, M. Egbert, I.V. Ponseti // Iowa Orthop. J. – 2003. – Vol. 23. – P. 83–86.
145. Mubarak, S.J. Osteotomies of the foot for cavus deformities in children / S.J. Mubarak, S.E. Van Valin // J. Pediatr. Orthop. – 2009. – Vol. 29, N 3. – P. 294–299.
146. Mubarak, S.J. Navicular excision and cuboid closing wedge for severe cavovarus foot deformities: a salvage procedure / S.J. Mubarak, A. Dimeglio // J. Pediatr. Orthop. – 2011. – Vol. 31, N 5. – P. 551–556.
147. Muir, L. Absence of the dorsal pedis puls in the parents of children with club foot / L. Muir, N. Latiotis, S. Kutty, L. Klenerman // J. Bone Joint Surg. – 1995. – Vol. 77, N 1. – P. 114–116.
148. Myerson, M.S. Reconstructive foot and ankle surgery : management of complications. – 2nd ed. / M.S. Myerson. – Elsevier, 2010. – 568 p.
149. Nomura, I. Correction of a severe poliomyelitic equinovarus foot using an adjustable external fixation frame / I. Nomura, K. Watanabe, H. Matsubara [et al.] // J. Foot Ankle Surg. – 2013. – Vol. 53, N 2. – P. 235–238.
150. Paley, D. The correction of complex foot deformities using Ilizarov's distraction osteotomies / D. Paley // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1993. – N 293. – P. 97–111.
151. Paley, D. History and science behind the six-axis correction external fixation devices in orthopaedic surgery / D. Paley // Oper. Tech. Orthop. – 2011. – Vol. 21, N 2. – P. 125–128.

152. Paley, D. Correction of limb deformities in the 21st century (editorial) / D. Paley // J. Pediatr. Orthop. – 2000. – Vol. 20, N 3. – P. 279–281.
153. Paley, D. Correction of the cavus foot using external fixation / D. Paley, B.M. Lamm // Foot Ankle Clin. – 2004. – Vol. 9, N 3. – P. 611–624.
154. Paley, D. Principles of deformity correction / D. Paley. – New York : Springer-Verlag, 2005. – 806 p.
155. Paley, D. Treatment of malunion and nonunion at the site of an ankle fusion with the Ilizarov apparatus. Surgical technique / D. Paley, B.M. Lamm, D. Katsenis [et al.] // J. Bone Joint Surg. Am. – 2006. – Vol. 87, N 2. – P. 119–134.
156. Panchbhavi, V.K. Foot and ankle experience in orthopedic residency: an update / V.K. Panchbhavi, M.S. Aronow, B.F. Digiovanni [et al.] // Foot Ankle Int. – 2010. – Vol. 31, N 1. – P. 10–13.
157. Paulos, L. Pes cavovarus: review of a surgical approach using selective soft-tissue procedures / L. Paulos, S.S. Coleman, K.M. Samuelson // J. Bone Joint Surg. Am. – 1980. – Vol. 62, N 6. – P. 942–953.
158. Pedowitz, W.J. Flatfoot in the Adult / W.J. Pedowitz, P. Kovatis // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 1995. – Vol. 3, N 5. – P. 293–302.
159. Reitenbach, E. Deformity correction and extremity lengthening in the lower leg: comparison of clinical outcomes with two external surgical procedures / E. Reitenbach, R. Rödl, G. Gosheger [et al.] // Springerplus. – 2016. – Vol. 5, N 1. – P. 24.
160. Pell, R.F. Clinical outcome after primary triple arthrodesis. / R.F. Pell, M.S. Myerson, L.C. Schon // J. Bone Joint Surg. Am. – 2000. – Vol. 82, N 1. – P. 47–57.
161. Ponseti, I.V. Treatment of the complex idiopathic clubfoot / I.V. Ponseti, M. Zhivkov, N. Davis [et al.] // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2006. – Vol. 451. – P. 171–176.
162. Qin, S. Limited operations and Ilizarov technique for correction of congenital clubfoot in adolescents. Article in Chinese / S. Qin, B. Guo, L. Ren [et

- al.] // Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi. – 2012. – Vol. 26, N 1. – P. 31–35.
163. Rathjen, K.E. Calcaneal – cuboid-cuneiform osteotomy for the correction of valgus foot deformities in children / K.E. Rathjen, S.J. Mubarak // J. Pediatr. Orthop. – 1998. – Vol. 18, N 6. – P. 775–782.
164. Rozbruch, S.R. Fibula lengthening using a modified Ilizarov method / S.R. Rozbruch, M. DiPaola, A. Blyakher // Orthopedics. – 2002. – Vol. 25, N 11. – P. 1241–1244.
165. Rozbruch, S.R. Limb lengthening and then insertion of an intramedullary nail: a case-matched comparison / S.R. Rozbruch, D. Kleinman, A.T. Fragomen, S. Ilizarov // Clin Orthop Relat Res. – 2008. – Vol. 466, N 12. – P. 2923–2932.
166. Sammarco, V.J. Arthrodesis of the subtalar and talonavicular joints for correction of symptomatic hindfoot malalignment / V.J. Sammarco, E.G. Magur, G.J. Sammarco, M.R. Bagwe // Foot Ankle Int. – 2006. – Vol. 27, N 9. – P. 661–666.
167. Santi, M.D. External fixation of the calcaneus and talus: an anatomical study for safe pin insertion / M.D. Santi, M.J. Botte // J. Orthop. Trauma. – 1996. – Vol. 10, N 7. – P. 487–491.
168. Schaefer, D. Combined cuboid/cuneiform osteotomy for correction of residual adductus deformity in idiopathic and secondary club feet / D. Schaefer, F. Hefti // J. Bone Joint Surg. Br. – 2000. – Vol. 82, N 6. – P. 881–884.
169. Seide, K. 3-Dimensional corrections with the Hexapod system added to the Ilizarov apparatus / K. Seide, U. Gerlach, Ph. Inden [et al.] // 5th Meeting of the ASAMI international: program and abstract book. – 2008. – P. 83-84.
170. Seide, K. Fracture reduction and deformity correction with the hexapod Ilizarov fixator / K. Seide, D. Wolter, H.R. Kortmann // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1999. – N 363. – P. 186–195.
171. Shalaby, H. Correction of complex foot deformities using the V-osteotomy and the Ilizarov technique / H. Shalaby, H. Hefny // Strategies Trauma Limb Reconstr. – 2007. – Vol. 2, N 1. – P. 21–30.

172. Shenoy, R. The Taylor spatial frame for correction of neglected fracture dislocation of the ankle. / R. Shenoy, G. Kubicek, M. Pearse // J. Foot Ankle Surg. – 2011. – Vol. 50, N 6. – P. 736–739.
173. Siddiqui, N.A. Digital planning for foot and ankle deformity correction: Evans osteotomy / N.A. Siddiqui, B.M. Lamm. // J. Foot Ankle Surg. – 2014. – Vol. 53, N 6. – P. 700–705.
174. Solomin, L.N. The basic principles of external skeletal fixation using the Ilizarov and other devices / L.N. Solomin. – Milan : Springer, 2012. – 1596 p.
175. Solomin, L.N. Investigation of the Ortho-SUV frame optimal assembly for working out motions in the knee joint / L.N. Solomin, K.L. Korchagin, A.I. Utekhin // Traumatol. Orthop. Russia – 2009. – N. 4. – P. 21–26.
176. Solomin, L.N. Deformity correction and fracture treatment by software-based Ortho-SUV frame. User manual. For SUV-Software: vp. 1.0 and vr. 1.0 / L.N. Solomin. – 2013. – Available at: <http://www.ortho-suv.org/razrabotk-eng/ortho-suv-manual-engl.pdf>.
177. Somppi, E. Clubfoot. Review of the literature and an analysis of a series of 135 treated clubfeet / E. Somppi // Acta Orthop. Scand. Suppl. – 1984. – Vol. 209. – P. 1–109.
178. Steel, M.W. Radiographic measurement of normal adult foot / M.W. Steel, K.A. Johnson, M.A. Dewitz, D.M. Ilstrup // Foot Ankle. – 1980. – Vol. 1, N 3. – P. 151–158.
179. Stewart, D. A platform with six degrees of freedom / D. Stewart // Proceedings of the IMechE. – 1965. – Vol. 180, N 1. – P. 371–385.
180. Szendroi, M. Ankle and foot. Color atlas of clinical orthopedics / M. Szendroi. – Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2009. – P. 439–470.
181. Taylor, J.C. Correction of general deformity with Taylor Spatial Frame fixator. User Manual. – 2002. – Available at: <http://www.jcharlestaylor.com/tsfliterature/01TSF-mainHO.pdf>.
182. Taylor, J.C. A new look at deformity correction. Distraction / J. Taylor // The Newsletter of ASAMI-NorthAmerica. – 1997. – Vol. 5, N 1.

183. Thiryayi, W.A. Use of the Taylor spatial frame in compression arthrodesis of the ankle: a study of 10 cases / W.A. Thiryayi, Z. Naqui, S.A. Khan // J. Foot Ankle Surg. – 2010. – Vol. 49, N 2. – P. 182–187.
184. Thomezt, J.G. Deformity of the calcaneocuboid joint in patients who have talipes equinovarus / J.G. Thomezt, G.W. Simons // J. Bone Joint Surg. – 1993. – Vol. 75, N 2. – P. 190–195.
185. Turco, V.J. Surgical correction of the resistant club foot. One-stage posteromedial release with internal fixation: a preliminary report / V.J. Turco // J. Bone Joint Surg. Am. – 1971. – Vol. 53, N 3. – P. 477–497.
186. Tudor, H. Alignment of the adult foot: axes and angles / H. Tudor., T.H. Hughes. – San Diego, California : University of California School of Medicine, 2010. – Available at: <http://www.bonepit.com/Lectures/Foot%20alignment%20adult%20bonepit.pdf>.
187. Tsuchiya, H. Gradual closed correction of equinus contracture using the Ilizarov apparatus / H. Tsuchiya, K. Sakurakichi, K. Uehara [et al.] // J. Orthop. Sci. – 2003. – Vol. 8, N 6. – P. 802–806.
188. Velazquez, R.J. Complications of use of the Ilizarov technique in the correction of limb deformities in children / R.J. Velazquez, D.F. Bell, P.F. Armstrong, [et al.] // J Bone Joint Surg Am. - 1993. – Vol. 75, N 8. – P. 1148–1156.
189. Waizy, H. Taylor spatial frame in severe foot deformities using double osteotomy technical approach and primary results / H. Waizy, H. Windhagen, C. Stukenborg-Colsman, T. Floerkemeier // Int. Orthop. – 2011. – Vol. 35, N 10. – P. 1489–1495.
190. Wallander, H. Correction of persistent clubfoot deformities with the Ilizarov external fixator. Experience in 10 previously operated feet followed for 2–5 years / H. Wallander, G. Hansson, B. Tjernstrom // Acta Orthop. Scand. – 1996. – Vol. 67, N 3. – P. 283–287.
191. Whitman, R. The classic: a study of the weak foot, with reference to its causes, its diagnosis, and its cure; with an analysis of a thousand cases of so-called

- flat-foot / R. Whitman // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2010. – Vol. 468, N.4. – P. 925–939.
192. Wirth, S.H. Complex reconstruction in Charcot arthropathy using the Ilizarov ring fixator / S.H. Wirth, N. Espinosa, M. Berli, L. Jankauskas // Orthopade. – 2015. – Vol. 44, N. 1. – P. 50–57.
193. Wukich, D.K. An introduction to the Taylor Spatial Frame for foot and ankle applications / D.K. Wukich, R.J. Belczyk // Oper. Tech. Orthop. – 2006. – Vol. 16, N 1. – P. 2–9.
194. Wukich, D.K. Equinovarus deformity correction with the Taylor Spatial Frame / D.K. Wukich, D. Dial // Oper. Tech. Orthop. – 2006. – Vol. 16, N 1. – P. 18–22.
195. Younger, A.S. Adult cavovarus foot / A.S. Younger, S.T. Jr. Hansen // J. Am. Acad. Orthop. – 2005. – Vol. 13, N 5. – P. 302–315.
196. Zgonis, T. External fixation use in arthrodesis of the foot and ankle / T. Zgonis, G.P. Jolly, P. Blume // Clin. Podiatr. Med. Surg. – 2004. – Vol. 21, N 1. – P. 1–15.
197. Zgonis, T. Surgical management of the unstable diabetic Charcot deformity using the Taylor Spatial Frame / T. Zgonis, T.S. Roukis, V. Polyzois, D.K. Wukich // Oper. Tech. Orthop. – 2006. – Vol. 16, N 1. – P. 10–17.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

В данном приложении результаты проведенного топографо-анатомического исследования представлены в виде статистических данных, диаграмм и готовых схем с указанием «позиций запрета», «позиций доступности» и «рекомендуемых позиций» с кратким описанием выполненной работы.

7.1. Уровень I

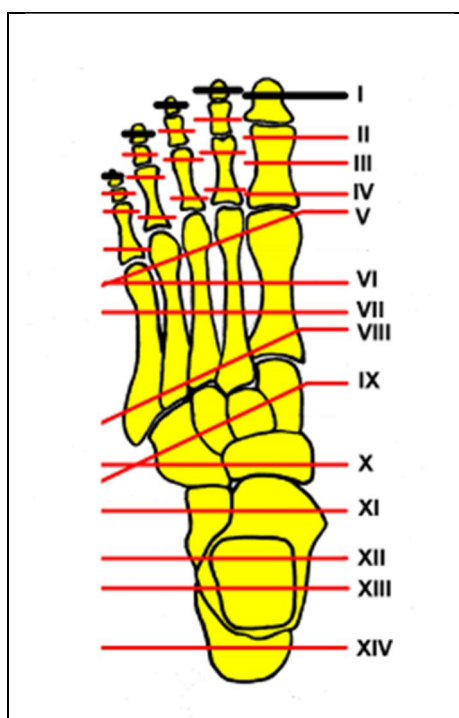


Рис. 7.1. Уровень I: ногтевые фаланги пальцев стопы

Уровень I стопы проходит по середине ногтевых фаланг всех 5 пальцев (рис. 7.1) и не имеет крупных сосудов, нервных ветвей и смещаемых на значимую величину мягких тканей. Однако, учитывая, что чрескостные элементы фиксируются на достаточно длительный срок, растущая ногтевая пластинка может быть отнесена к “смещаемым” тканям. Поэтому позиции, которые лежат в проекции ногтевой пластинки не являются рекомендуемыми (рис. 7.2). По понятным причинам проведение чрескостных элементов через ногтевую пластинку может быть рассмотрено, как вынужденная мера.

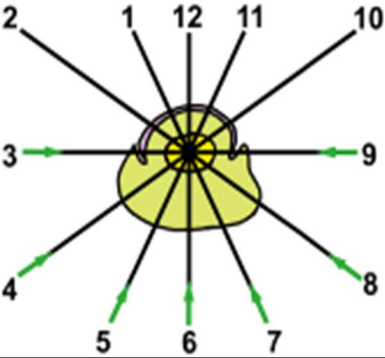
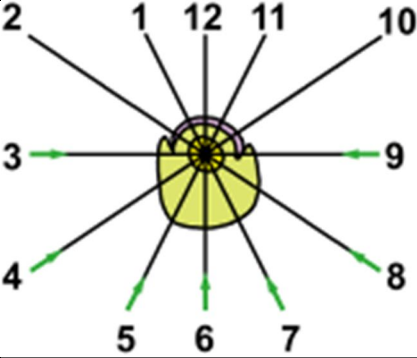
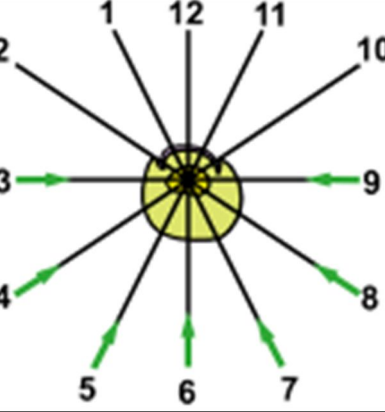
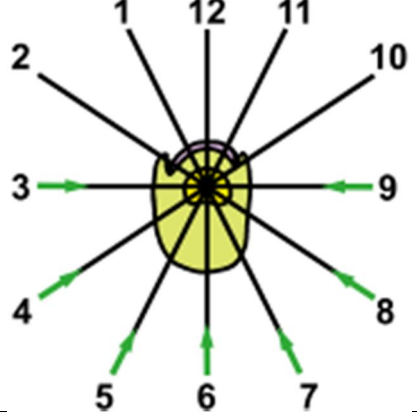
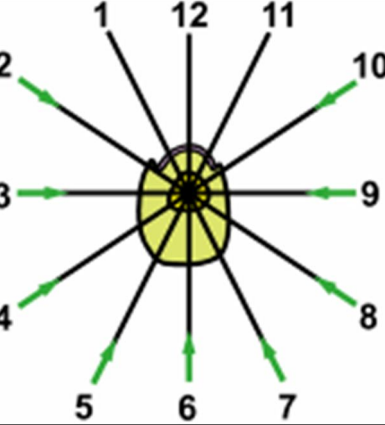
	
Тое 1 Уровень I Позиции запрета: - Позиции доступности: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Тое 2 Уровень I Позиции запрета: - Позиции доступности: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
	
Тое 3 Уровень I Позиции запрета: - Позиции доступности: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Тое 4 Уровень I Позиции запрета: - Позиции доступности: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
	
Тое 5 Уровень I Позиции запрета: - Позиции доступности: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	

Рис. 7.2. Уровень I: ногтевые фаланги пальцев стопы

7.2. Уровень II

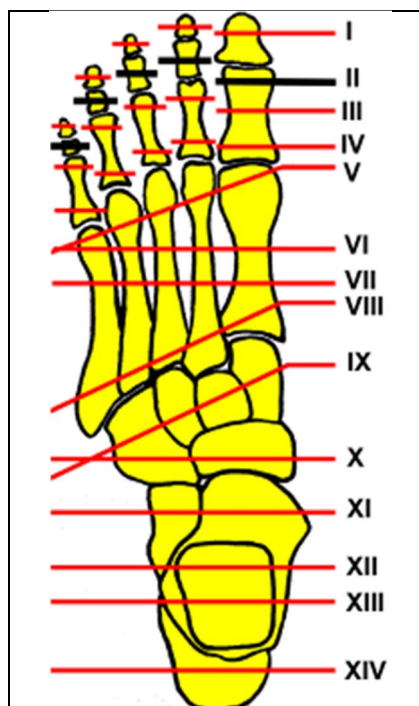


Рис. 7.3. Уровень II: головка основной фаланги 1-го пальца и середины средних фаланг 2-5-го пальцев стопы

Уровень располагается в проекции головки основной фаланги 1 пальца и по диафизам средних фаланг 2-5 пальцев (рис.7.3). На этом уровне появляются сухожилия сгибателя и разгибателя, фиксируемые к основанию ногтевой фаланги. Анатомически здесь проходят сухожилия глубоких сгибателей и сухожилия разгибателей пальцев, которые прикрепляясь к основаниям ногтевых фаланг, обладают значительной подвижностью. То есть, позиции 6 и 12 на всех 5 пальцев уровня II не могут являться рекомендуемыми. Кроме того, на этом уровне уже появляются значимые сосуды и нервы и, таким образом, появляются позиции запрета. Позиции запрета, позиции доступности, а так же рекомендуемые позиции отражены на Рис. 7.4.

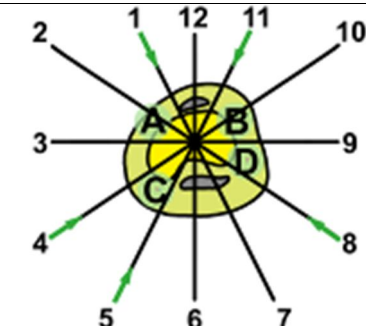
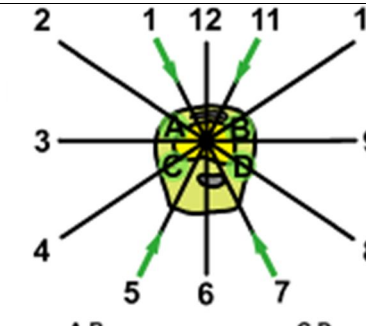
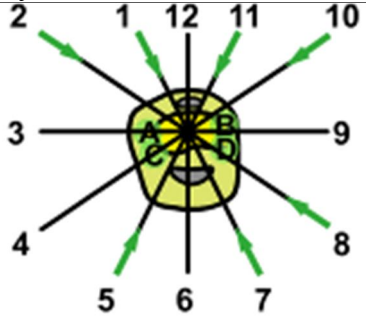
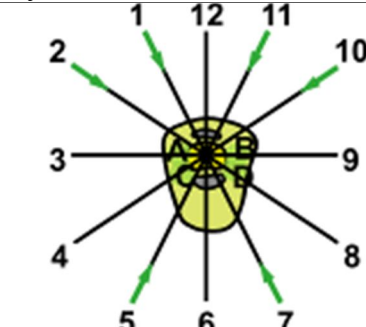
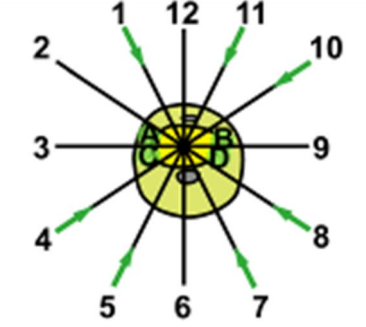
 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris	 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris
Тое 1 Уровень II Позиции запрета: 2,3,9,10 Позиции доступности: 1,4,5,6,7,8,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,4,5,8,11	Тое 2 Уровень II Позиции запрета: 3,9 Позиции доступности: 1,2,4,5,6,7,8,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11
 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris	 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris
Тое 3 Уровень II Позиции запрета: 3,9 Позиции доступности: 1,2,4,5,6,7,8,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,2,5,7,8,10,11	Тое 4 Уровень II Позиции запрета: 3,9 Позиции доступности: 1,2,4,5,6,7,8,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,2,5,7,10,11
 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris	
Тое 5 Уровень II Позиции запрета: 3,9 Позиции доступности: 1,2,4,5,6,7,8,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,4,5,7,8,10,11	

Рис. 7.4. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции. Уровень II: головка основной фаланги 1-го пальца и середины средних фаланг 2-5-го пальцев стопы

7.3. Уровень III

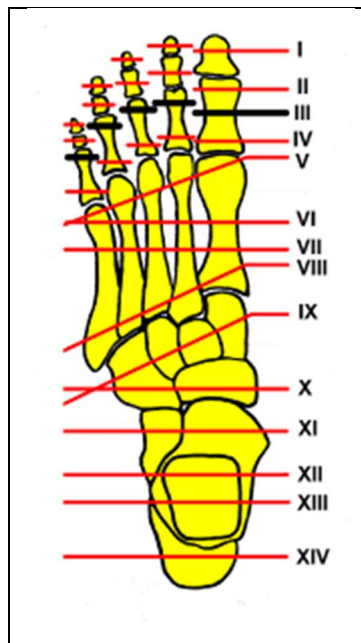


Рис. 7.5. Уровень III: середина основной фаланги 1-го пальца и головки основных фаланг 2-5-го пальцев стопы

Уровень III включает основную фалангу 1 пальца - в ее центре диафиза, а 2-5 пальцы – в проекции головок основных фаланг (рис. 7.5). По тыльной поверхности проходит сухожилие разгибателей пальцев, а на подошвенной части располагаются сухожильный аппарат длинных и коротких сгибателей пальцев. Таким образом, на уровне III уже возникает смещение мягких тканей. При исследовании смещения выполняли движения, приводящие к наибольшему смещению мягких тканей – это сгибание/разгибание на уровне межфаланговых и плюснефаланговых суставов. Полученные при эксперименте данные преобразованы в диаграммы (Рис. 7.6-10).

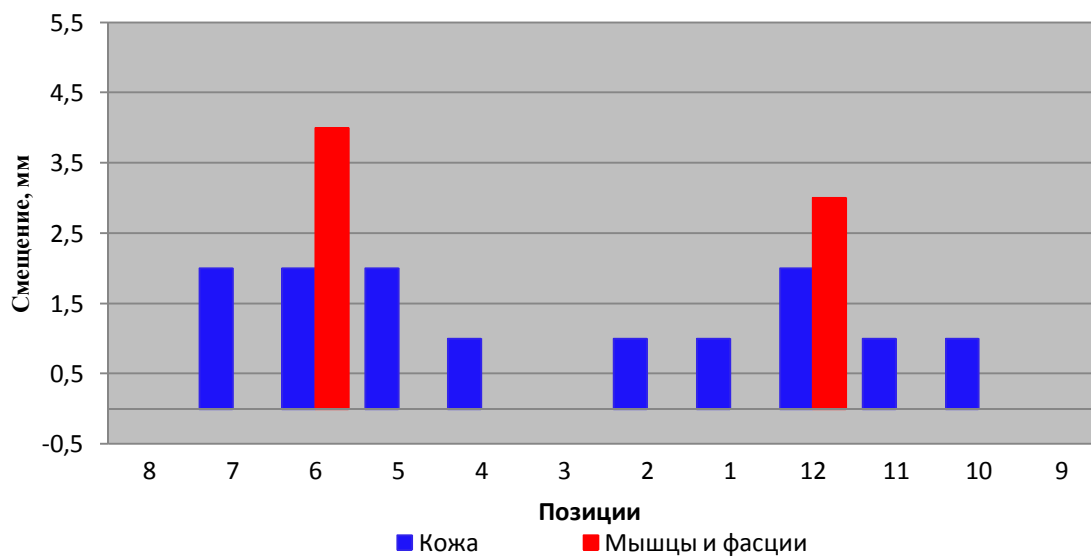


Рис. 7.6. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне III (1-й палец)

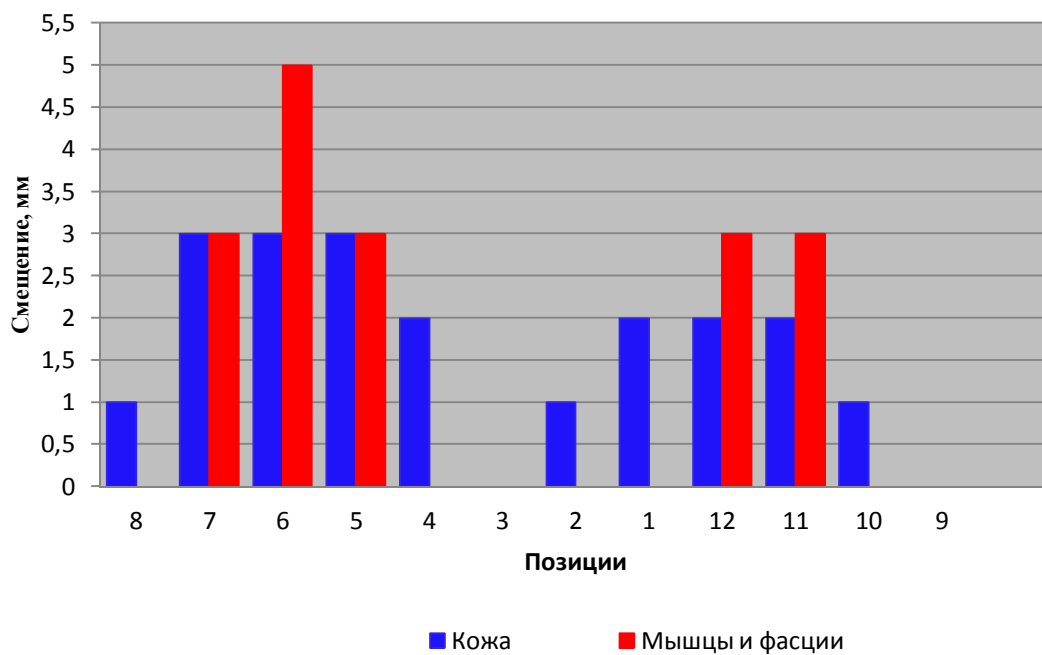


Рис. 7.7. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне I (2-й палец)

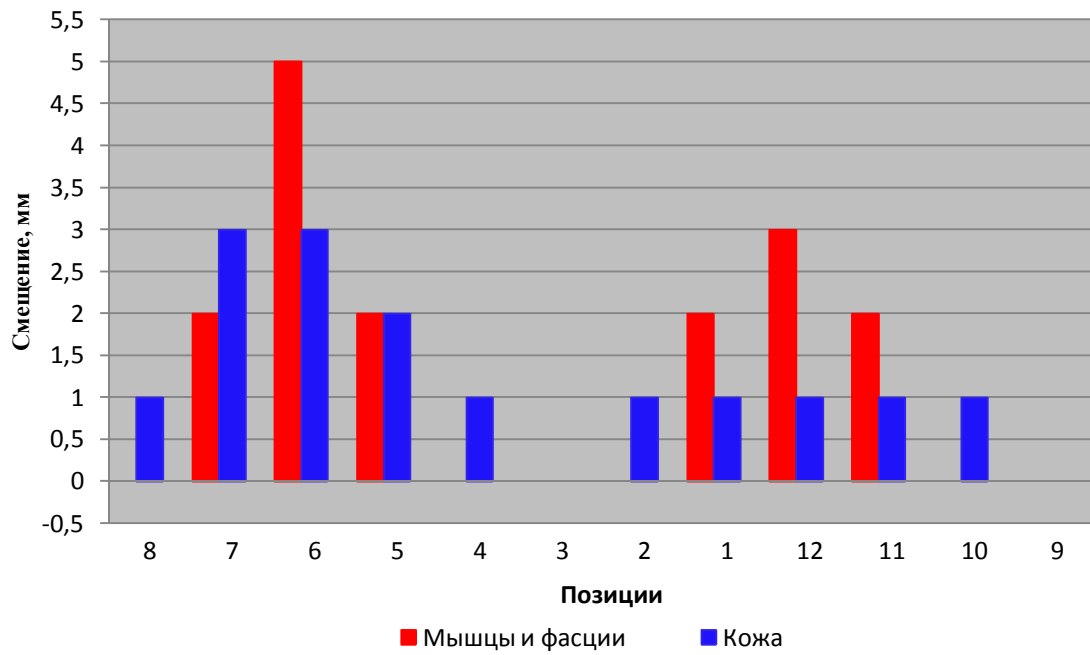


Рис. 7.8. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне III (3-й палец)

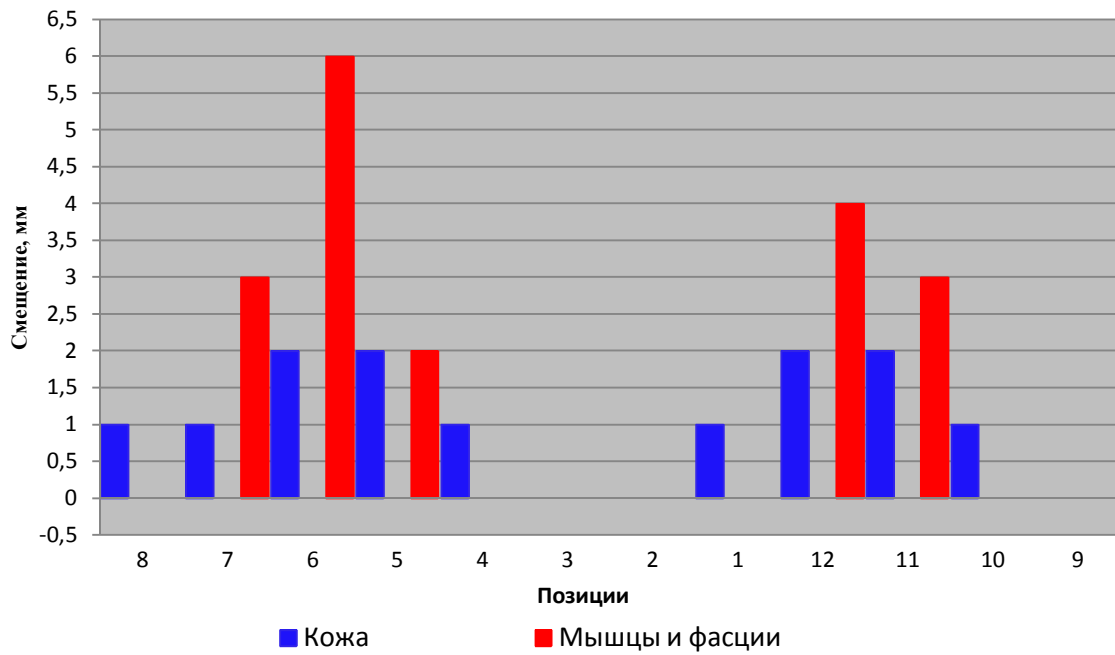


Рис. 7.9. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне III (4-й палец)

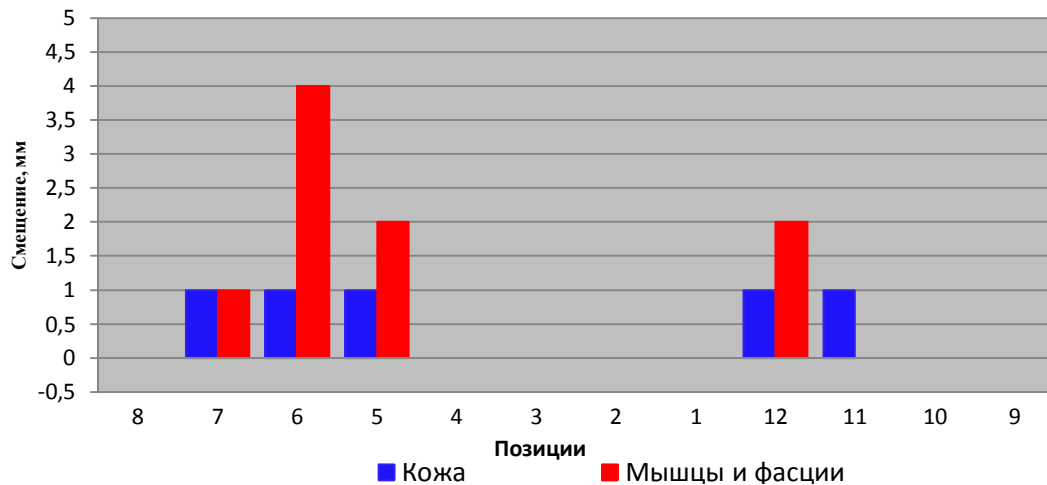


Рис. 7.10. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне III (5-й палец)

На рассматриваемом уровне по подошвенной и тыльной поверхности (в проекции позиций 6 и 12) проходят сухожилия сгибателей и разгибателей пальцев. Величина смещения в этих позициях относительно небольшая (4-6 мм), но учитывая, что фиксированные на этом сегменте сухожилия приведут к сгибательной, разгибательной или комбинированным контрактурам суставов пальцев, данные позиции не могут являться рекомендуемыми (рис. 7.11):

Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris	Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris
Тое 1 Уровень III Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11	Тое 2 Уровень III Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11
а	б

Рис. 7.11а-б. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции. Уровень II: головка основной фаланги 1-го пальца и головки основных фаланг 2-5-го пальцев стопы: а - 1-й палец; б - 2-й палец

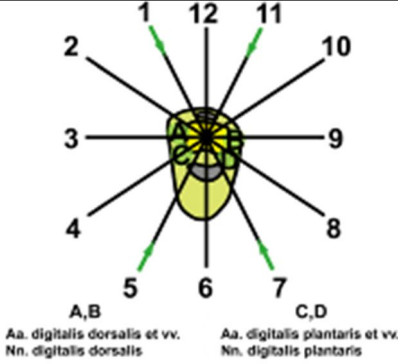
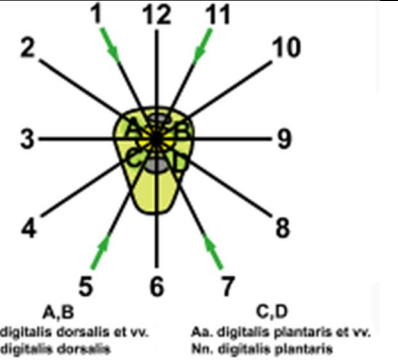
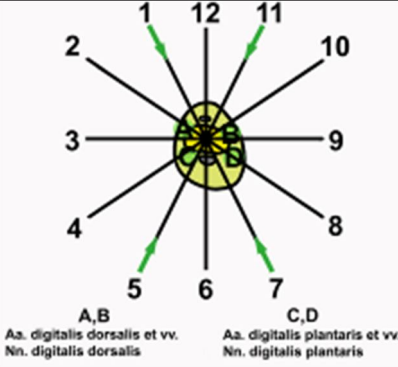
 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris	 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris
Тое 3 Уровень III Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11	Тое 4 Уровень III Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11
В	Г
 Aa. digitalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis Aa. digitalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris	
Тое 5 Уровень III Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11	
Д	

Рис. 7.11в-г. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции. Уровень II: головка основной фаланги 1-го пальца и головки основных фаланг 2-5-го пальцев стопы. а - 1-й палец; б - 2-й палец

7.4. Уровень IV

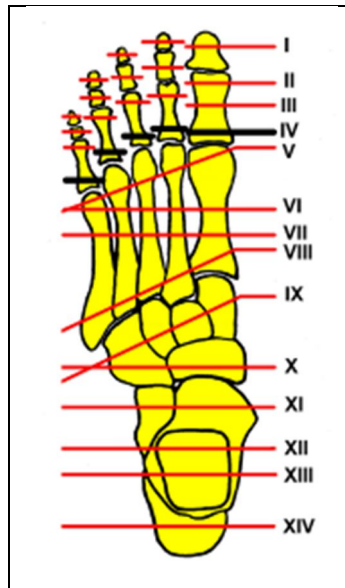


Рис. 7.12. Уровень IV: основания основных фаланг 1-5-го пальцев стопы

Уровень IV располагается в проекции основных фаланг (рис.7.12). На этом сегменте стопы фаланги пальцев окружают не только сухожилия сгибателя и разгибателя, но также сухожилия и мышечная часть межкостных тыльных мышц и червеобразных мышц. Таким образом, количество рекомендуемых позиций уменьшается, это видно по довольно значимым величинам смещения, отраженных в диаграммах (рис.7.13-7.17).

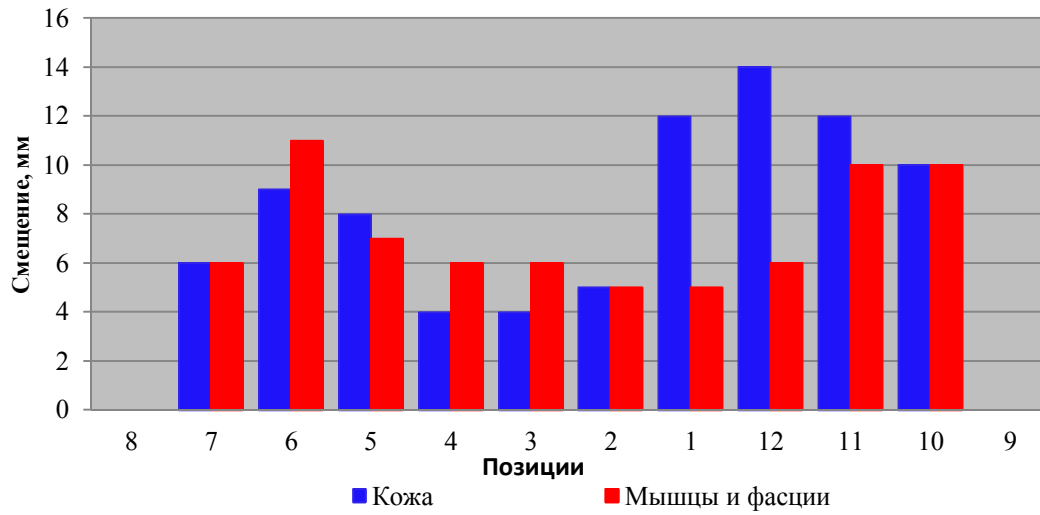


Рис. 7.13. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне IV (1-й палец)

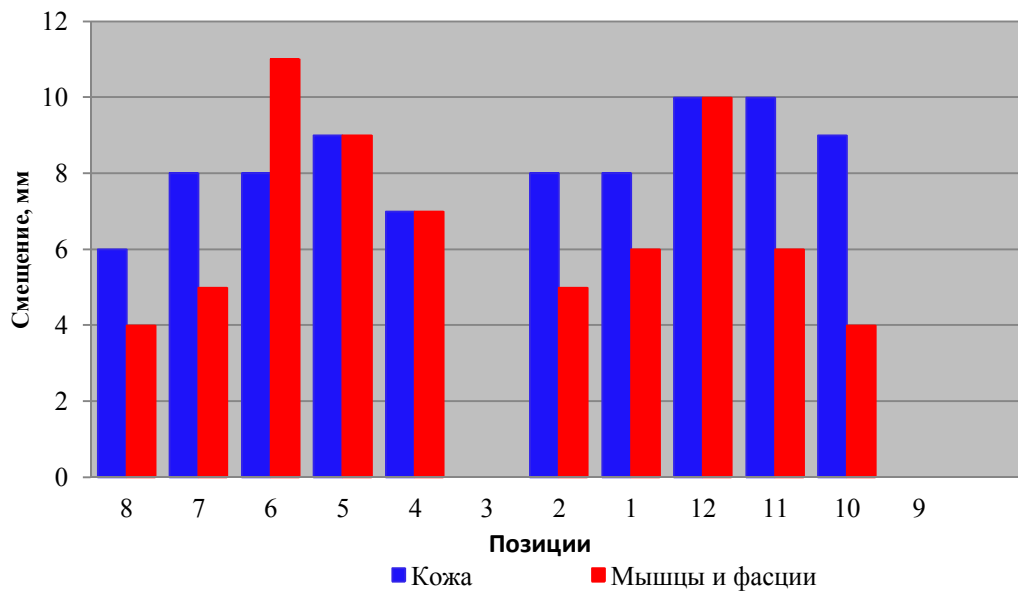


Рис. 7.14. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне IV (2-й палец)

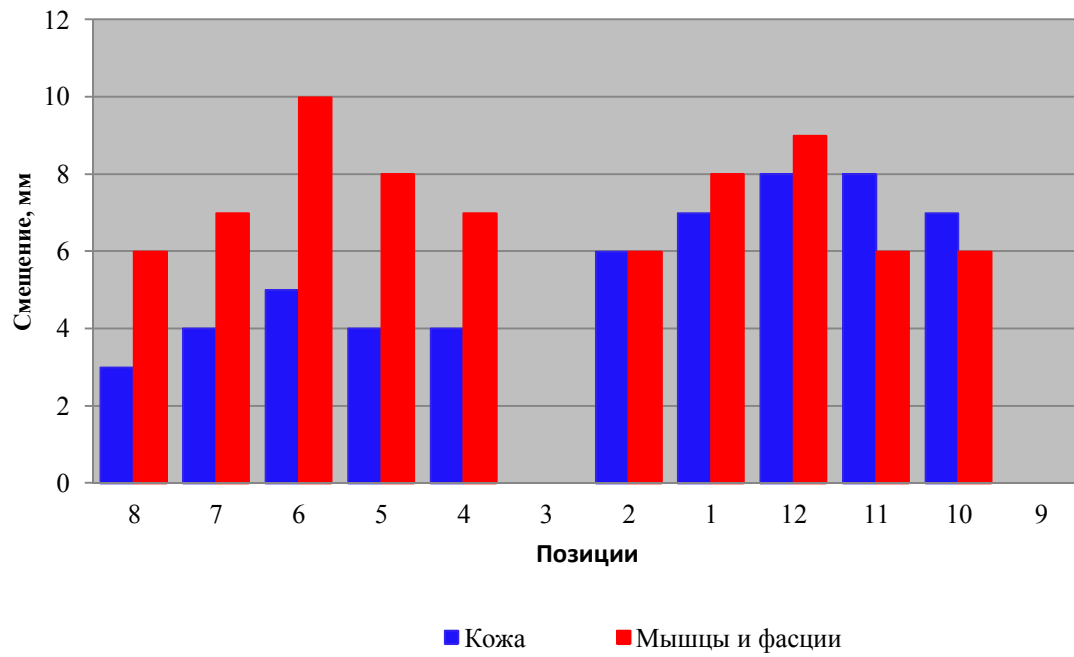


Рис. 7.15. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне IV (3-й палец)

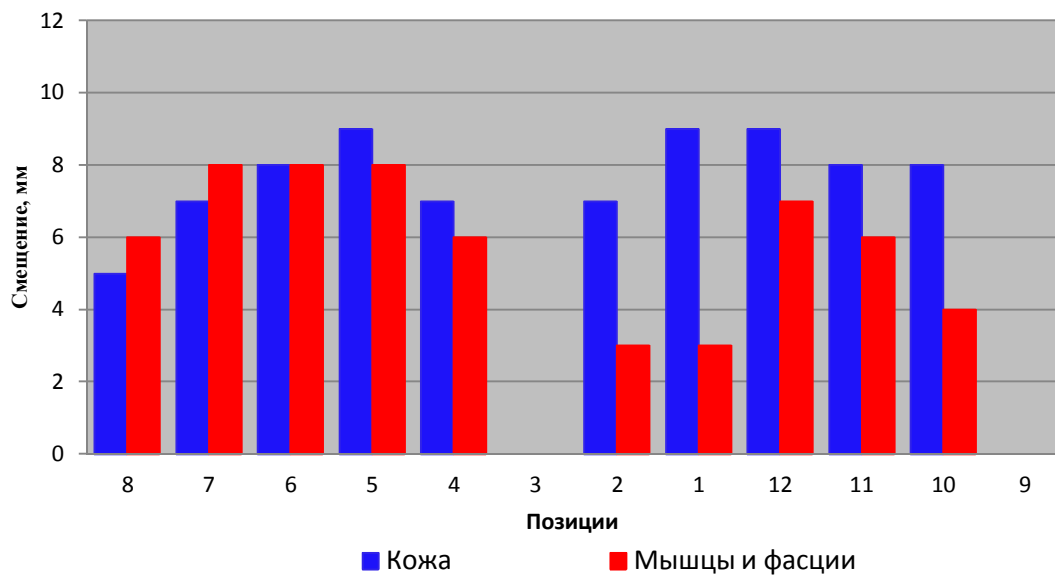


Рис. 7.16. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне IV (4й палец)

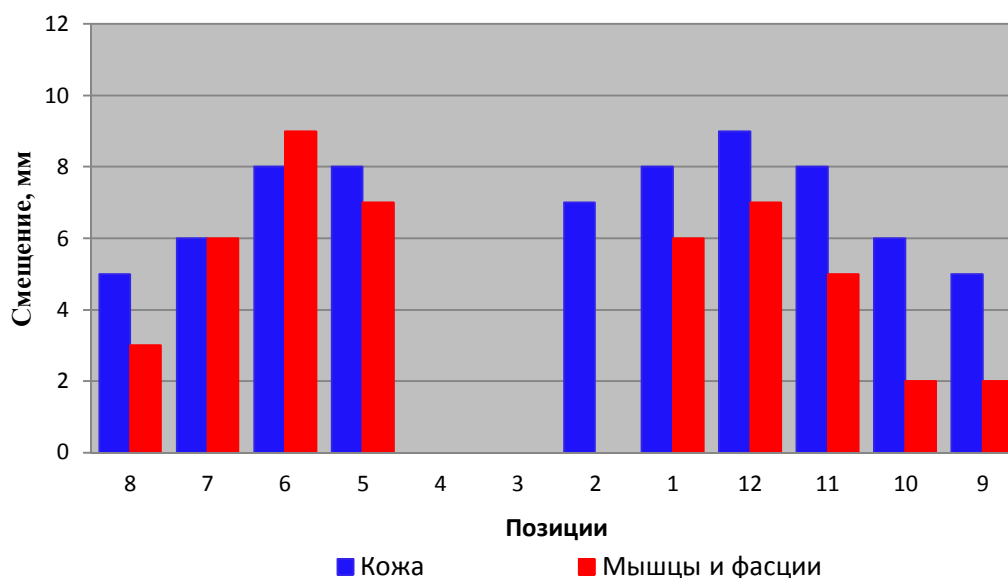


Рис. 7.17. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне IV (5-й палец)

Учитывая величин смещения мягких тканей, а так же расположения проходящих сосудов и нервов, на рисунке 7.18а-г отмечены позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции уровня IV стопы.

Тое 1 Уровень IV Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11	Тое 2 Уровень IV Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11
а	б

Рис. 7.18а-б. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции IV уровня стопы: а - 1-й палец; б - 2-й палец

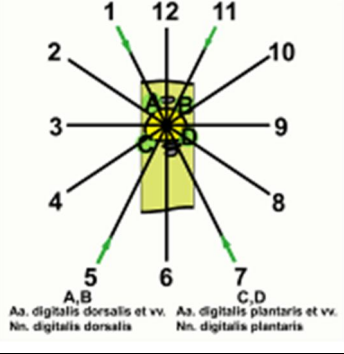
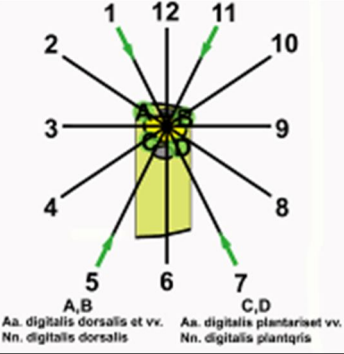
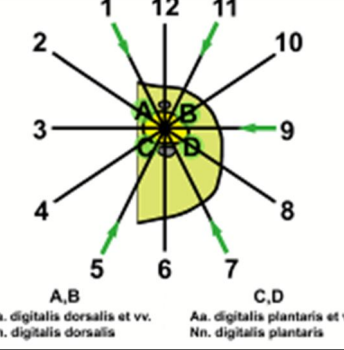
	
Тое 3 Уровень IV Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11	Тое 4 Уровень IV Позиции запрета: 2,3,4,8,9,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,11
В	Г
	
Тое 5 Уровень IV Позиции запрета: 2,3,4,8,10 Позиции доступности: 1,5,6,7,9,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,5,7,9,11	
Д	

Рис. 7.18в-г. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции IV уровня стопы (1-5-го пальцев): в - 3-й палец; г - 4-й палец; д - 5-й палец

7.5. Уровни V-VIII

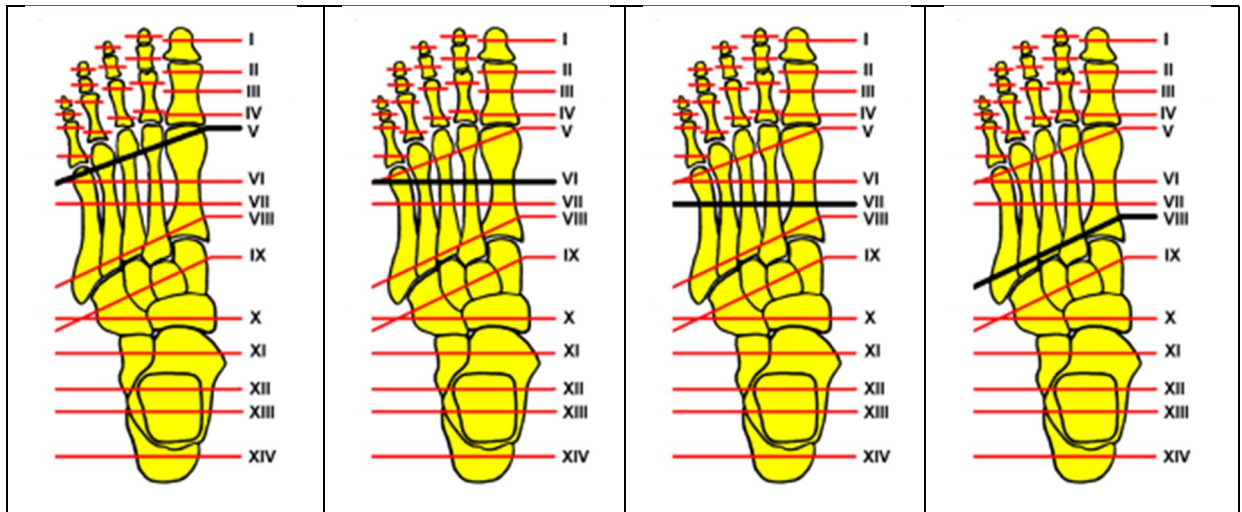


Рис. 7.19. Уровни V-VIII: плюсневые кости стопы

Уровни V-VIII охватывают плюсневые кости и окружающие их мягкие ткани (рис.7.19). По причинам, указанным в Главе 2 (2.1.3.), величины смещения мягких тканей относительно плюсневых костей были исследованы не на всех уровнях (V-VIII), а только на уровне VI. При проведении эксперимента выполняли движения, приводящие к наибольшему смещению мягких тканей. Это одновременное сгибание/разгибание всех фаланг пальцев. Полученные при эксперименте данные преобразованы в диаграммы (рис. 7.20-7.24).

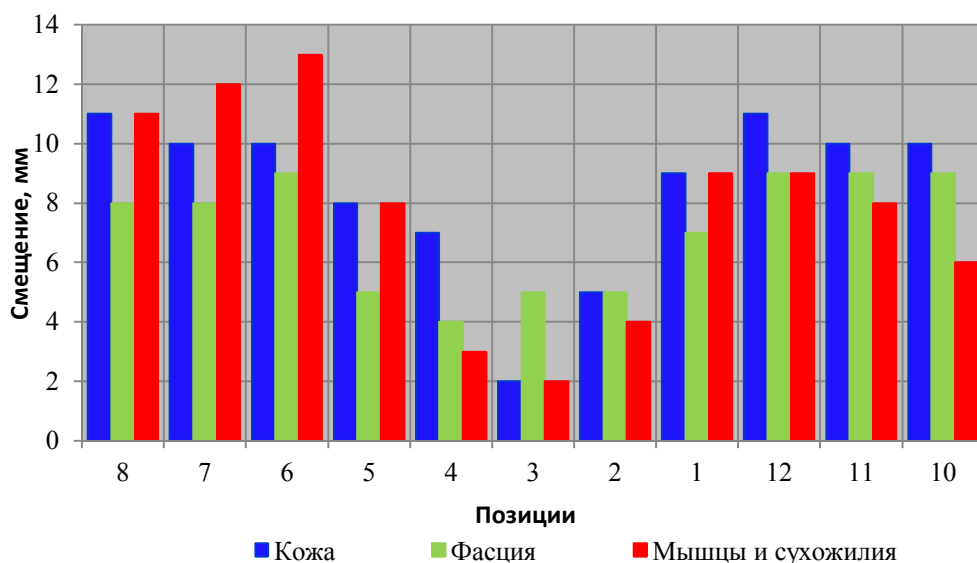


Рис. 7.20. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне VI стопы (1-я плюсневая кость)

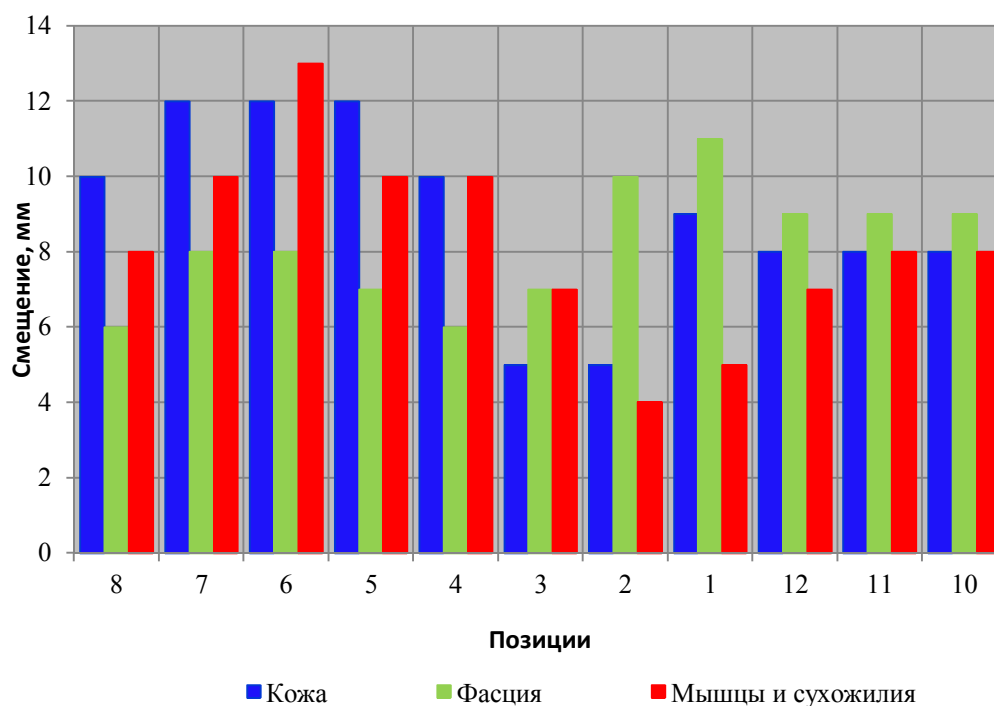


Рис. 7.21. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне VI стопы (2-я плюсневая кость)

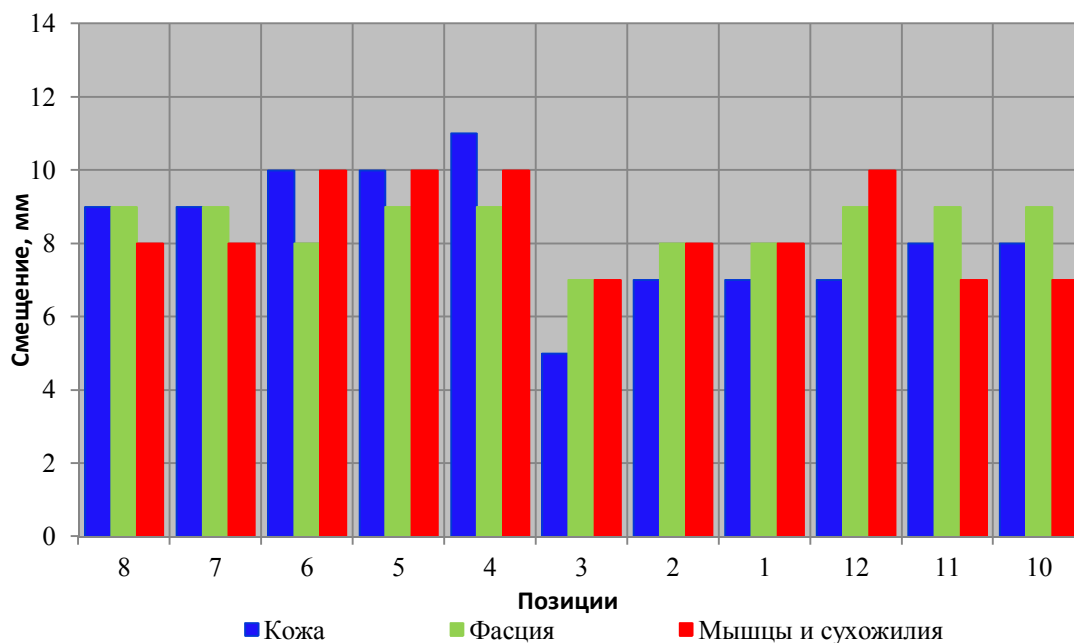


Рис. 7.22. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне VI стопы (3-я плюсневая кость)

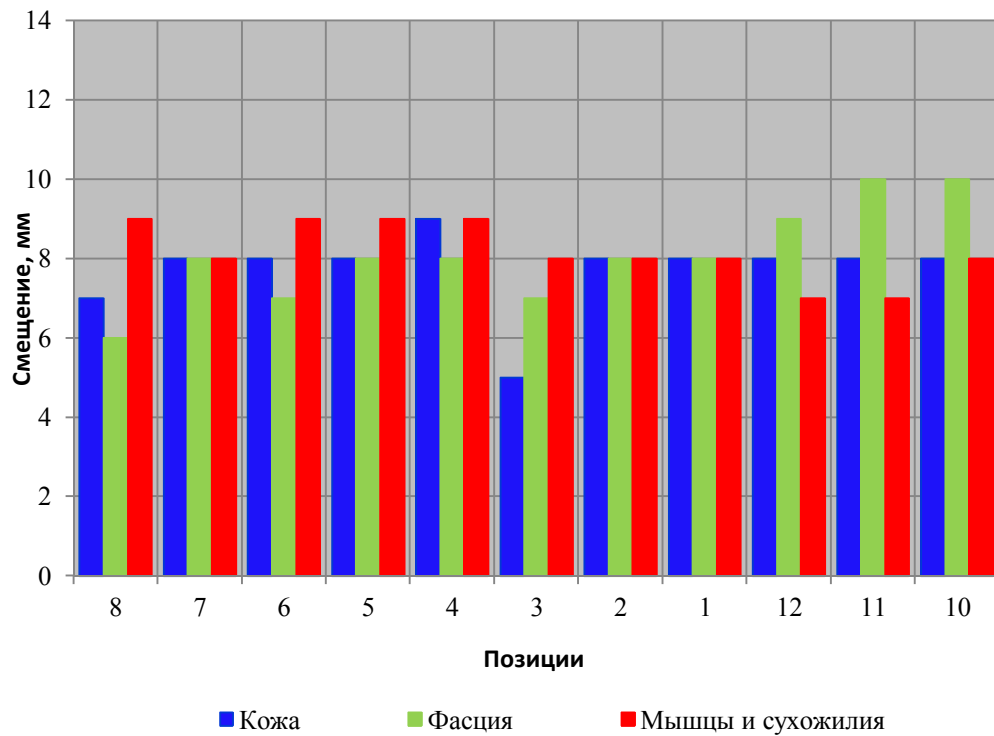


Рис. 7.23. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне VI стопы (4-я плюсневая кость)

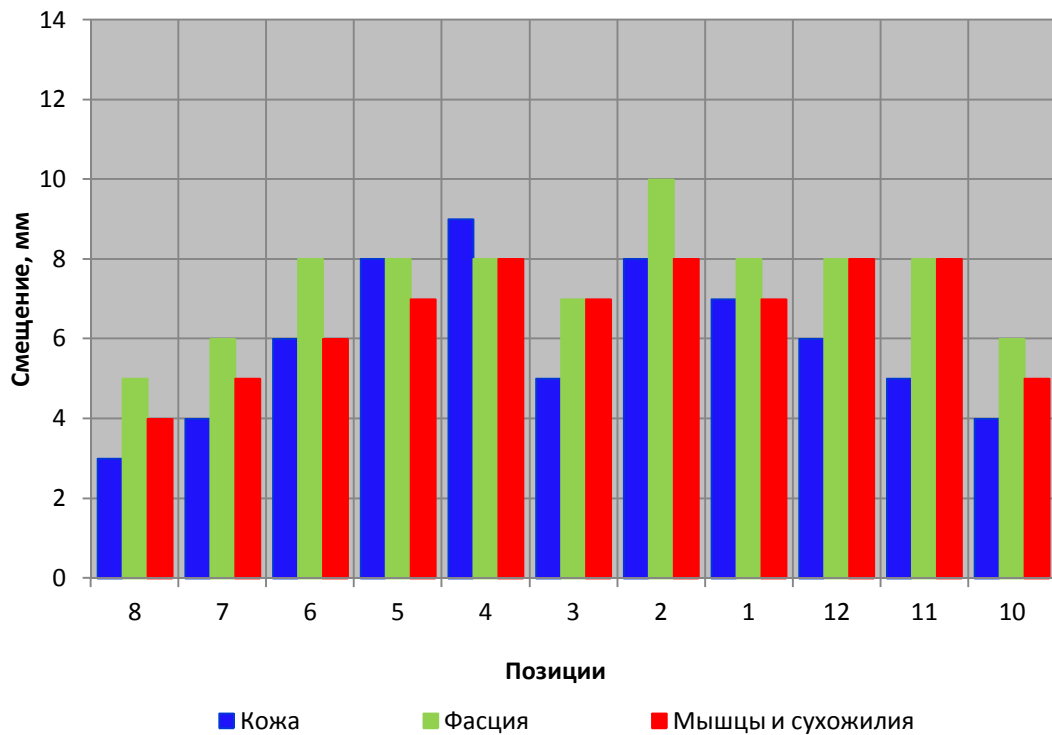


Рис. 7.24. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне VI стопы (5-я плюсневая кость)

Наибольшие величин смещения мягких тканей на этих уровнях приходится на подошвенную поверхность стопы. Это связано с тем, что на подошвенной поверхности стопы имеются большое количество мышц и, сухожилия, проходящие между ними и фасциальными футлярами, при сгибании и разгибании в межфаланговых и плюснефаланговых суставах очень подвижны. И, напротив, - по тыльной стороне стопы на этих уровнях сухожилия смещаются не на столь большую величину; большей подвижностью обладает листок фасции. Наименьшее смещение мягких тканей на этих уровнях отмечается по боковым поверхностям стопы и составляет в большинстве позиций 2-4 мм. Это обусловлено практически полным отсутствием здесь мышц и сухожилий.

Таким образом, позиции медиальной поверхности 1й плюсневой кости (4, 3, 2) и латеральной поверхности 5й плюсны (8, 9, 10) практически на всем протяжении имеют наименьшую величину смещения и являются благоприятными для проведения чрескостных элементов.

Относительно 1й плюсневой кости на уровнях V-VIII наибольшая смещаемость мягких тканей, превышающая 10 мм, находится в позициях 6, 7 и 8 (рис. 7.19, 7.25-7.28). Относительно 2-й плюсневой кости наибольшее смещение имеется в проекциях позиций 5, 6 и 7 (рис. 7.21, 7.25-7.28). Наибольшее смещение мягких тканей относительно 3-й плюсневой кости определилось в проекции только позиции 4 (рис. 7.22, 7.25-7.28). Относительно 4-й и 5-й плюсневых костей величин смещения мягких тканей, превышающих 10 мм, не выявлено (рис. 7.23-24, 7.25-28).

Однако, несмотря на такое незначительное смещение мягких тканей относительно плюсневых костей. Рекомендуемых позиций для проведения чрескостных элементов не так много. Это связано с тем, что в этом сегменте проходит большое количество сосудов и нервов.

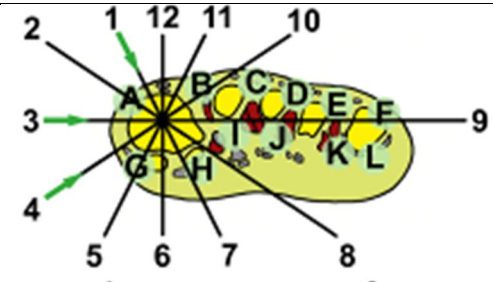
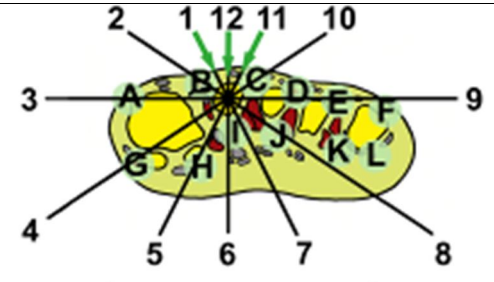
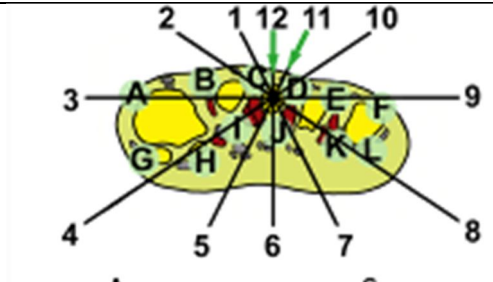
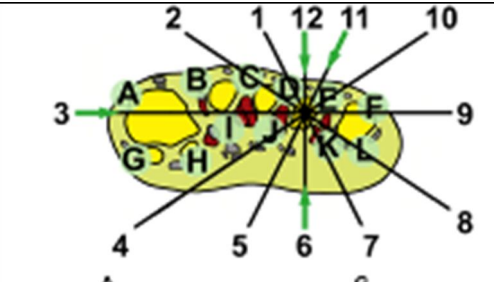
 A N. cutaneus dorsalis medialis A. digitalis dorsalis et vv. B,C,D,E Aa. metatarsalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis F A. tarsalis lateralis et vv. N. digitalis dorsalis G A. digitalis plantaris proprius et vv. N. digitalis plantaris proprius H,I,J,K A. digitalis plantaris communis N. digitalis plantaris communis L R. superficialis a. plantaris lateralis et vv. N. digitalis plantaris	 A N. cutaneus dorsalis medialis A. digitalis dorsalis et vv. B,C,D,E Aa. metatarsalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis F A. tarsalis lateralis et vv. N. digitalis dorsalis G A. digitalis plantaris proprius et vv. N. digitalis plantaris proprius H,I,J,K A. digitalis plantaris communis N. digitalis plantaris communis L R. superficialis a. plantaris lateralis et vv. N. digitalis plantaris
Metatarsus 1 Уровень V Позиции запрета: 2,5,7,10 Позиции доступности: 1,3,4,6,8,9,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,3,4	Metatarsus 2 Уровень V Позиции запрета: 2,3,4,5,6,7,8,9,10 Позиции доступности: 1,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,11,12
а	б

Рис. 7.25а-б. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, V уровень стопы (1-5-я плюсневые кости): а - 1-я плюсневая кость; б - 2-я плюсневая кость

 A N. cutaneus dorsalis medialis A. digitalis dorsalis et vv. B,C,D,E Aa. metatarsalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis F A. tarsalis lateralis et vv. N. digitalis dorsalis G A. digitalis plantaris proprius et vv. N. digitalis plantaris proprius H,I,J,K A. digitalis plantaris communis N. digitalis plantaris communis L R. superficialis a. plantaris lateralis et vv. N. digitalis plantaris	 A N. cutaneus dorsalis medialis A. digitalis dorsalis et vv. B,C,D,E Aa. metatarsalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis F A. tarsalis lateralis et vv. N. digitalis dorsalis G A. digitalis plantaris proprius et vv. N. digitalis plantaris proprius H,I,J,K A. digitalis plantaris communis N. digitalis plantaris communis L R. superficialis a. plantaris lateralis et vv. N. digitalis plantaris
Metatarsus 3 Уровень V Позиции запрета: 2,3,4,5,6,7,8,9,10 Позиции доступности: 11,12 Рекомендуемые позиции: 11,12	Metatarsus 4 Уровень V Позиции запрета: 1,2,4,7,8,9,10 Позиции доступности: 3,5,6,11,12 Рекомендуемые позиции: 3,6,11,12
в	г

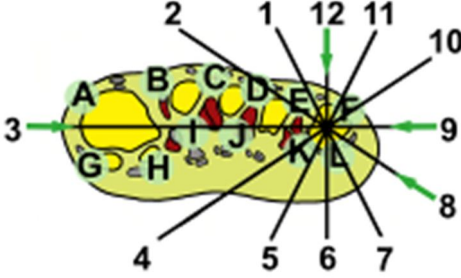
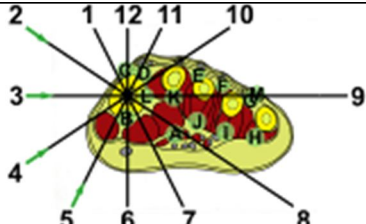
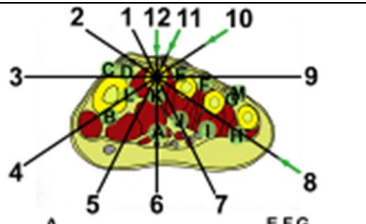
 A N. cutaneus dorsalis medialis A. digitalis dorsalis et vv. B,C,D,E Aa. metatarsalis dorsalis et vv. Nn. digitalis dorsalis F A. tarsalis lateralis et vv. N. digitalis dorsalis G A. digitalis plantaris proprius et vv. N. digitalis plantaris proprius H,I,J,K A. digitalis plantaris communis N. digitalis plantaris communis L R. superficialis a. plantaris lateralis et vv. N. digitalis plantaris	
Metatarsus 5 Уровень V Позиции запрета: 1,2,4,5,6,7,8,10,11 Позиции доступности: 3,8,9,12 Рекомендуемые позиции: 3,8,9,12	

Рис. 7.25. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, V уровень стопы (1-5-я плюсневые кости): в - 3-я плюсневая кость; г - 4-я плюсневая кость; д - 5-я плюсневая кость

 A A. profundus plantaris medialis et vv. N. digitalis plantaris communis B R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius C V. saphena magna N. saphenus D A. metatarsalis dorsalis I N. peroneus profundus E,F,G Aa. metatarsalis dorsalis et vv. H,I,J,K,L Aa. metatarsalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris communis N V. saphena parva N. cutaneus dorsalis lateralis	 A A. profundus plantaris medialis et vv. N. digitalis plantaris communis B R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius C V. saphena magna N. saphenus D A. metatarsalis dorsalis I N. peroneus profundus E,F,G Aa. metatarsalis dorsalis et vv. H,I,J,K,L Aa. metatarsalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris communis N V. saphena parva N. cutaneus dorsalis lateralis
Metatarsus 1 Уровень VI Позиции запрета: 6,8,9,10,11,12 Позиции доступности: 1,2,3,4,5,7 Рекомендуемые позиции: 2,3,4,5	Metatarsus 2 Уровень VI Позиции запрета: 3,4,6,7,8,9 Позиции доступности: 1,2,5,8,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 8,10,11,12

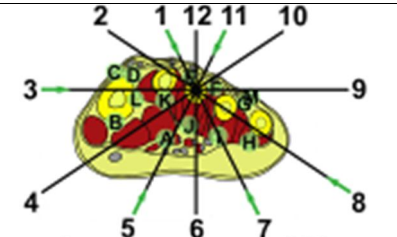
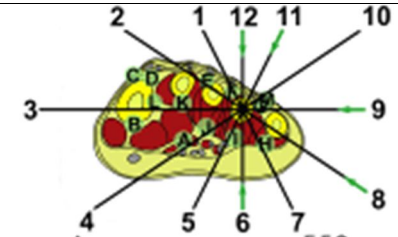
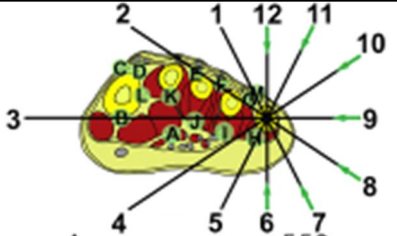
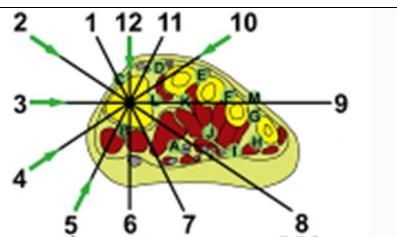
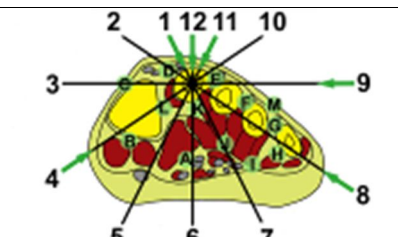
 A. profundus plantaris medialis et vv. N. digitalis plantaris communis B. R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius C. V. saphena magna N. saphenus D. A. metatarsalis dorsalis I N. peroneus profundus E, F, G Aa. metatarsalis dorsalis et vv. H, I, J, K, L Aa. metatarsalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris communis N. V. saphena parva N. cutaneus dorsalis lateralis	 A. profundus plantaris medialis et vv. N. digitalis plantaris communis B. R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius C. V. saphena magna N. saphenus D. A. metatarsalis dorsalis I N. peroneus profundus E, F, G Aa. metatarsalis dorsalis et vv. H, I, J, K, L Aa. metatarsalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris communis N. V. saphena parva N. cutaneus dorsalis lateralis
Metatarsus 3 Уровень VI Позиции запрета: 5, 6, 9, 10, 12 Позиции доступности: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 11 Рекомендуемые позиции: 1, 3, 5, 7, 8, 11	Metatarsus 4 Уровень VI Позиции запрета: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 Позиции доступности: 6, 8, 9, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 6, 8, 9, 11, 12
 A. profundus plantaris medialis et vv. N. digitalis plantaris communis B. R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius C. V. saphena magna N. saphenus D. A. metatarsalis dorsalis I N. peroneus profundus E, F, G Aa. metatarsalis dorsalis et vv. H, I, J, K, L Aa. metatarsalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris communis N. V. saphena parva N. cutaneus dorsalis lateralis	
Metatarsus 5 Уровень VI Позиции запрета: 1, 2, 3, 5 Позиции доступности: 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	

Рис. 7.26. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции плюсневых костей, уровень VI (1-5-я плюсневые кости)

 R. profundus a. plantaris medialis et vv. N. digitalis plantaris communis B. R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius C. V. saphena magna N. saphenus D. A. metatarsalis dorsalis I N. peroneus profundus E, F, G Aa. metatarsalis dorsalis et vv. H, I, J, K, L Aa. metatarsalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris communis M. V. saphena parva N. cutaneus dorsalis lateralis	 R. profundus a. plantaris medialis et vv. N. digitalis plantaris communis B. R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius C. V. saphena magna N. saphenus D. A. metatarsalis dorsalis I N. peroneus profundus E, F, G Aa. metatarsalis dorsalis et vv. H, I, J, K, L Aa. metatarsalis plantaris et vv. Nn. digitalis plantaris communis M. V. saphena parva N. cutaneus dorsalis lateralis
Metatarsus 1 Уровень VII Позиции запрета: 1, 6, 8, 9, 11 Позиции доступности: 2, 3, 4, 5, 7, 10, 12 Рекомендуемые позиции: 2, 3, 4, 5, 10, 12	Metatarsus 2 Уровень VII Позиции запрета: 2, 3, 6, 7, 9 Позиции доступности: 1, 4, 5, 8, 10, 11, 12 Рекомендуемые позиции: 1, 4, 8, 9, 11, 12

<i>R. profundus a. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. digitalis plantaris communis</i> <i>R. superficialis a. plantaris med. et vv.</i> <i>N. digitalis plantaris proprius</i> <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i> <i>A. metatarsalis dorsalis I</i> <i>N. peroneus profundus</i> <i>Aa. metatarsalis dorsalis et vv.</i> <i>H, I, J, K, L</i> <i>Aa. metatarsalis plantaris et vv.</i> <i>Nn. digitalis plantaris communis</i> <i>M</i> <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i>	<i>R. profundus a. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. digitalis plantaris communis</i> <i>R. superficialis a. plantaris med. et vv.</i> <i>N. digitalis plantaris proprius</i> <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i> <i>A. metatarsalis dorsalis I</i> <i>N. peroneus profundus</i> <i>Aa. metatarsalis dorsalis et vv.</i> <i>H, I, J, K, L</i> <i>Aa. metatarsalis plantaris et vv.</i> <i>Nn. digitalis plantaris communis</i> <i>M</i> <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i>
Metatarsus 3 Уровень VII Позиции запрета: 1,3,4,5,6,7,8,9 Позиции доступности: 2,4,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 2,4,8,9	Metatarsus 4 Уровень VII Позиции запрета: 1,2,4,5,6,7,9,10 Позиции доступности: 3,5,7,8,11,12 Рекомендуемые позиции: 3,7,8,11,12
<i>R. profundus a. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. digitalis plantaris communis</i> <i>R. superficialis a. plantaris med. et vv.</i> <i>N. digitalis plantaris proprius</i> <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i> <i>A. metatarsalis dorsalis I</i> <i>N. peroneus profundus</i> <i>Aa. metatarsalis dorsalis et vv.</i> <i>H, I, J, K, L</i> <i>Aa. metatarsalis plantaris et vv.</i> <i>Nn. digitalis plantaris communis</i> <i>M</i> <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i>	
Metatarsus 5 Уровень VII Позиции запрета: 1,2,3,4 Позиции доступности: 5,6,7,8,9,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 5,6,7,8,9,10,11,12	

Рис. 7.27. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции плюсневых костей, уровень VII (1-5-я плюсневые кости)

A <i>A. dorsalis pedis et vv.</i> <i>N. peroneus profundus</i> C <i>A. plantaris lateralis et vv.</i> <i>N. plantaris lateralis</i> E <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i> B <i>A. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. plantaris medialis</i> D <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i>	A <i>A. dorsalis pedis et vv.</i> <i>N. peroneus profundus</i> C <i>A. plantaris lateralis et vv.</i> <i>N. plantaris lateralis</i> E <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i> B <i>A. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. plantaris medialis</i> D <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i>
Metatarsus 1 Уровень VIII Позиции запрета: 3,4,7,8,10,11 Позиции доступности: 1,2,3,4,5,6,9,12 Рекомендуемые позиции: 1,2,3,4,5,9,10,12	Metatarsus 2 Уровень VIII Позиции запрета: 2,6,9 Позиции доступности: 1,3,4,5,7,8,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,2,10,11,12
A <i>A. dorsalis pedis et vv.</i> <i>N. peroneus profundus</i> C <i>A. plantaris lateralis et vv.</i> <i>N. plantaris lateralis</i> E <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i> B <i>A. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. plantaris medialis</i> D <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i>	A <i>A. dorsalis pedis et vv.</i> <i>N. peroneus profundus</i> C <i>A. plantaris lateralis et vv.</i> <i>N. plantaris lateralis</i> E <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i> B <i>A. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. plantaris medialis</i> D <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i>
Metatarsus 3 Уровень VIII Позиции запрета: 2,5,7,9,10 Позиции доступности: 1,3,4,6,8,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,3,8,11	Metatarsus 4 Уровень VIII Позиции запрета: 3,4,6,10,11,12 Позиции доступности: 1,2,5,7,8,9 Рекомендуемые позиции: 2,8,9
A <i>A. dorsalis pedis et vv.</i> <i>N. peroneus profundus</i> C <i>A. plantaris lateralis et vv.</i> <i>N. plantaris lateralis</i> E <i>V. saphena parva</i> <i>N. cutaneus dorsalis lateralis</i> B <i>A. plantaris medialis et vv.</i> <i>N. plantaris medialis</i> D <i>V. saphena magna</i> <i>N. saphenus</i>	
Metatarsus 5 Уровень VIII Позиции запрета: 1,4 Позиции доступности: 2,3,5,6,7,8,9,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 2,3,8,9,10,11,12	

Рис. 7.28. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции плюсневых костей, уровень VIII (1-5-я плюсневые кости)

7.6. Уровень IX

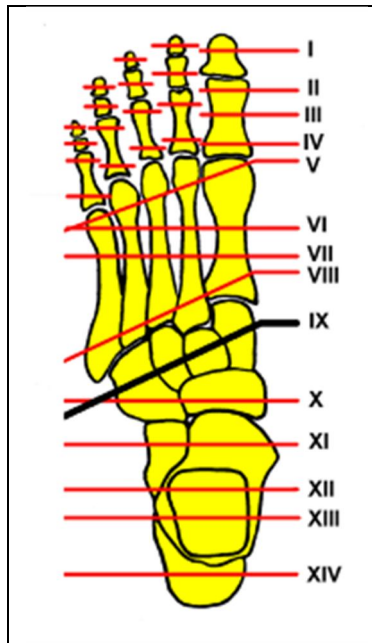


Рис. 7.29. Уровень IX: клиновидные и кубовидная кости стопы

Уровень IX стопы проходит через клиновидные и кубовидную кости (рис. 7.29). Кожа остается малоподвижной, но фасция, мышцы и сухожилия приобретают значительную подвижность (рис. 7.30, 7.32, 7.34, 7.36), что делает эту сторону неблагоприятной для проведения чрескостных элементов.

По тыльной и боковым поверхностям стопы величина смещений мягких тканей меньше (рис. 7.30). Поэтому рекомендуемые позиции расположены, в основном, по медиальной, тыльной и латеральной поверхностям (рис. 7.31, 7.33, 7.35, 7.37).

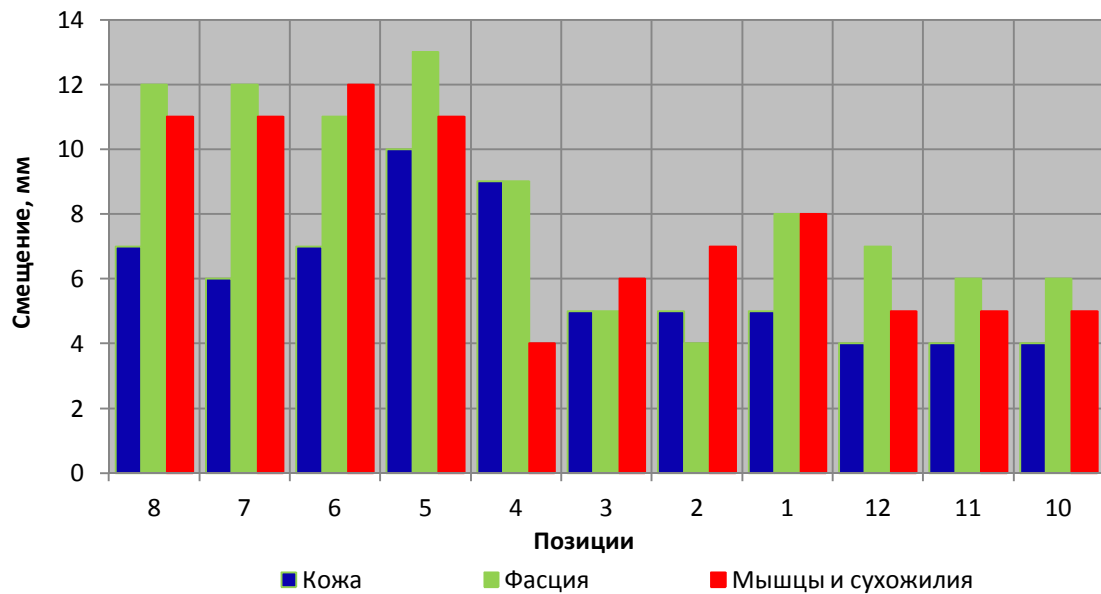


Рис. 7.30. Диаграмма величин смещения мягких тканей на уровне IX (медиальная клиновидная кость)

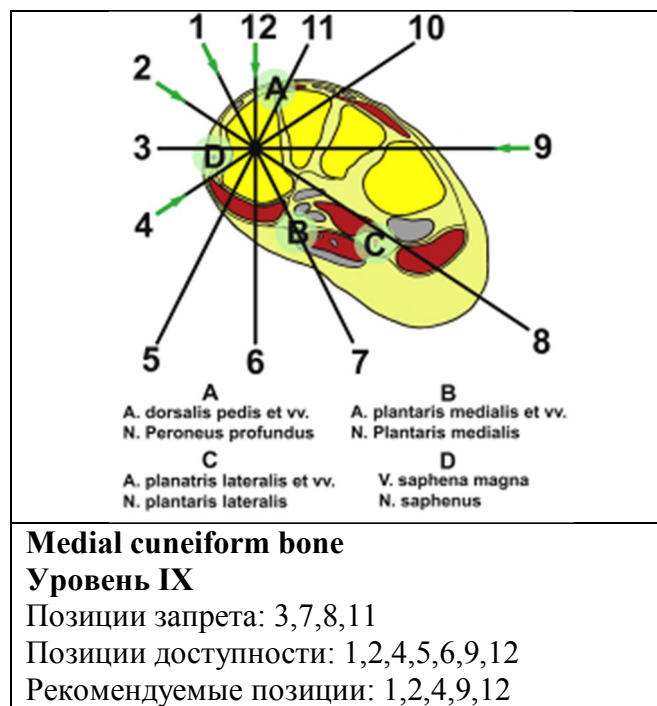


Рис. 7.31. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень IX (медиальная клиновидная кость)

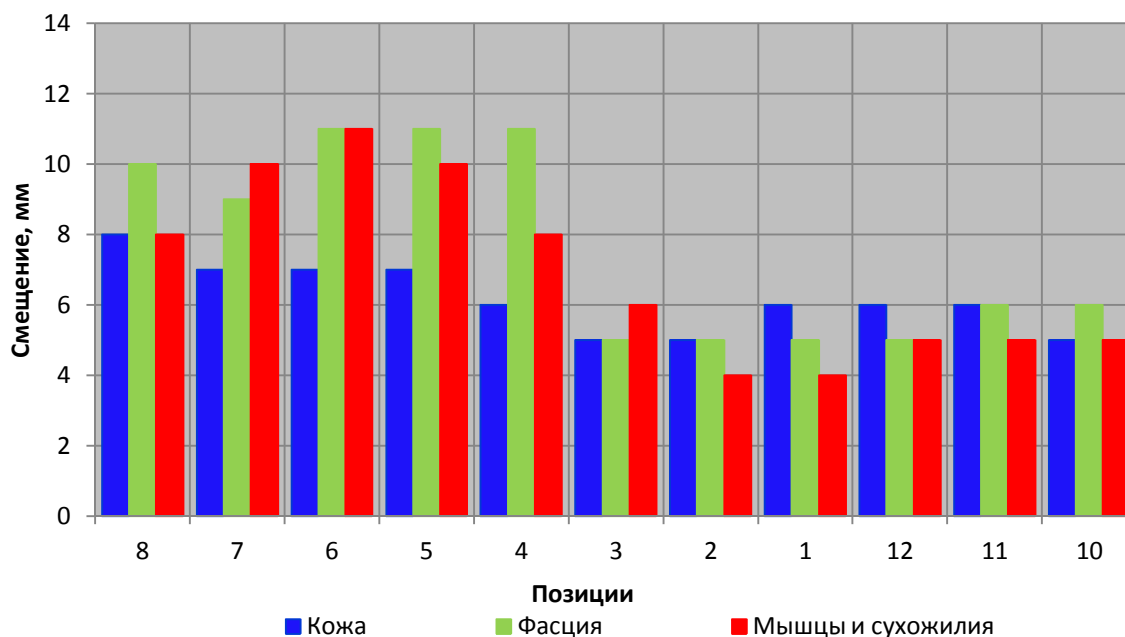


Рис. 7.32. Диаграмма величин смещения мягких тканей уровень IX (средняя клиновидная кость)

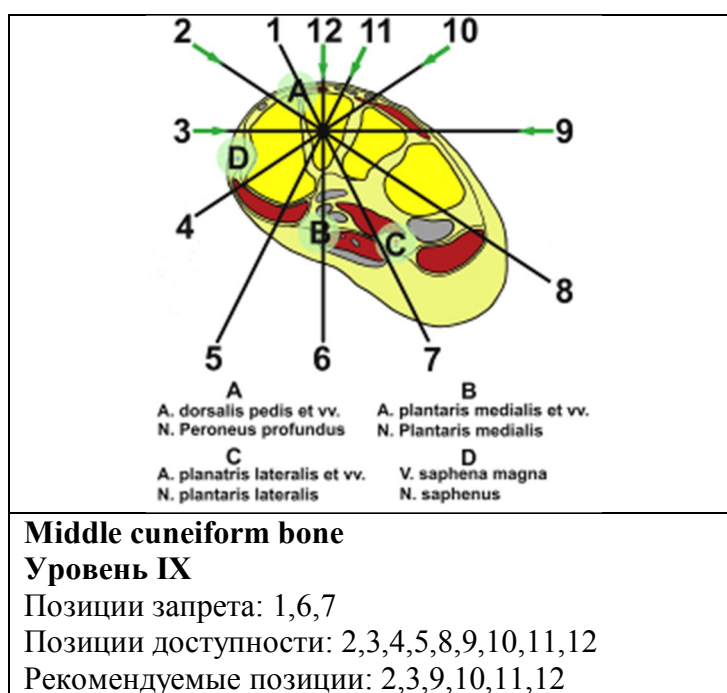


Рис. 7.33. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень IX (средняя клиновидная кость)

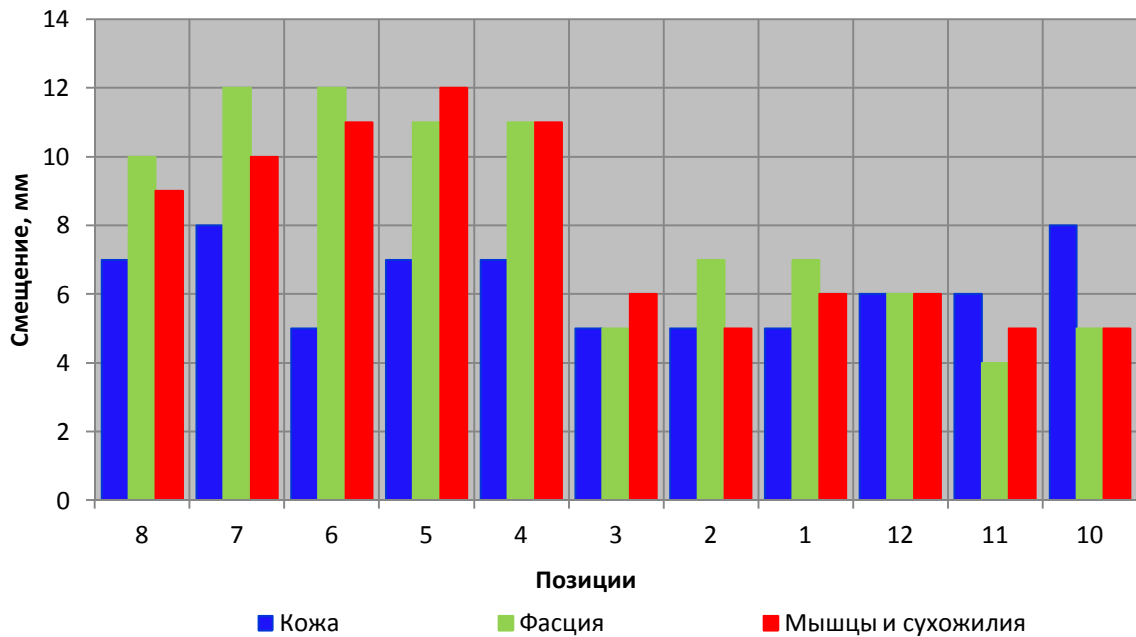


Рис. 7.34. Диаграмма величин смещения мягких тканей, уровень IX (латеральная клиновидная кость)

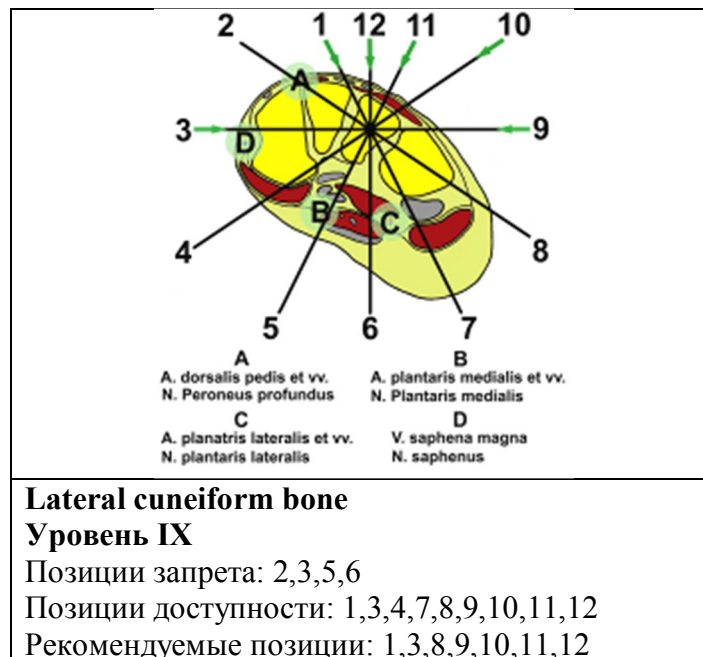


Рис. 7.35. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень IX (латеральная клиновидная кость)

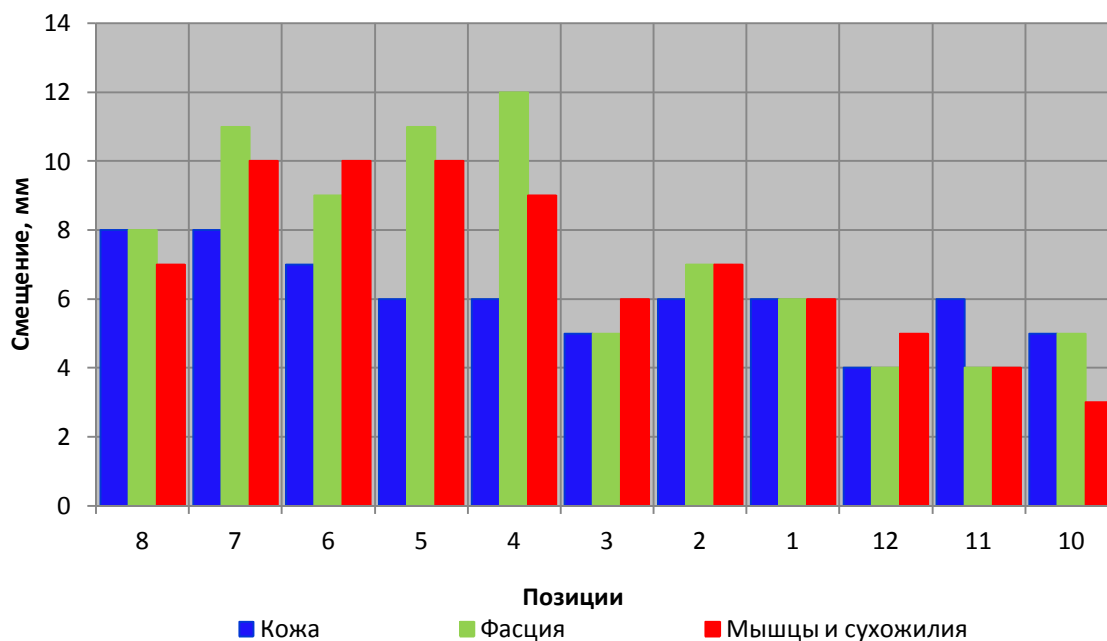


Рис. 7.36. Диаграмма величин смещения мягких тканей, уровень IX (кубовидная кость)

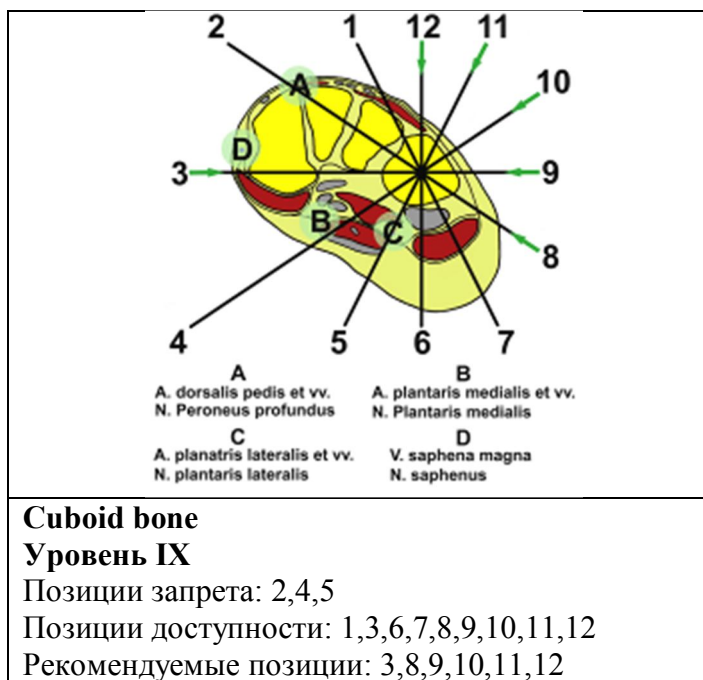


Рис. 7.37. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень IX (кубовидная кость)

7.7. Уровень X

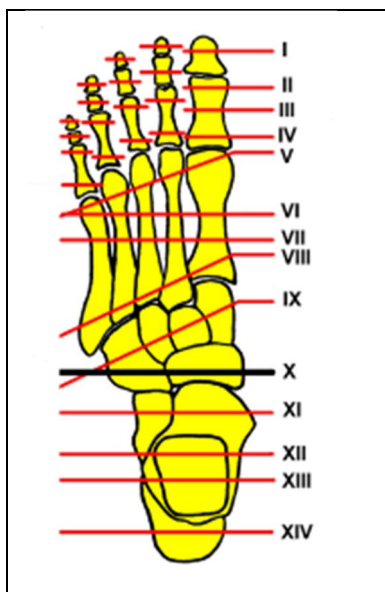


Рис. 7.38. Уровень X: ладьевидная и кубовидная кости стопы

Уровень X проходит через ладьевидную и кубовидную кости (рис.7.38). С подошвенной стороны этого сегмента лежит большой мышечный пласт и величина его смещения при сгибании и разгибании фаланг пальцев превышает 10 мм. Кроме того, здесь проходят крупные сосудисто-нервные пучки, что ограничивает доступность костей для проведения чрескостных элементов с этой стороны. Наоборот, тыльная и боковые поверхности содержат малое количество мягких тканей, величина их смещения на этом уровне менее 10 мм (рис.7.39 и 7.41). Кроме этого, с данной стороны проходит мало крупных сосудов и нервов. Таким образом, тыльная и боковые поверхности стопы более доступны для проведения чрескостных элементов (рис. 7.40 и 7.42).

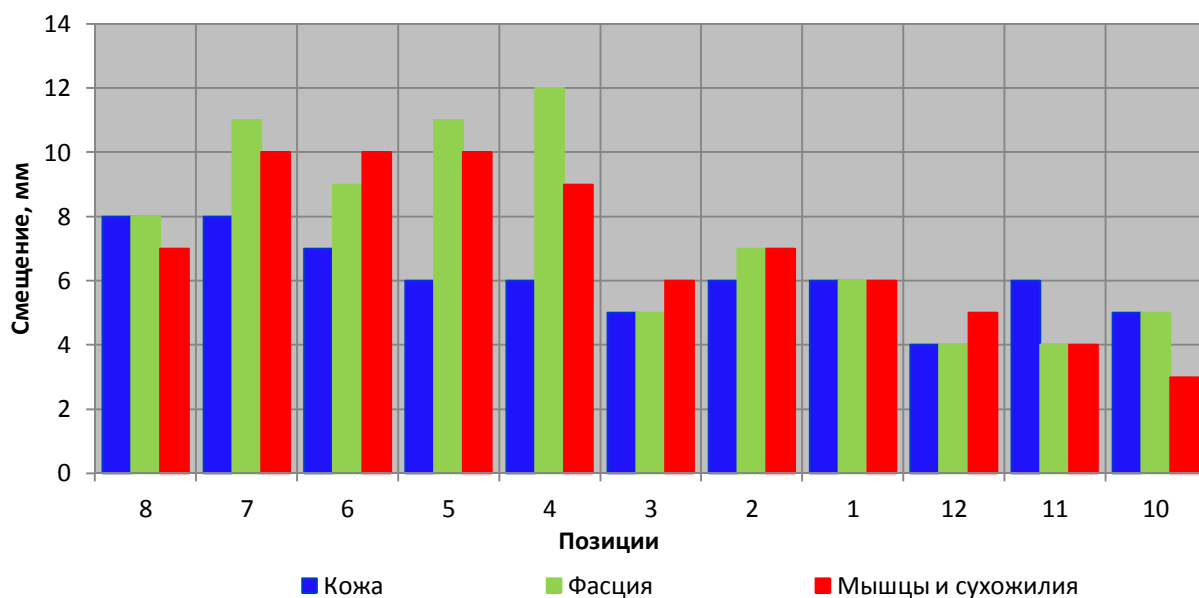


Рис. 7.39. Диаграмма величин смещения мягких тканей, уровень X (ладьевидная кость)

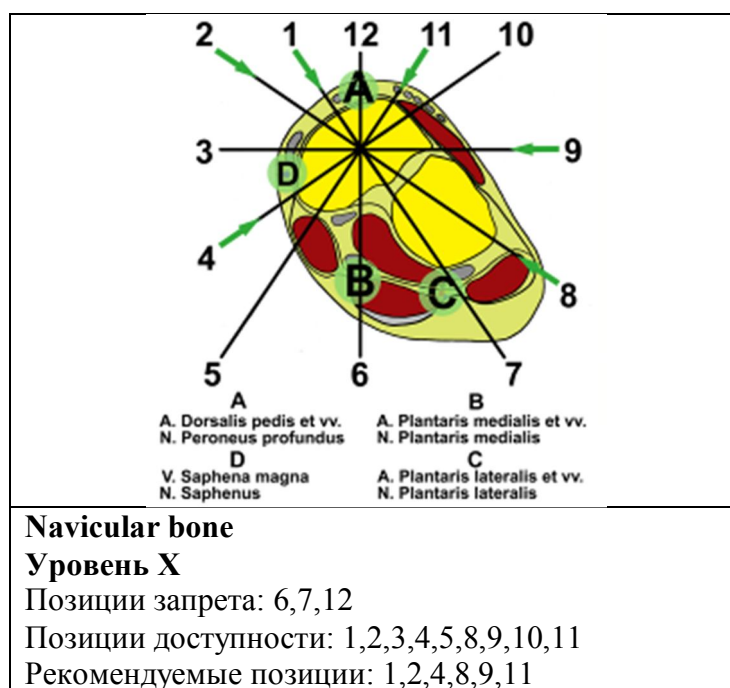


Рис. 7.40. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень X (ладьевидная кость)

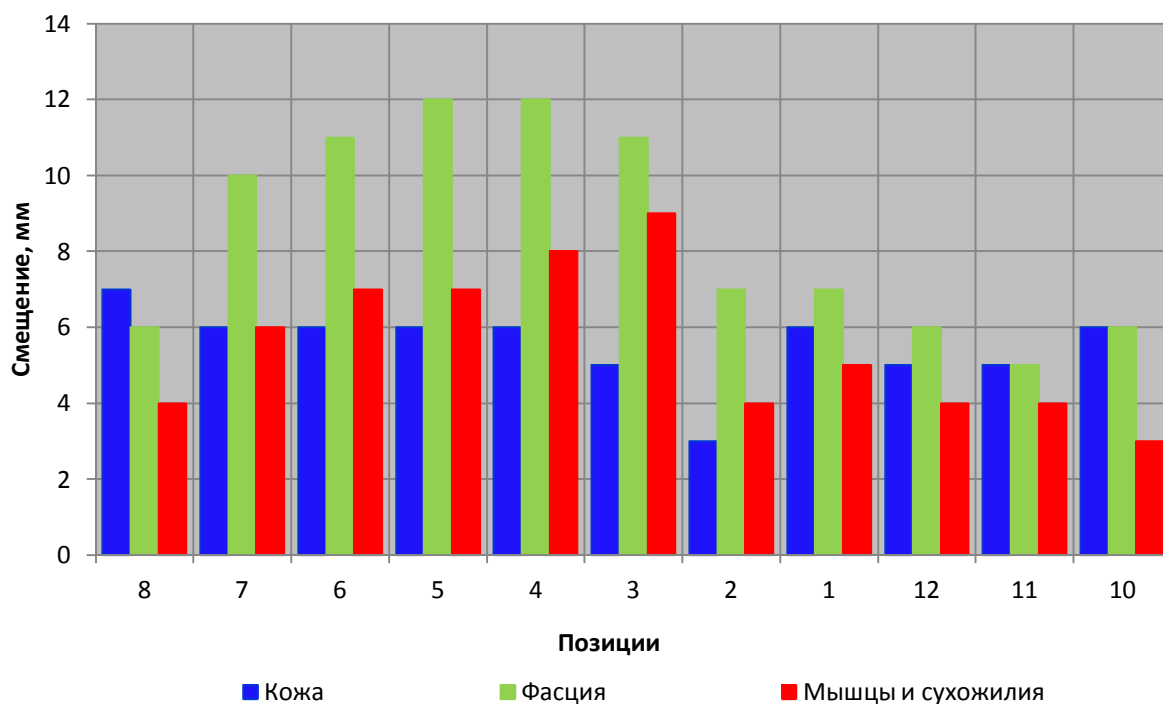


Рис. 7.41. Диаграмма величин смещения мягких тканей: уровень X (кубовидная кость)

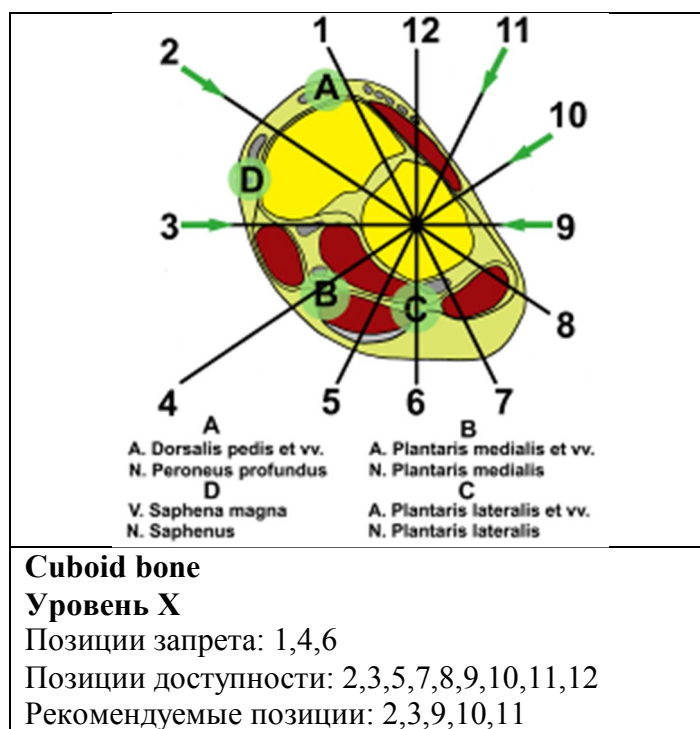


Рис. 7.42. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень X (кубовидная кость)

7.8. Уровни XI-XIV

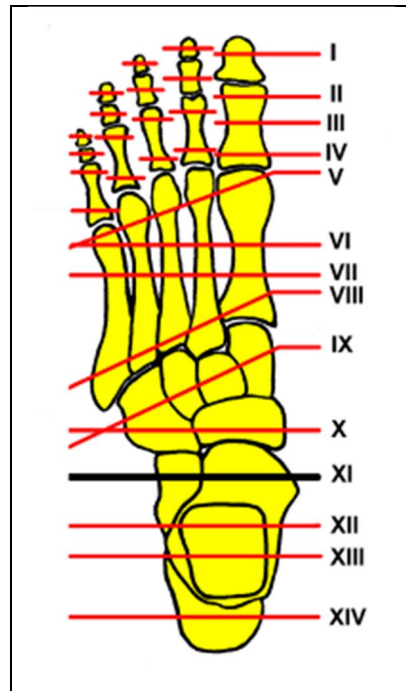


Рис. 7.43. Уровень XI: таранная и пяточная кости

Скелет заднего отдела стопы представлен таранной и пяточной костями. В передней части, уровень XI и XII, эти кости практически со всех сторон окружают мягкие ткани, которые являются достаточно подвижными. Так как здесь практически со всех сторон прилегают влагалища мышц. А с подошвенной стороны находится большой мышечный массив. Поэтому в проекции большинства позиций смещаемость мягких тканей превышает 10 мм (рис. 7.44 и 7.46).

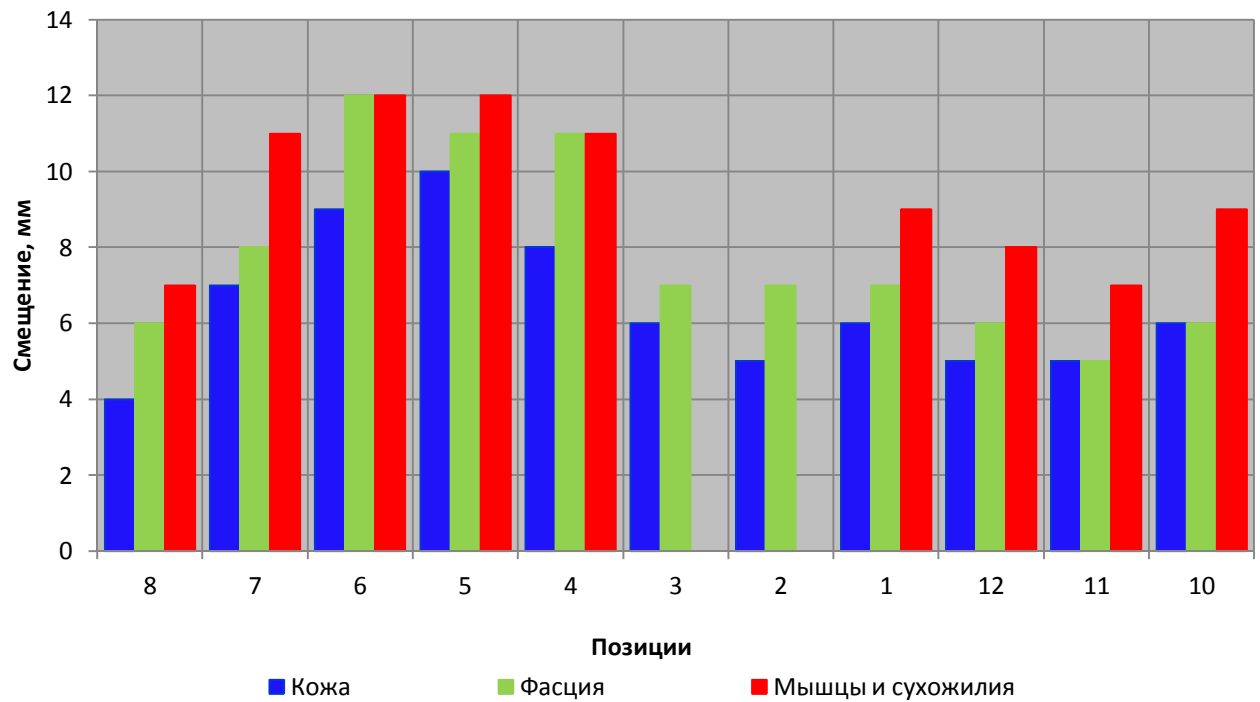


Рис. 7.44. Диаграмма величин смещения мягких тканей, уровень XI (таранная кость)

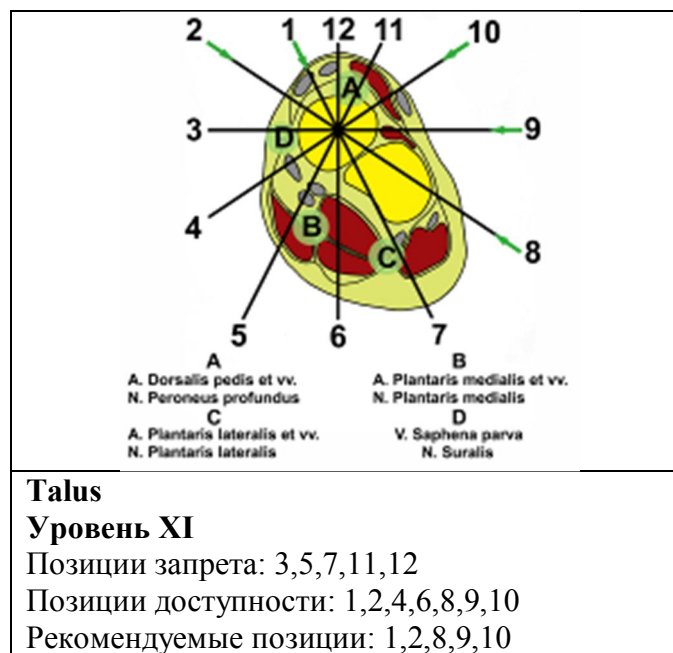


Рис. 7.45. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень XI (таранная кость)

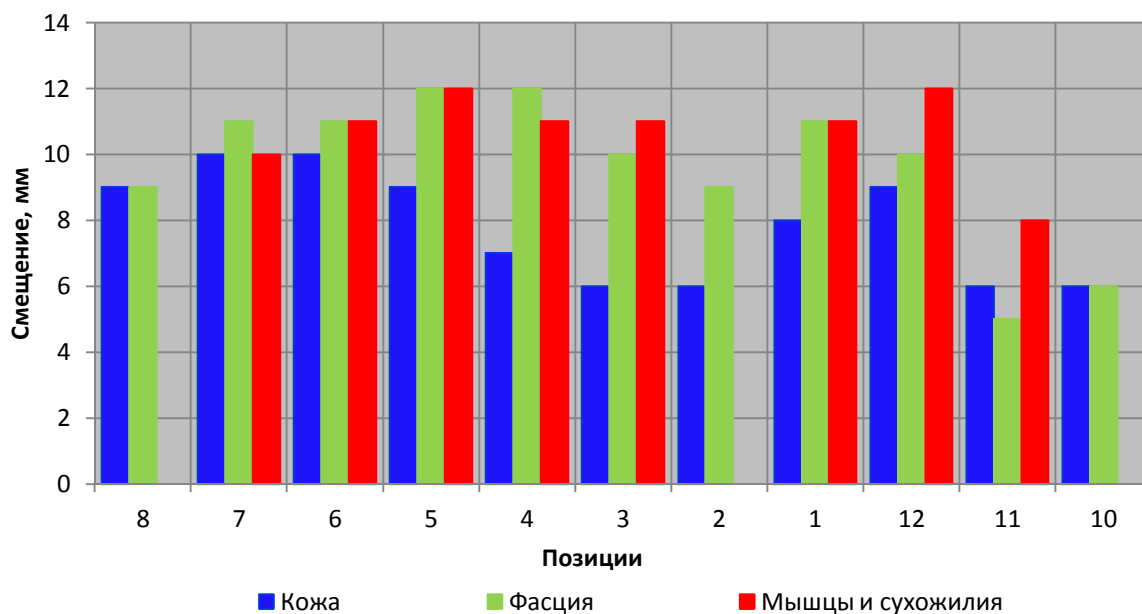


Рис. 7.46. Диаграмма величин смещения мягких тканей, уровень XI (пяточная кость)

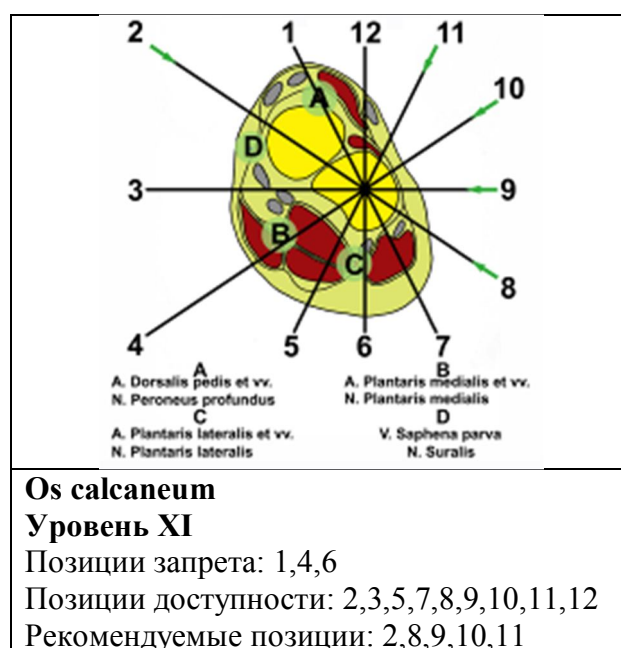


Рис. 7.47. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень XI (пяточная кость)

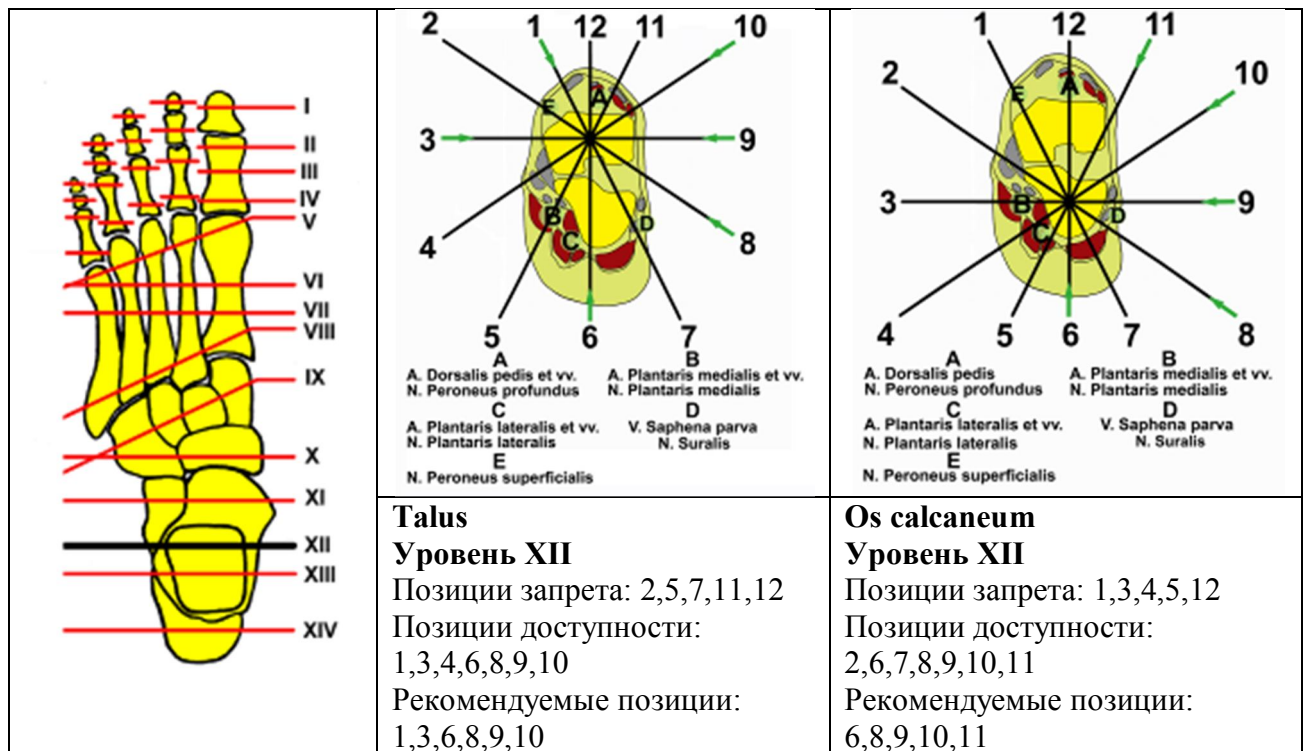


Рис. 7.48. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень XII (таранная и пяточная кости)

Пяточная и таранная кости на уровне XIII менее окружены подвижными мягкоткаными структурами. С верхней поверхности доступ к таранной кости ограничен большеберцовой и малоберцовой костями. Кроме того, с внутренней стороны на этом уровне проходят крупные сосуды (рис. 7.49).

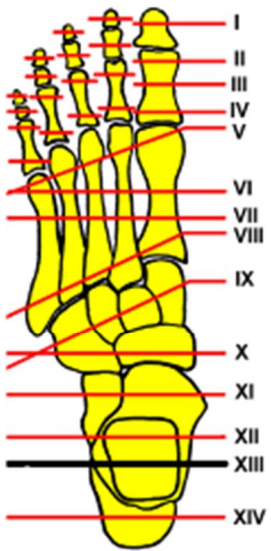
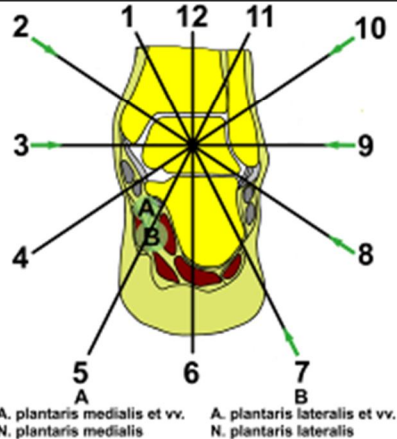
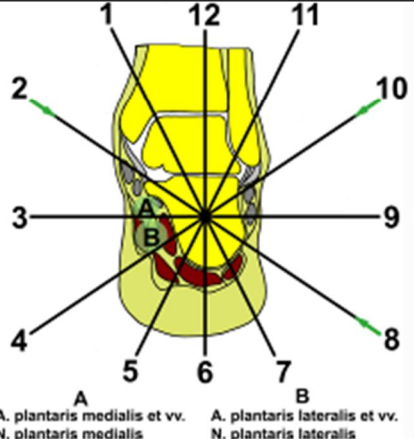
	
 A. plantaris medialis et vv. N. plantaris medialis A. plantaris lateralis et vv. N. plantaris lateralis	 A. plantaris medialis et vv. N. plantaris medialis A. plantaris lateralis et vv. N. plantaris lateralis
Talus Уровень XIII Позиции запрета: 4,5 Позиции доступности: 1,2,3,6,7,8,9,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 2,3,7,8,9,10	Os calcaneum Уровень XIII Позиции запрета: 3,4 Позиции доступности: 1,2,5,6,7,8,9,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 2,8,10

Рис. 7.49. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень XIII (таранная и пяточная кости)

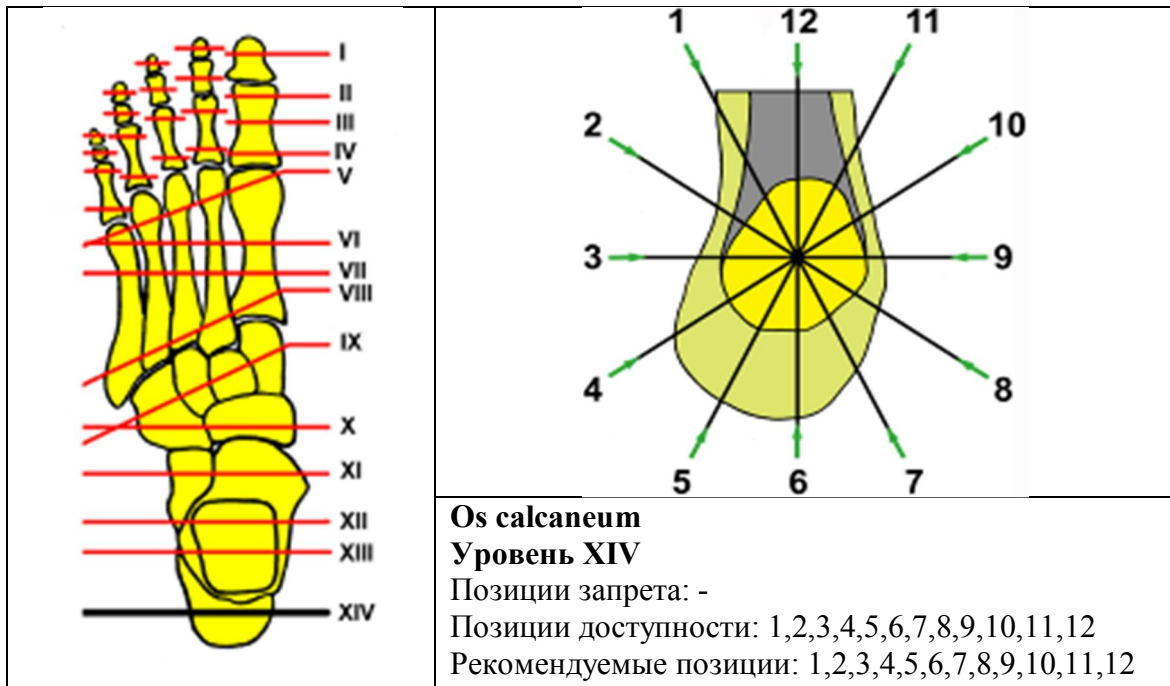


Рис. 7.50. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, уровень XIV (пяточная кость)

В проекции уровня XIV располагается тело пяточной кости (рис.7.50). Отсутствие крупных сосудов и нервов, а так же малая величина смещения мягких тканей делает эту часть кости максимально доступной для чрескостных элементов.

7.9. Косые уровни I-III

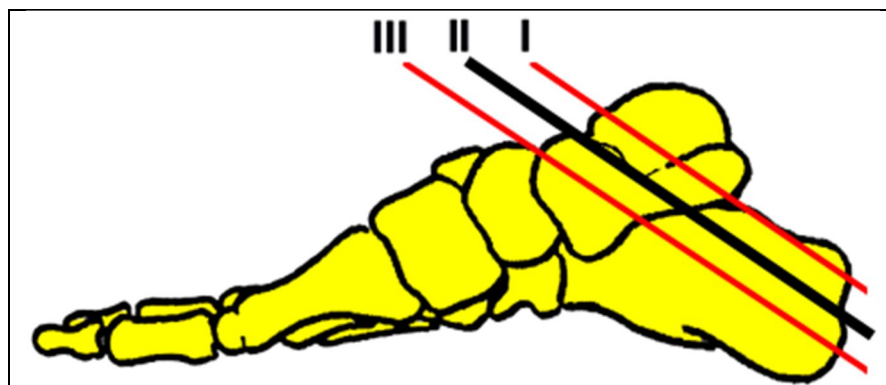


Рис. 7.51. Косой уровень II: таранная и пяточная кости

Косые срезы заднего отдела стопы охватывают таранную и пяточную кости (рис. 7.51, 7.53, 7.55-7.57). Величина смещения мягких тканей на этих уровнях превышает 10 мм только в позициях 11, 12 и 1 (рис.7.52, 7.54). Но плотное

окружение со всех сторон сухожилиями и сосудисто-нервными пучками также очень ограничивает места проведения чрескостных элементов.

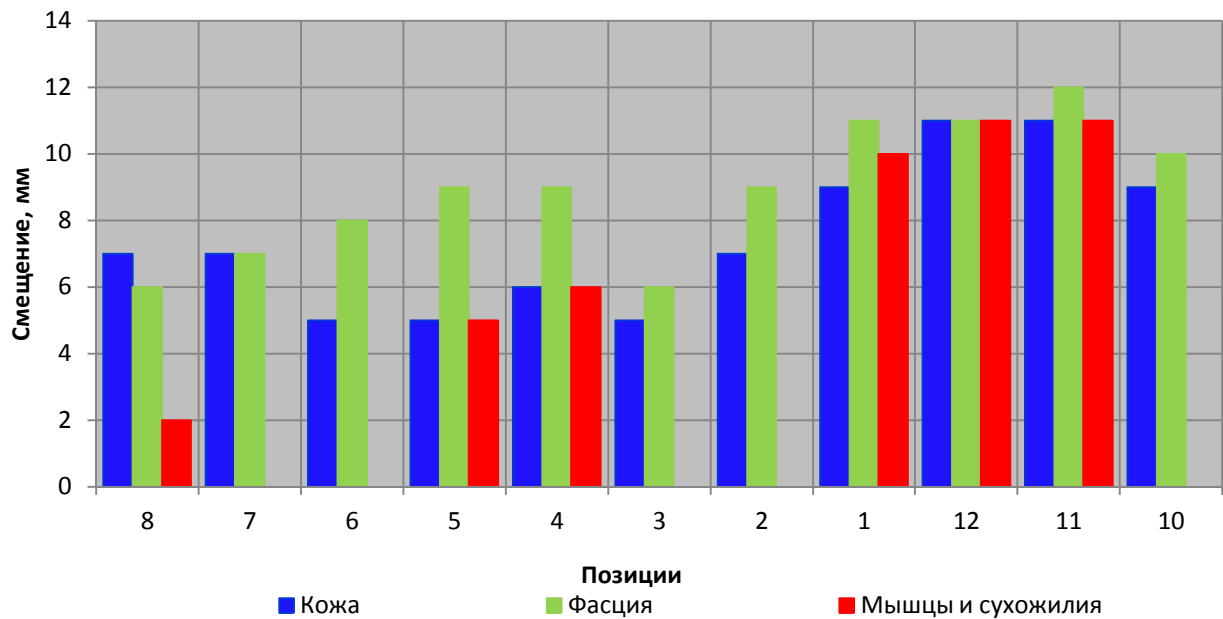


Рис. 7.52. Диаграмма величин смещения мягких тканей, косой уровень II (таранная кость)

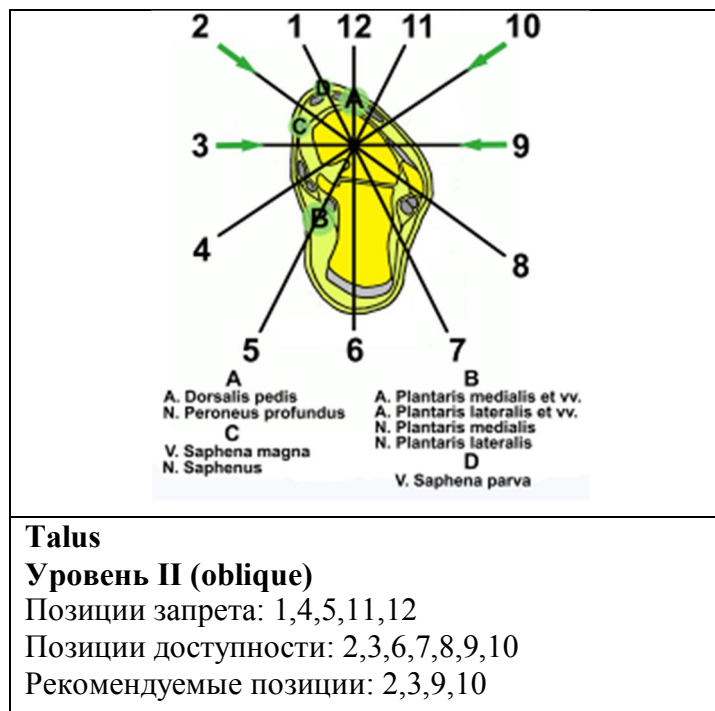


Рис. 7.53. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, косой уровень II (таранная кость)

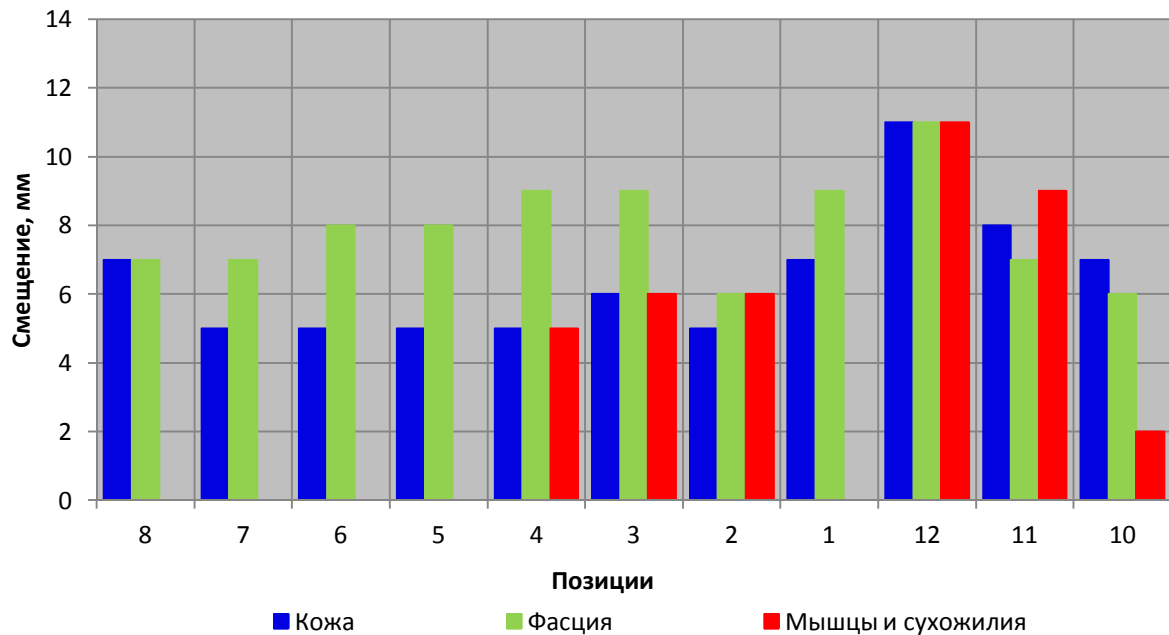


Рис. 7.54. Диаграмма величин смещения мягких тканей, косой уровень II (пяточная кость)

Для таранной кости здесь имеется большое количество позиций запрета, так на таранной кости косой уровень II включает позиции запрета: 1, 4, 5, 11, 12, а сзади доступ закрывает пяточная кость (рис. 7.53). Наоборот, пяточная кость, на косом уровне II, позиций запрета имеет не много: 1,2 и 12, а ограничение доступности таранной костью спереди не значительно (рис. 7.55).

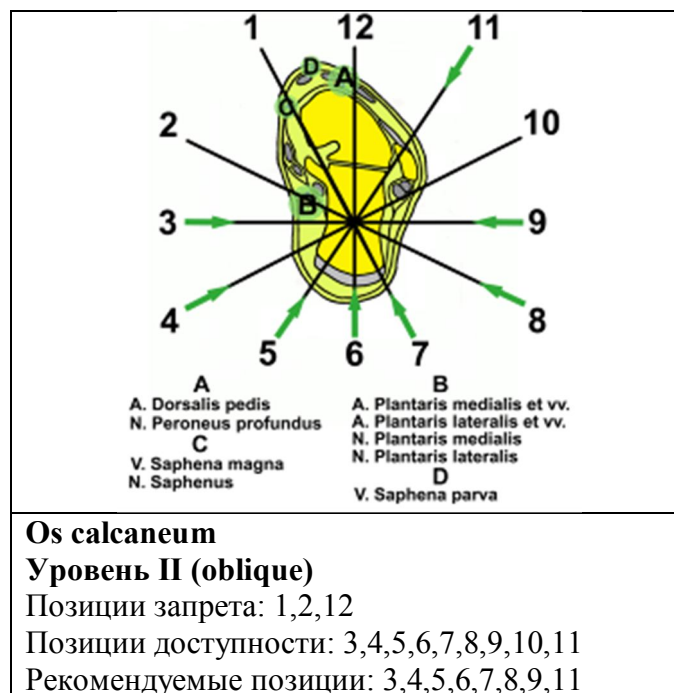


Рис. 7.55. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, косой уровень II (пяточная кость)

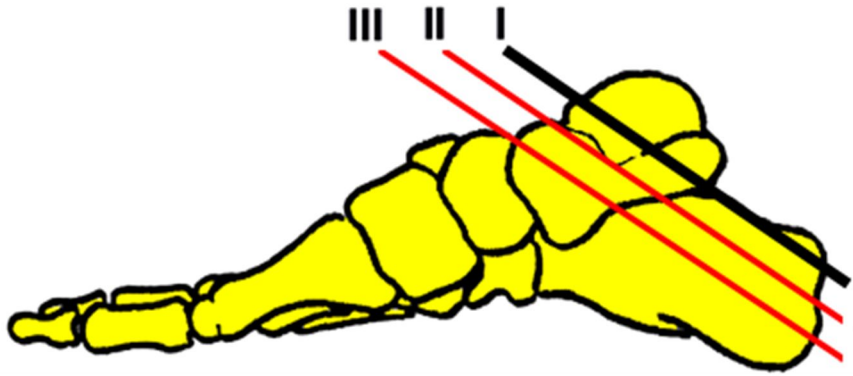
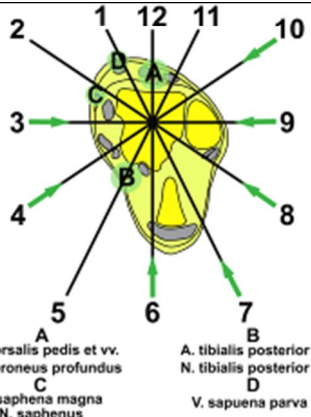
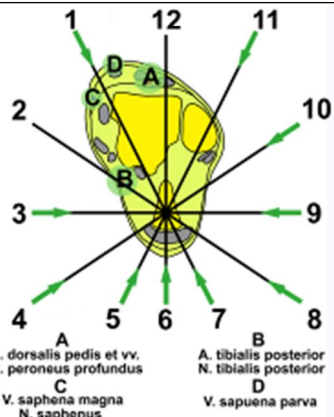
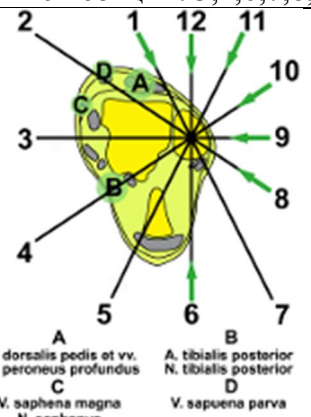
	
 Talus Уровень I (oblique) Позиции запрета: 1,2,5,12 Позиции доступности: 3,4,6,7,8,9,10,11 Рекомендуемые позиции: 3,4,6,7,8,9,10	 Os calcaneum Уровень I (oblique) Позиции запрета: 1,2,12 Позиции доступности: 1,3,4,5,6,7,8,9,10,11 Рекомендуемые позиции: 1,3,4,5,6,7,8,9,10,11
 Lateral malleolus Уровень I (oblique) Позиции запрета: 2,4 Позиции доступности: 1,3,5,6,7,8,9,10,11,12 Рекомендуемые позиции: 1,6,8,9,10,11,12	

Рис. 7.56. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, косой уровень I (таранная, пяточная кости и наружная лодыжка)

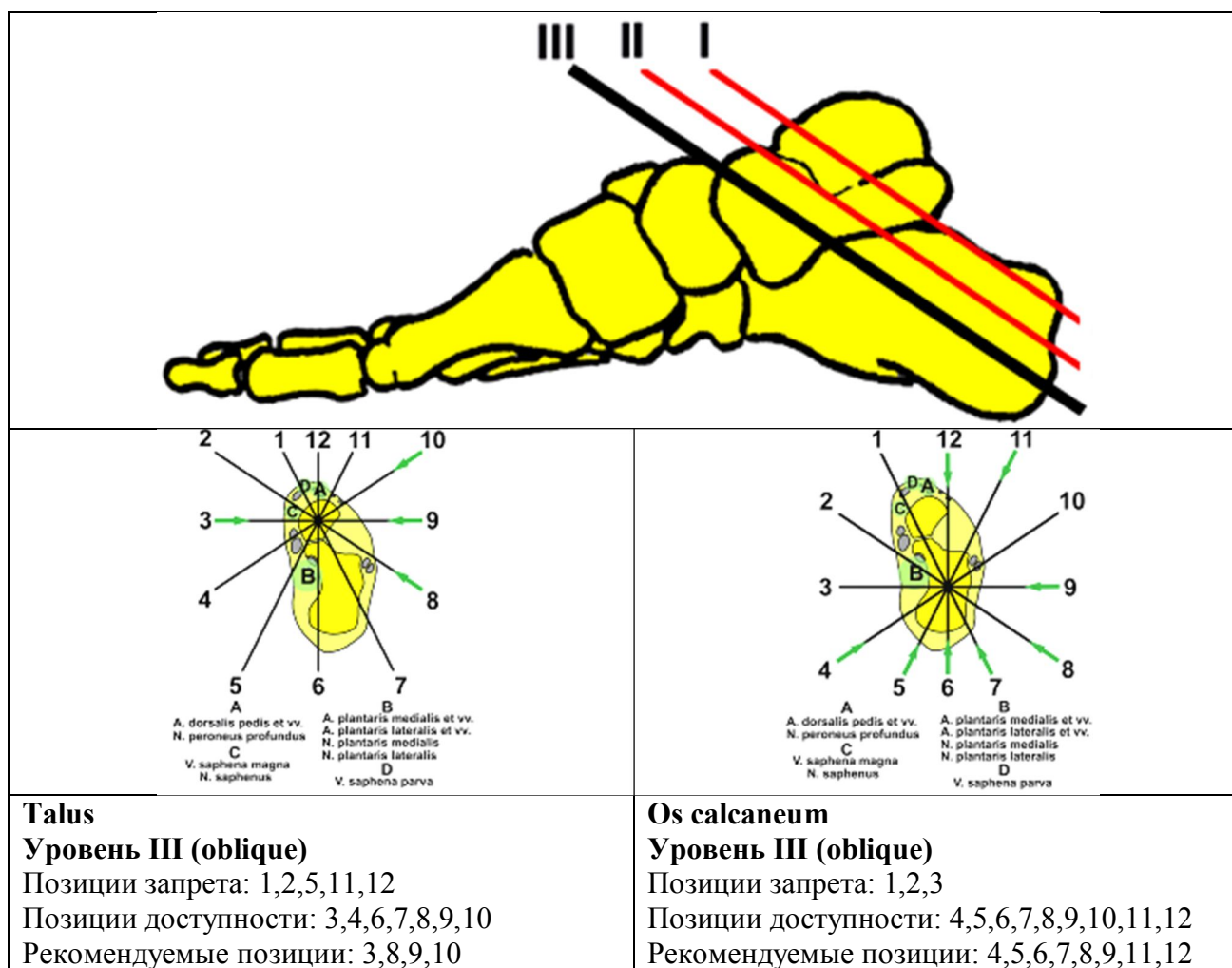


Рис. 7.57. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции, косой уровень III (таранная и пяточная кости)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

SF-36. Анкета оценки качества жизни (ИНСТРУКЦИИ)

Этот опросник содержит вопросы, касающиеся Ваших взглядов на свое здоровье. Предоставленная информация поможет следить за тем, как Вы себя чувствуете, и насколько хорошо справляетесь со своими обычными нагрузками. Ответьте на каждый вопрос, помечая выбранный Вами ответ так, как это указано. Если Вы не уверены в том, как ответить на вопрос, пожалуйста, выберите такой ответ, который точнее всего отражает Ваше мнение.

1. В целом Вы оценили бы состояние Вашего здоровья как (обведите одну цифру):

Отличное	1
Очень хорошее	2
Хорошее	3
Посредственное	4
Плохое	5

2. Как бы Вы в целом оценили свое здоровье сейчас по сравнению с тем, что было год назад? (обведите одну цифру)

Значительно лучше, чем год назад	1
Несколько лучше, чем год назад	2
Примерно так же, как год назад	3
Несколько хуже, чем год назад	4
Гораздо хуже, чем год назад	5

3. Следующие вопросы касаются физических нагрузок, с которыми Вы, возможно, сталкиваетесь в течение своего обычного дня. Ограничивает ли Вас состояние Вашего здоровья в настоящее время в выполнении перечисленных ниже физических нагрузок? Если да, то в какой степени? (обведите одну цифру в каждой строке)

	Вид физической активности	Да, значительно ограничивает	Да, немного ограничивает	Нет, совсем не ограничивает
а	Тяжелые физические нагрузки, такие как бег, поднятие тяжестей, занятие силовыми видами спорта	1	2	3
б	Умеренные физические нагрузки, такие как передвинуть стол, поработать с пылесосом, собирать грибы или ягоды	1	2	3
в	Поднять или нести сумку с продуктами	1	2	3
г	Подняться пешком по лестнице на несколько пролетов	1	2	3
д	Подняться пешком по лестнице на один пролет	1	2	3

е	Наклониться, встать на колени, присесть на корточки	1	2	3
ж	Пройти расстояние более одного километра	1	2	3
з	Пройти расстояние в несколько кварталов	1	2	3
и	Пройти расстояние в один квартал	1	2	3
к	Самостоятельно вымыться, одеться	1	2	3

4. Бывало ли за последние 4 недели, что Ваше физическое состояние вызывало затруднения в Вашей работе или другой обычной повседневной деятельности, вследствие чего (обведите одну цифру в каждой строке):

		Да	Нет
а	Пришлось сократить количество времени, затрачиваемого на работу или другие дела	1	2
б	Выполнили меньше, чем хотели	1	2
в	Вы были ограничены в выполнении какого-либо определенного вида работы или другой деятельности	1	2
г	Были трудности при выполнении своей работы или других дел (например, они потребовали дополнительных усилий)	1	2

5. Бывало ли за последние 4 недели, что Ваше эмоциональное состояние вызывало затруднения в Вашей работе или другой обычной повседневной деятельности, вследствие чего (обведите одну цифру в каждой строке):

		Да	Нет
а	Пришлось сократить количество времени, затрачиваемого на работу или другие дела	1	2
б	Выполнили меньше, чем хотели	1	2
в	Выполняли свою работу или другие дела не так аккуратно, как обычно	1	2

6. Насколько Ваше физическое состояние или эмоциональное состояние в течении последних 4 недель мешало Вам проводить время с семьей, друзьями, соседями или в коллективе? (обведите одну цифру)

Совсем не мешало 1
 Немного 2
 Умеренно 3
 Сильно 4
 Очень сильно 5

7. Насколько сильную физическую боль Вы испытывали за последние 4 недели? (обведите одну цифру)

Совсем не испытывал(а) 1
 Очень слабую 2
 Слабую 3
 Умеренную 4
 Сильную 5
 Очень сильную 6

8. В какой степени боль в течение последних 4 недель мешала Вам заниматься Вашей нормальной работой, включая работу вне дома и по дому? (обведите одну цифру)

Совсем не мешало 1
 Немного 2
 Умеренно 3
 Сильно 4
 Очень сильно 5

9. Следующие вопросы касаются того, как Вы себя чувствовали, и каким было Ваше настроение в течение последних 4 недель. Пожалуйста, на каждый вопрос дайте один ответ, который наиболее соответствует Вашим ощущениям. Как часто в течение последних 4 недель (обведите одну цифру в каждой строке):

		Все время	Большу ю часть времени	Част о	Иногд а	Редк о	Ни раз у
1	2	3	4	5	6	7	8
а	Вы чувствовали себя бодрым(ой)?	1	2	3	4	5	6
б	Вы сильно нервничали?	1	2	3	4	5	6
в	Вы чувствовали себя таким(ой) подавленным(ой), что ничто не могло Вас взбодрить?	1	2	3	4	5	6
г	Вы чувствовали себя спокойным(ой) и умиротворенным(ой)?	1	2	3	4	5	6
д	Вы чувствовали себя полным(ой) сил и энергии?	1	2	3	4	5	6
е	Вы чувствовали себя упавшим(ей) духом и печальным(ой)?	1	2	3	4	5	6
ж	Вы чувствовали себя измученным(ой)?	1	2	3	4	5	6
з	Вы чувствовали себя счастливым(ой)?	1	2	3	4	5	6
и	Вы чувствовали себя уставшим(ей)?	1	2	3	4	5	6

10. Как часто в последние 4 недели Ваше физическое или эмоциональное состояние мешало Вам активно общаться с людьми? Например, навещать родственников, друзей и т.п. (обведите одну цифру)

Все время 1
 Большую часть времени 2
 Иногда 3
 Редко 4
 Ни разу 5

11. Насколько ВЕРНЫМ или НЕВЕРНЫМ представляется по отношению к Вам каждое из ниже перечисленных утверждений? (обведите одну цифру в каждой строке)

		Определенно верно	В основном верно	Не знаю	В основном неверно	Определенно неверно
а	Мне кажется, что я более склонен к болезням, чем другие	1	2	3	4	5
б	Мое здоровье не хуже, чем у большинства моих знакомых	1	2	3	4	5
в	Я ожидаю, что мое здоровье ухудшится	1	2	3	4	5
г	У меня отличное здоровье	1	2	3	4	5

Методика вычисления основных показателей по опроснику SF-36

Показатели	Вопросы	Минимальное и максимальное значения	Возможный диапазон значений
Физическое функционирование (PF)	3а, 3б, 3в, 3г, 3д, 3е, 3ж, 3з, 3и, 3к.	10 – 30	20
Ролевое (физическое) функционирование (RP)	4а, 4б, 4в, 4г.	4 – 8	4
Боль (P)	7, 8.	2 – 12	10
Общее здоровье (GH)	1, 11а, 11б, 11в, 11г	5 – 25	20
Жизнеспособность (VT)	9а, 9д, 9ж, 9и.	4 – 24	20
Социальное функционирование (SF)	6, 10.	2 – 10	8
Эмоциональное функционирование (RE)	5а, 5б, 5в.	3 - 6	3
Психологическое здоровье (MH)	9б, 9в, 9г, 9е, 9з.	5 – 30	25

В пунктах 6, 9а, 9д, 9г, 9з, 10, 11 – производится обратный счет значений.

Формула вычисления значений: $\left[\text{(реальное значение показателя)} - \text{(минимально возможное значение показателя)} \right] : \text{(возможный диапазон значений)} \square 100$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

3.1. Шкала оценки среднего отдела стопы (всего 100 баллов) AOFAS

Американское ортопедическое общество стопы и голеностопного сустава

(Midfoot Scale (100 Points Total))

Боль (40 баллов)

- | | |
|------------------------------|----|
| - Нет | 40 |
| - Легкая, периодически | 30 |
| - Умеренная, ежедневно | 20 |
| - Значительная, почти всегда | 0 |

Функция (45 баллов)

Ограничение подвижности, необходимость в дополнительной опоре

- | | |
|---|----|
| - Нет ограничений и доп. опоры | 10 |
| - Нет ограничений ежедневной активности, ограничение в спорте, нет доп. опоры | 7 |
| - Ограничена ежедневная и спортивная активность, трость | 4 |
| - Существенное ограничение активности, ходьбы, костыли, коляска, брейс | 0 |

Максимальная пешая дистанция, кварталы

- | | |
|-----------|---|
| - более 6 | 5 |
| - 4-6 | 4 |
| - 1-3 | 2 |
| - менее 1 | 0 |

Требования к обуви

- | | |
|---|---|
| - Обычная и простая обувь на каждый день. Без дополнительных вставок. | 5 |
| - Комфортная обувь, ортопедические вставки | 3 |
| - Ортопедическая индивидуальная обувь или брейсы | 0 |

Поверхность для ходьбы

- | | |
|---|----|
| - Нет затруднений по любой поверхности | 10 |
| - Некоторое затруднение при ходьбе по неровным рельефам, ступеням, уклонам | 5 |
| - Существенное затруднение при ходьбе по неровным рельефам, ступеням, уклонам | 0 |

Нарушения походки

- | | |
|--------------------------|----|
| - Нет или незначительные | 10 |
| - Заметные | 5 |
| - Выраженные | 0 |

Свод стопы (15 баллов)

- Свод стопы обычной формы, ходьба с амортизацией, средний отдел без деформации 15
- Нарушение свода стопы, выявляется деформация среднего отдела, болей нет 8
- Полное отсутствие свода, выраженная деформация среднего отдела стопы, наличие болей 0

3.2. Шкала оценки заднего отдела стопы (всего 100 баллов) AOFAS

Американское ортопедическое общество стопы и голеностопного сустава

(Ankle-Hindfoot Scale (100 Points Total))

The American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS)

Боль (40 баллов)

- Нет 40
- Легкая, периодически 30
- Умеренная, ежедневно 20
- Значительная, почти всегда 0

Функция (50 баллов)

Ограничение подвижности, необходимость в дополнительной опоре

- Нет ограничений и доп. опоры 10
- Нет ограничений ежедневной активности, ограничение в спорте, нет доп. опоры 7
- Ограничена ежедневная и спортивная активность, трость 4
- Существенное ограничение активности, ходьбы, костыли, коляска, брейс 0

Максимальная пешая дистанция, кварталы

- более 6 5
- 4-6 4
- 1-3 2
- менее 1 0

Поверхность для ходьбы

- Нет затруднений по любой поверхности 5
- Некоторое затруднение при ходьбе по неровным рельефам, ступеням, уклонам 3
- Существенное затруднение при ходьбе по неровным рельефам, ступеням, уклонам 0

Нарушение походки

- Нет, легкое 8
- Заметное 4
- Значительное 0

Сагиттальные движения (сгибание+разгибание)

- | | |
|--|---|
| - В норме или легкое ограничение ($\geq 30^0$) | 8 |
| - Умеренное ограничение (15^0 - 29^0) | 4 |
| - Существенное ограничение (менее 15^0) | 0 |

Движения в заднем отделе стопы (инверсия+эверсия)

- | | |
|--|---|
| - В норме или слегка ограничены (75%-100% от нормы) | 6 |
| - Умеренное ограничение (25%-74% от нормы) | 3 |
| - Существенное ограничение (менее, чем 25% от нормы) | 0 |

Стабильность заднего отдела стопы (передне-задняя, варус-вальгус)

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Стабильная | 8 |
| - Определенная нестабильность | 0 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Опросник LEFS

Вид деятельности	Выраженные трудности или невозможность	Значительные трудности	Умеренные трудности	Небольшие трудности	Нет трудностей
1. Какие-либо трудности с работой, домашней работой, школой	0	1	2	3	4
2. Ваше обычное хобби, отдых, спортивные занятия	0	1	2	3	4
3. Пользование ванной	0	1	2	3	4
4. Передвижение по квартире	0	1	2	3	4
5. Надевание обуви, носков	0	1	2	3	4
6. Сидение на корточках	0	1	2	3	4
7. Поднимание предметов, например сумки с продуктами с пола	0	1	2	3	4
8. Тяжелая работа по дому	0	1	2	3	4
9. Тяжелая работа во дворе	0	1	2	3	4
10. Посадка и высадка из автомобиля	0	1	2	3	4
11. Прогулка (два квартала)	0	1	2	3	4
12. Прогулка (два километра)	0	1	2	3	4
13. Спуск или подъем по лестнице на 10 ступенек	0	1	2	3	4
14. Стояние в течение одного часа	0	1	2	3	4
15. Сидение в течение одного часа	0	1	2	3	4
16. Бег по ровной местности	0	1	2	3	4
17. Бег по неровной местности	0	1	2	3	4
18. Резкие повороты во время бега	0	1	2	3	4
19. Прыжки	0	1	2	3	4
20. Повороты в кровати	0	1	2	3	4