

**ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДИАТРИЧЕСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**На правах рукописи**

**Аль Двеймер Исмаил Халиль**

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ И МОНИТОРИНГЕ  
СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ  
HALLUX VALGUS**

**14.01.15 – травматология и ортопедия**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**на соискание ученой степени**

**кандидата медицинских наук**

**Научный руководитель:  
доктор медицинских наук  
профессор Ю. А. Безгодков**

**Санкт-Петербург**

**2017**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Глава 1. HALLUX VALGUS И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ЕГО ХИРУРГИЧЕСКУЮ КОРРЕКЦИЮ (обзор литературы) .....	16
1.1. Данные об этиологии, патогенезе и распространенности hallux valgus .....	16
1.2. Принципы хирургического лечения больных с hallux valgus и другими деформациями стоп .....	19
1.3. Применение биомеханических методов мониторинга для хирургического лечения больных с hallux valgus и другими деформациями стоп .....	31
1.4. Отечественные диссертационные и другие исследования больных с hallux valgus и статическими деформациями стоп .....	42
1.5. Резюме .....	43
Глава 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛЬНЫХ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	45
2.1. Принципы выполнения исследования .....	45
2.2. Общая характеристика пациентов .....	47
2.3. Методы исследования .....	48
2.3.1. Клиническое обследование больного .....	48
2.3.2. Методы лучевой диагностики .....	57
2.3.3. Биомеханическая оценка статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» .....	59
2.3.4. Статистический анализ .....	64
Глава 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ HALLUX VALGUS И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ....	66
3.1. Новый «способ лечения вальгусной деформации первого пальца и варусной деформации первой плюсневой кости стопы» (патент на изобретение РФ №2565374) .....	66

3.2. Новый «способ оценки функционального укорочения нижней конечности» (патент на изобретение РФ №2532880, не имеет аналогов – «пионерский») ....	72
3.3. Резюме .....	77
Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ И МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ С HALLUX VALGUS ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ .....	78
4.1. Результаты клинико-рентгенологического обследования больных с hallux valgus до и после хирургического лечения .....	78
4.1.1. Предоперационная оценка .....	78
4.1.2. Оценка результатов лечения .....	86
4.2. Результаты биомеханической оценки статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» .....	92
4.2.1. Результаты биомеханической оценки статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» в контрольной группе .....	92
4.2.2. Результаты биомеханической оценки статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» у больных после хирургического лечения hallux valgus .....	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	130
ВЫВОДЫ .....	139
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	141
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	143

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Проблема лечения больных с деформацией hallux valgus, часто сочетающейся с другими статическими деформациями стоп, сохраняет свою актуальность до настоящего времени. Она определяется широкой распространенностью данной патологии, приводящей к существенному ухудшению качества жизни пациентов, необходимостью хирургического лечения, трудностью обоснованного выбора оптимальной методики среди большого числа существующих, наличием послеоперационных осложнений и остаточных клинических проявлений, ограниченным использованием современных биомеханических технологий для отбора наиболее эффективных существующих методик и разработки новых.

Плоскостопие, считающееся причиной hallux valgus и сочетающееся с ним, в начале прошлого века составляло 23,4% всех деформаций. Отмечалась максимальная интенсивность его развития в возрасте 10-20 лет, его выявляли у 40% военнослужащих и у 50% рабочих [Вреден Р.Р., 1930, 1936; Куслик М.И., 1935]. В настоящее время нарушение функций стопы вследствие ее деформаций так же часто приводит к существенным ограничениям в активной жизни человека.

Плоскостопие диагностируется в возрасте 6-9 лет у 44% детей, а к 11-14 годам – у 53,6% [Андрианов В.Л. и др., 1988]. Около 40% детей и до 70–80% людей в возрасте 50–60 лет страдают статическими деформациями стоп и их дисфункцией разной степени [Свириденок А.И. и др., 2008].

В США ежегодно около 85 миллионов жителей обращаются к врачам с жалобами, связанными с нарушением функции стопы, в том числе до 15% из них взрослые. Hallux valgus страдает более 3,6 миллиона американцев, что составляет более 1% населения, а среди женщин старше 60 лет их насчитывается 9% [Корнилов Н.В., 2006; DuVries H., 1959; Karasick D. et al., 1990; John M.M. et al., 2010].

Hallux valgus считается относительно частой деформацией у детей и подростков (22-36%) и преобладает у девочек. Частая причина в этом возрасте – гипермобильность плюснефалангового сустава и косое расположение эпифиза I плюсневой кости, при этом, несмотря на молодость, ряд пациентов вынуждены

лечиться хирургически [Petratos D.V. et al., 2008].

Hallux valgus в сочетании с поперечным плоскостопием считается наиболее распространенной (до 64%) статической деформацией стопы и преобладает среди женщин (до 98%) [Мерков А.М. и др., 1974; Воронцов А.В. и др., 1976; Волкова З.А. и др., 1980; Попов А.В. и др., 2000; Несенюк Е.Л., 2000; Черкес-Заде Д.И. и др., 2002; Процко В.Г., 2004; Беленький А.Г., 2005; Корнилов Н.В., 2006; Богданов С.В., 2006; Макинян Л.Г., 2009; Barouk L.S. et al., 1991].

Плоскостопие составляет 26,4% от всей ортопедической патологии и занимает первое место (81,5%) среди деформаций стоп, а второе – деформация hallux valgus, сочетающаяся с продольным плоскостопием у 75-78% больных и у 100% - с поперечным [Котельников Г.П., Миронов С.П., Мирошниченко В.Ф., 2006].

Отмечается частое сочетание поперечного плоскостопия и hallux valgus с патологией клапанов вен нижних конечностей (35%) [Батенкова Г. И., 1975, Савинцев А.М., 2006].

Данная патология значима и для Вооруженных Сил, в частности из-за высокой степени распространенности среди военнослужащих женщин [Ткаченко С.С., 1985, Шаповалов В.М., 2004; Гамолин С.В., 2011].

Медицинская и социальная значимость данной патологии заключается в том, что ей часто страдают люди трудоспособного возраста, нуждающиеся в высоких функциональных способностях [Карданов А.А., 2008]. Вальгусное отклонение I пальца стопы приводит к серьезным физическим и моральным страданиям пациентов [Дегтярь Д.И., 1976; Кузьмин В.И., 2003]. Больные жалуются на боль и чувство скованности в переднем отделе стопы после функциональной нагрузки, трудность или невозможность подобрать обычную, а иногда и ортопедическую обувь, косметический дефект, что делает человека малоподвижным, раздражительным и существенно ухудшает качество жизни, а тяжелые степени деформации могут приводить к инвалидности [Третьяков А.С. и др., 1967; Савинцев А.М., 2006; Saro C. et al., 2007].

Существуют различные консервативные методики лечения и профилактики вальгусного отклонения I пальца и других деформаций стоп [Аржанникова Е.Е. и

др., 1991, 1996, 1999; Батенкова Г.И. и др., 1983; Болотова, А.Ф., 1976, 1978; Болтрукевич С.И. и др., 2006; Гаджиев М.Г. и др., 1994; Карапетян С.В. и др., 2009, 2010; Кудрявцев В.А. и др., 2000, 2006, 2009; Менделевич И.А., 1989; Огородников В.И., 1988; Свириденко А.И. и др., 2009; Смирнова Л.М. и др., 1994; Michaud T.C., 1997; Wu K.K., 1990], однако, они неэффективны для устранения уже сформировавшейся деформации [Сорокин Е.П. и др., 2011]. Поэтому широко распространено хирургическое лечение, насчитывающее множество методик [Карданов А.А., 2009], которые можно сгруппировать следующим образом.

Резекционная артропластика: резекция основания проксимальной фаланги I пальца [Волошин Я.М., 1936; Keller W.L., 1904; Brandes M., 1924] с тенденцией к применению сберегательных модификаций [Marks R., 2009]; резекция головки I плюсневой кости [Вреден Р.Р., 1930; Mayo С.Н., 1908; Singley J.D., 1913]; краевая резекция выступающей медиальной части головки I плюсневой кости [Schede F., 1928; Silver D., 1923; McBride E.D., 1928].

Корректирующие остеотомии I плюсневой кости условно разделяют на дистальные, диафизарные и проксимальные.

Из дистальных остеотомий наиболее распространена «шеvronная» [Austin D.W. et al., 1981], имеющая различные модификации [Kitaoka et al., 1991; Mann R.A. et al., 1991; Vogler H.W., 1989].

Среди диафизарных остеотомий I плюсневой кости косые предложены раньше, но менее распространены сегодня [Beischer A.D. et al., 2005; Ludloff K., 1918; Mau C. et al., 1926], также как и «поперечная ступенеобразная» [Mitchell C. et al., 1958], а наиболее популярной стала Z-образная остеотомия SCARF [Barouk L.S., 2000; Weil L.S., 2000], неоднократно модифицированная [Barouk L.S., 1992, 2000; Gill L.H. et al., 1997; Kristen K.H. et al., 2002; Miller J.M. et al., 1994; Pollack R.A. et al., 1989].

Для дистальной «шеvronной» и SCARF остеотомий возможно специфическое осложнение - вколачивание фрагментов с потерей высоты кости (*metatarsus elevates*) и метатарзалгией. После применения методики SCARF выявлены осложнения: «вколачивание» - 35%, сращение с ротационной деформацией - 30%, перелом

плюсневой кости - 10%, ранний возврат деформации - 25% [Coetzee J.C., 2003].

Проксимальные остеотомии I плюсневой кости включают в себя закрытоугольные [Поликарпова Т.Ф., 1980; Loison M., 1901; Balacescu J., 1903], открытоугольные [Trethowan J., 1923; Trott A.W., 1972], «полулунную - crescentic» [Mann R.A. et al., 1981, 1992; Wester J.U., 2016], проксимальную «шеvronную» остеотомию [Sammarco G.J. et al., 1993]. Их достоинство – возможность значительной коррекции. С внедрением пластин и винтов с угловой стабильностью эти остеотомии стали использоваться чаще [Saragas N.P., 2009; Budny A.M. et al. 2009].

При гипермобильной стопе применяется корригирующий артродез I плюсне-клиновидного сустава [Альбрехт Г.А., 1911; Шаповалов В.М. и др., 2008; Юсевич Я.С. и др., 1966; Lapidus P.W., 1934].

Для выпрямления большого пальца при его деформации популярна закрытоугольная остеотомия основной фаланги [Akin O., 1925] или ее модификации.

Корригирующие остеотомии часто сочетаются с вмешательствами на мягких тканях I плюснефалангового сустава [Silver D., 1923; McBride E.D., 1928].

Использование представленных методик с учетом их достоинств и недостатков показывает, что оптимальные еще не выбраны [Canale S.T. et al., 2016]. При всех них возможны осложнения (10-55%), в том числе метатарзалгия (28,4%), рецидив hallux valgus (26,8%), hallux varus (5%), ятрогенный артроз и тугоподвижность I плюснефалангового сустава (5,2%), гиперэкстензия I пальца (1,5%) [Несенюк Е.Л., 2000; Машков В.М. и др., 2010; Петросян А.С., 2013; Barouk P., 2014; Duan X. et al., 2012; Maceira E. et al., 2014; Raikin S.M. et al., 2014; Richardson, E.G., 2013]. Большинство хирургов сходится во мнении, что оперативное лечение статических деформаций стоп эффективно, но в основном носит симптоматический характер [Корнилов Н.В., 2006; Карданов А.А., 2009; Saxena A., 2012].

Международное общество травматологов-ортопедов считает, что объективный патогенетический анализ с использованием современной биомеханики - основа дальнейшего совершенствования и формирования комплексного подхода к операциям, максимально устраняющим деформацию, восстанавливающим функцию

и косметический вид [Chao E.Y.S., 1996]. Несмотря на высокую информативность, биомеханические исследования при hallux valgus ограничены. Опубликованные данные не дают практикующему врачу до конца ясной и четкой картины эффективности применяемых сегодня методик. Поэтому дальнейшие исследования в этом направлении актуальны и позволят представить больше объективной информации о достоинствах и недостатках имеющихся и разрабатываемых методик, и, таким образом, улучшить результаты лечения больных.

### **Степень разработанности темы**

Вопрос выбора способа хирургического лечения больных с hallux valgus до сих пор является широко обсуждаемым. Исследование опубликованных данных указывает на то, что трудности выбора связаны с большим числом методик, при этом отсутствует достаточное обоснование их эффективности, представленное преимущественно клинико-рентгенологической оценкой. Операции часто носят «симптоматический» характер, то есть, направлены преимущественно на устранение основных компонентов деформации, следствием чего является неполное восстановление функции. Нередки осложнения.

Анализ публикаций показывает, что сегодня основной нерешенной задачей обоснованного выбора оперативной методики и дальнейшего совершенствования хирургического лечения больных с hallux valgus следует считать крайне ограниченное применение современных методов оценки функциональных результатов, позволяющих объективно оценивать эффективность применяемых методик.

В изученной литературе практически отсутствуют полноценные исследования, в которых с патогенетических позиций обосновывается целесообразность комплексной оценки и мониторинга функций стопы у здоровых людей и больных с hallux valgus до и после операции с использованием современных высокоинформативных биомеханических методов для улучшения эффективности лечения.

В связи с этим диссертационное исследование посвящено научному обоснованию применения биомеханических методов в комплексной оценке и

мониторинге состояния пациентов до и после хирургического лечения hallux valgus.

### **Цель исследования**

Улучшить результаты хирургического лечения больных с hallux valgus посредством разработки алгоритма оценки и мониторинга функций стопы с использованием современных высокоинформативных биомеханических методов.

### **Задачи исследования**

1. Изучить состояние опорной и двигательной функций стопы у здоровых людей с помощью компьютерного биомеханического комплекса «ДиаСлед».

2. Выявить наиболее информативные биомеханические показатели опорной и двигательной функций стопы для мониторинга больных, перенесших хирургическое лечение hallux valgus.

3. Разработать новый метод хирургического лечения, позволяющий более эффективно корректировать сложные деформации hallux valgus.

4. Провести сравнительный анализ основных статических и динамических биомеханических показателей у здоровых людей и больных, перенесших хирургическое лечение hallux valgus.

5. Предложить новый объективный способ оценки разной длины нижних конечностей для обследования больных с hallux valgus.

6. Разработать алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций у больных до и после хирургического лечения hallux valgus и апробировать его в клинике.

### **Научная новизна работы**

Впервые на большом клиническом материале определены количественные и качественные контрольные биомеханические показатели для сравнительной оценки состояния опорной и двигательной функций у больных с hallux valgus на основании обследования группы здоровых людей с помощью компьютерного комплекса «ДиаСлед».

В результате обследования большого контингента здоровых людей и больных с hallux valgus выявлены наиболее информативные биомеханические

показатели опорной и двигательной функций стоп, получаемые при использовании компьютерного комплекса «ДиаСлед», для мониторинга состояния этих пациентов в процессе лечения и динамического наблюдения.

Разработан новый более эффективный метод хирургического лечения сложных деформаций hallux valgus (патент на изобретение РФ №2565374).

На основании сравнительного анализа результатов обследования здоровых людей и больных определена динамика изменений основных статических и динамических биомеханических показателей до и после хирургического лечения hallux valgus методиками резекционной артропластики (Мейо - Вредена, Шеде - Брандеса), SCARF и предложенной.

Предложен новый объективный способ биомеханической оценки разной длины нижних конечностей у больных с hallux valgus (не имеющий аналогов «пионерский» патент на изобретение РФ №2532880).

Разработан и научно обоснован алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций в системе комплексного наблюдения за состоянием больных до и после хирургического лечения hallux valgus.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Выявленные количественные и качественные биомеханические показатели опорной и двигательной функций, полученные с помощью компьютерного комплекса «ДиаСлед» у здоровых людей, отражают их оптимальное состояние и могут использоваться как контрольные параметры для сравнительной оценки у больных с hallux valgus и другими деформациями стоп.

Установленные наиболее информативные биомеханические показатели опорной и двигательной функций больных с hallux valgus, получаемые при использовании компьютерного комплекса «ДиаСлед», позволяют улучшить диагностику состояния стоп пациента до лечения и в процессе динамического наблюдения.

Предложенный новый метод хирургического лечения hallux valgus (патент на изобретение РФ №2565374) позволяет эффективно корректировать сложные деформации hallux valgus и восстанавливать утраченную функцию.

Определение динамики основных статических и динамических биомеханических показателей, отражающих восстановительный процесс опорной и двигательной функций у больных, перенесших хирургическое лечение hallux valgus, позволяет оценивать его эффективность, а также диагностировать и прогнозировать некоторые осложнения.

Разработанный новый объективный способ биомеханической оценки разной длины нижних конечностей («пионерский» патент на изобретение РФ №2532880) позволяет точно оценивать и обоснованно компенсировать эту разницу у больных с hallux valgus.

Разработанный алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций в системе комплексного наблюдения за состоянием больных до и после хирургического лечения hallux valgus позволяет более обоснованно назначать лечебные и реабилитационные мероприятия и оценивать их эффективность по сравнению с традиционным клинико-рентгенологическим контролем.

### **Методология и методы исследования**

Методология диссертационного исследования построена на изучении и обобщении данных литературы по исследуемой теме, оценке степени ее разработанности и актуальности. В соответствии с поставленной целью и задачами разработан план выполнения всех этапов диссертационной работы, выбраны объекты исследования и подобран комплекс современных методов исследования. Объектами исследования стали 34 здоровых человека и 113 больных с деформацией hallux valgus. В исследовании использованы клинические, рентгенологические и функциональные (биомеханический диагностический комплекс «ДиаСлед») методы обследования. Математическая обработка данных проводилась с использованием современных компьютерных технологий. Исследование состоит из двух этапов. На первом этапе изучены механизмы обеспечения опорной и двигательной функций стоп у здоровых людей, для чего обследована группа из 34 человек без деформаций стоп и проявлений других заболеваний опорно-двигательной системы, полученные данные проанализированы, отобраны наиболее информативные нормативные показатели для сравнения с больными. На следующем этапе изучено влияние

различных методов хирургического лечения деформации hallux valgus на степень ее коррекции и восстановление опорной и двигательной функций стоп, для чего обследована группа из 113 больных, разделенная на подгруппы: в подгруппе I выполнялась резекционная артропластика I плюснефалангового сустава (операции Мейо - Вредена и Шеде - Брандеса), в подгруппе II - остеотомия SCARF, в подгруппе III - проксимальная ротационная остеотомия I плюсневой кости (синонимы: crescentic, полулунная, желобовидная, цилиндрическая). Результаты обследования больных сравнивались между подгруппами и группой здоровых людей. Полученные данные систематизированы и статистически обработаны. На основании этого сделаны выводы и даны практические рекомендации.

Обследование группы здоровых людей, обследование и лечение больных с hallux valgus выполнено на базах кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, в том числе в ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Р.Р.Вредена» Минздрава России.

Стабилометрию, динамометрию и подографию выполняли на современном биомеханическом диагностическом компьютерном комплексе «ДиаСлед» (ООО «ВИТ», ООО «ДиаСервис», Санкт-Петербург).

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

1. В системе комплексной оценки и мониторинга состояния здоровых людей и больных до и после хирургического лечения hallux valgus целесообразно использовать биомеханическую оценку наиболее информативных показателей опорной и двигательной функций диагностического комплекса «ДиаСлед», включающую стабилометрию, динамометрию, подографию.

2. Разработанную новую методику хирургического лечения hallux valgus (патент РФ №2565374) следует использовать для коррекции сложных деформаций, так как она позволяет более эффективно ликвидировать анатомические и функциональные нарушения стопы.

3. Обоснована целесообразность исследования опорной и двигательной

функций больного до и после хирургического лечения hallux valgus при помощи современных высокоинформативных биомеханических тестов для объективизации оценки функциональных результатов, определения эффективности хирургических методик и уточнения показаний к их дальнейшему использованию.

4. Предложенный «способ оценки функционального укорочения нижней конечности» (патент РФ №2532880) целесообразно использовать до и после хирургического лечения hallux valgus при коррекции разной длины нижних конечностей для лучшего восстановления функций стопы.

5. Предложенный алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций у больных до и после хирургического лечения hallux valgus позволяет объективизировать результаты обследования и прогнозировать эффективность лечения.

#### **Степень достоверности работы**

Достоверность научных выводов и положений основана на достаточном числе наблюдений, применении многофакторного анализа данных, полученных с помощью современных методов клинического, рентгенологического и особенно объективного функционального биомеханического обследования для оценки состояния пациента, однородности выборок групп исследования, адекватной статистической обработке данных с позиций доказательной медицины.

#### **Апробация результатов**

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на: конференции молодых ученых «Перспективы развития медицинской науки и практики» (Санкт-Петербург, 2014); научно-практической конференции с международным участием «Илизаровские чтения» (Курган, 2015); «Московском Международном Салоне образования» (Москва, 2015), где награждены дипломами и медалями; всероссийском студенческом научном форуме с международным участием «Студенческая наука - 2016» (Санкт-Петербург, 2016); Всероссийском научном форуме студентов и молодых ученых с международным участием «Студенческая наука – 2017» (Санкт-Петербург, 2017); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Технологические инновации в травматологии, ортопедии

и нейрохирургии: интеграция науки и практики» (Саратов, 2017).

### **Внедрение результатов исследования**

Результаты работы применяются при обучении студентов, интернов, клинических ординаторов, аспирантов и врачей травматологов-ортопедов и хирургов, а также для лечения больных на базах кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и ВПХ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России.

### **Личный вклад автора**

Автором лично проведен обзор литературных источников по теме исследования, выполнено планирование, осуществлен поиск, подбор и анализ медицинской документации пациентов, разработаны и реализованы методы обработки результатов и их представления, произведена статистическая обработка и анализ полученных данных. Автор принимал непосредственное участие в разработке изобретений, лечении 57 больных, в клиническом и биомеханическом обследовании всех пациентов и здоровых людей контрольной группы.

### **Связь темы диссертации с планом основных научно-исследовательских работ университета**

Работа выполнена в рамках комплексной научной темы кафедры «Хирургическое лечение деформаций стоп» ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» Минздрава России. Номер государственной регистрации темы № 01200900856.

### **Соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 14.01.15 – травматология и ортопедия по нескольким областям.

1. Изучение этиологии, патогенеза и распространенности заболеваний опорно-двигательной системы.
3. Разработка и усовершенствование методов диагностики и профилактики заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы.
4. Экспериментальная и клиническая разработка методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы и внедрение их в клиническую практику.

### **Публикации по теме диссертации**

По теме диссертации опубликовано 16 работ, из них 3 в журналах, включенных ВАК Минобрнауки РФ в перечень рецензируемых научных изданий. Получено 2 патента РФ на изобретение, патент РФ №2532880 не имеет аналогов и является «пионерским».

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 167 страницах машинописного текста. Состоит из введения, основной части, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы. Работа иллюстрирована 18 таблицами и 15 рисунками. Библиографический указатель содержит 275 источника, в том числе 148 отечественных и 127 иностранных.

# Глава 1. HALLUX VALGUS И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ЕГО ХИРУРГИЧЕСКУЮ КОРРЕКЦИЮ (обзор литературы)

## 1.1. Данные об этиологии, патогенезе и распространенности hallux valgus

Определение. Вальгусной деформацией I пальца (или в латинской терминологии hallux valgus) описывается состояние переднего отдела стопы, при котором большой палец отклонен латерально, а I плюсневая кость - медиально (metatarsus primus varus), образуя медиальный выступ в области I плюснефалангового сустава («bunion» в англоязычной терминологии происходит от греческого слова «bunio» - «репа»), который может быть болезненным, особенно при ношении обуви. Кроме этого заболевание включает в себя пронационную деформацию I плюсневой кости и I пальца, медиальное смещение головки I плюсневой кости сопровождается бурситом, подвывихом и вывихом сесамовидных костей, а также расширением переднего отдела стопы. Элевация I плюсневой кости приводит к перегрузке головок средних плюсневых костей и метатарзалгии, а прогрессирующий подвывих I пальца – к деформирующему артрозу I плюснефалангового сустава [Вреден Р.Р., 1936; Черкес-Заде Д.И. и др., 2002; Корнилов Н.В., 2006; Котельников Г.П., Миронов С.П., Мирошниченко В.Ф., 2006; Попов А.В., Зоря В.И., 2000; Прозоровский Д.В., 2007; Joseph T.N. et al., 2007].

### Этиология и патогенез

Известен обычай бинтования стоп и ношения маленькой и узконосой обуви, практиковавшийся в Китае с начала X до начала XX веков, приводивший к формированию выраженной статической деформации. Пионеры отечественной ортопедии Вреден Р.Р. и Куслик М.И. считали, что первичный hallux valgus является следствием неумеренного увлечения французской обувью, которой пользуются не только в торжественных случаях, но и в качестве повседневной обуви, а вторичный hallux valgus развивается в связи с прогрессирующим плоскостопием. Они предполагали, что причиной hallux valgus являются нарушения нормальных физиологических условий биостатики и биомеханики

человеческой стопы. Говоря о социальных условиях формирования деформации (жесткая опорная поверхность, нефизиологическая обувь, работа), они считали, что: «В таких условиях современной культурной жизни сохранение свода стопы, обутой в современную обувь, является задачей неразрешимой, и вопрос может идти лишь о сроке наступления и степени разрушительности надвигающейся деформации». На основе своего опыта ими предложен ряд профилактических мер, в том числе принципы изготовления физиологической обуви [Балакирев В.П., 1930; Вреден Р.Р., 1930, 1936; Куслик М.И., 1935].

В современной литературе приводятся ссылки на то, что наиболее частыми причинами этой деформации являются «статические», в том числе: чрезмерная масса тела, плоскостопие, ношение узкой обуви на высоком каблуке, специфика профессии (длительное стояние, ходьба, ношение тяжестей способствуют перегрузке стопы, а малоподвижная работа способствует гипотрофии связочно-капсульно-мышечного аппарата), наследственность, гипермобильность связок стопы. Разрыв сухожилия задней большеберцовой мышцы, нервно-мышечные расстройства, воспалительные артропатии, контрактура ахиллова сухожилия также могут быть причинами деформации hallux valgus [Коновал В.П., 1968; Коршунова А.Л. и др. 2013; Котельников Г.П., Миронов С.П., Мирошниченко В.Ф., 2006; Турнер Г.И., 1926, 1929; Шохман Я.Д., 1962; Эпштейн Г.Г., 1964; Birch R., 2008; Joseph T.N. et al., 2007; Kowalski C., 2007; Watanabe K. et al., 2013].

#### Распространенность статических деформаций стоп и hallux valgus

Статическое плоскостопие считается причиной hallux valgus и часто сочетается с этой деформацией. В начале прошлого века оно составляло 23,4% от всех деформаций, отмечалась максимальная интенсивность его развития в возрасте от 10 до 20 лет, его выявляли у 40% военнослужащих и у 50% рабочих [Вреден Р.Р., 1930, 1936; Куслик М.И., 1935].

В настоящее время нарушение функций стопы так же часто приводит к существенным ограничениям в жизни человека.

Плоскостопие диагностируется в возрасте 6-9 лет у 44% детей, а к 11-14 годам – у 53,6% [Андрианов, В.Л. и др., 1988]. Около 40% детей и до 70–80%

людей в возрасте 50–60 лет страдают статическими деформациями стоп и их дисфункцией разной степени [Свириденко А.И. и др., 2008].

В США ежегодно около 85 млн. жителей обращаются к врачам с жалобами, связанными с нарушением функции стопы, в том числе до 15% из них взрослые. Hallux valgus страдает более 3,6 миллиона американцев, что составляет более 1% населения, в том числе - 9% женщин старше 60 лет [Корнилов Н.В., 2006; DuVries Н., 1959; Karasick D. et al., 1990; John M.M. et al., 2010]

Hallux valgus считается относительно частой деформацией у детей и подростков (22-36%) с преобладанием у девочек, частая причина в этом возрасте – гипермобильность плюснефалангового сустава и косоое расположение эпифиза I плюсневой кости, и, несмотря на молодость, ряд пациентов лечится хирургически [Petratos D.V. et al., 2008].

Hallux valgus в сочетании с поперечным плоскостопием считается наиболее распространенной (до 64%) статической деформацией стопы и преобладает среди женщин (до 98%) [Мерков А.М. и др., 1974; Воронцов А.В. и др., 1976; Волкова З.А. и др., 1980; Попов А.В. и др., 2000; Несенюк Е.Л., 2000; Черкес-Заде Д.И. и др., 2002; Процко В.Г., 2004; Беленький А.Г., 2005; Корнилов Н.В., 2006; Богданов С.В., 2006; Макинян Л.Г., 2009; Barouk L.S. et al., 1991].

Плоскостопие составляет 26,4% от всей ортопедической патологии и занимает 1-е место (81,5%) среди деформаций стоп, а 2-е – деформация hallux valgus, сочетающаяся с продольным плоскостопием у 75-78% больных и у 100% - с поперечным [Котельников Г.П., Миронов С.П., Мирошниченко В.Ф., 2006].

Частое сочетание поперечного плоскостопия и hallux valgus с патологией клапанов вен нижних конечностей (35%) способствует усугублению деформаций и дегенеративно-дистрофических изменений стоп [Батенкова Г.И., 1975; Савинцев А.М., 2006].

Отмечается значимость данной патологии для Вооруженных Сил [Ткаченко С.С., 1985, Шаповалов В.М., 2004; Гамолин С.В., 2011].

Медицинская и социальная значимость данной патологии заключается в том, что ей часто страдают люди трудоспособного возраста, нуждающиеся в высоких

функциональных способностях [Карданов А.А. и др., 2008]. Вальгусное отклонение первого пальца стопы приводит к серьезным физическим и моральным страданиям пациентов [Дегтярь Н.И., 1976; Кузьмин В.И., 2003]. Больные жалуются на боль и чувство скованности в переднем отделе стопы после функциональной нагрузки, трудность или невозможность подобрать обычную, а иногда и ортопедическую обувь, косметический дефект, что делает человека малоподвижным, раздражительным и существенно ухудшает качество жизни, а тяжелые степени деформации могут приводить к инвалидности [Третьяков А.С. и др., 1967; Савинцев А.М., 2006; Saro C. et al., 2007].

Существуют различные консервативные методики лечения и профилактики вальгусного отклонения первого пальца и других деформаций стоп [Аржанникова Е.Е. и др., 1991, 1996, 1999; Батенкова Г.И. и др., 1983; Болотова А.Ф. и др., 1976, 1978; Болтрукевич С.И. и др., 2006; Гаджиев М.Г. и др., 1994; Карапетян С.В. и др., 2009, 2010; Кудрявцев В.А. и др., 2000, 2006, 2009; Менделевич И.А., 1989; Огородников В.И., 1988; Свириденко А.И., 2009; Смирнова Л.М. и др., 1994; Michaud T.C., 1997; Wu K.K., 1990], однако они неэффективны для устранения уже сформировавшейся деформации [Сорокин Е.П. и др., 2011]. Поэтому широкое распространение получило хирургическое лечение, на сегодняшний день насчитывающее множество методик [Карданов А.А., 2009]. Существование большого числа методик обусловлено разнообразием клинических проявлений деформации, стремлением ортопедов к улучшению результатов лечения, так как у части пациентов наблюдаются осложнения (10-55%) [Duan X. et al., 2012].

## **1.2. Принципы хирургического лечения**

### **больных с hallux valgus и другими деформациями стоп**

Статические деформации стоп широко распространены и часто сочетаются между собой: hallux valgus и metatarsus primus varus, hallux rigidus, деформации II-IV пальцев, metatarsus quintus valgus и digitus quintus varus, поперечное (pes transversoplanus) и продольное (pes plano-valgus) плоскостопие. Хирургическое лечение деформаций наиболее эффективно [Pfeffer G.B. et al., 2010]. Однако, разнообразие клинических проявлений и методик лечения затрудняют

рациональный выбор оперативной тактики, поэтому большинство ортопедов обычно используют наиболее освоенные ими методики, не всегда приводящие к лучшим результатам и у части больных сопровождающиеся осложнениями. Поэтому нами проанализированы и систематизированы опубликованные данные о применении основных хирургических методик лечения статических деформаций стоп у взрослых для составления целостного представления о возможностях рационального комплексного лечения с достижением оптимального функционального и косметического результата.

### Методики лечения hallux valgus и metatarsus primus varus

#### Резекционная артропластика

Первыми сообщили о резекции основания проксимальной фаланги I пальца Keller в 1904 г. и Brandes в 1924 г. [Keller W.L., 1904; Brandes M., 1924]. В России подобная методика впервые применена Я.М.Волошиным [Волошин Я.М., 1936]. Операция направлена на декомпрессию сустава при выраженном артрозе, позволяет уменьшить боль, увеличить амплитуду движений, но часто сопровождается укорочением и деформацией большого пальца, ухудшением эстетичности, снижением силы и ослаблением заднего толчка при ходьбе, метатарзалгией [Кудинский Ю.Г., 1967]. Несмотря на эти недостатки, метод не забыт и может рекомендоваться пациентам старшего возраста с ограниченной двигательной активностью преимущественно при hallux rigidus. Соблюдение показаний и современная сберегательная техника с ограничением резекции кости и сохранением элементов кровоснабжения – ключ к уменьшению осложнений и увеличению удовлетворенности пациентов. Так, сберегательная модификация Valenti «V» предусматривает удаление только углового фрагмента сустава с тыльным основанием, а С-образная «crescentic oblique resection arthroplasty – COBRA» [Marks R., 2009] – только более нагружаемую поверхность.

Первый опыт резекции головки I плюсневой кости опубликовал Mayo в 1908 г., а в России Вреден Р.Р. в 1930 г. сообщил о более чем 20-летнем применении и предпочтении этой «простой» операции [Вреден Р.Р., 1930; Mayo С.Н., 1908]. При чрезмерном увеличении межплюсневого угла Вреден Р.Р. предложил сочетать

резекцию головки I плюсневой кости с коррекцией поперечного свода 1) путем создания «связки» между I-II плюсневыми костями сшиванием их надкостниц при умеренной деформации, 2) а при выраженной – транспозицией сухожилия длинного разгибателя большого пальца. Операции типа Мейо – Вредена имеют то же достоинство - «простота», что и операции типа Келлера – Брандеса, и такие же, но более частые и выраженные осложнения, включая усталостные переломы смежных плюсневых костей, поэтому имеют ограниченные показания и практически не применяются сегодня. Singley как и Mayo, а также Вреден Р.Р. после резекции предлагал заворачивать в сустав лоскут из капсулы сустава для предотвращения его ригидности [Singley J.D., 1913].

Краевую резекцию выступающей медиальной части головки I плюсневой кости с последующим восстановлением капсулы сустава описал Schede в 1928 г., а Silver в 1923 г. и McBride в 1928 г. дополняли ее манипуляциями на мягких тканях [Schede F., 1928; Silver D., 1923; McBride E.D., 1928]. При легкой деформации краевая резекция может использоваться изолированно, но чаще дополняет другие вмешательства на костях для увеличения коррекции. При чрезмерной резекции возможно осложнение – hallux varus.

#### *Дистальные остеотомии I плюсневой кости*

Остеотомии I плюсневой кости позволяют достигать стойкой коррекции 1) межплюсневого угла и (или) 2) ориентации суставной поверхности, которая должна быть перпендикулярна оси I плюсневой кости. Остеотомии головки показаны при умеренных деформациях, они относительно быстро срастаются и часто позволяют немедленную послеоперационную опору.

Reverdin в 1881 г. впервые описал закрытоугольную остеотомию, позволяющую исправлять положение суставной поверхности, развернув ее латерально [Reverdin J., 1881]. Эта остеотомия недостаточно стабильна и предполагает дополнительную фиксацию. Вертикальная остеотомия Reverdin в модификации Hohmann (1921 г.) стала более популярна, так как позволяла не только коррекцию положения хряща, но и межплюсневого угла, она недостаточно стабильна, хотя предусматривала фиксацию спицей или винтом [Hohmann G., 1921].

Модификация «crescentic Reverdin» исключает укорочение кости и позволяет поворот хряща на место. Bosch с соавт. в 2000 г. предложили чрезкожную малоинвазивную модификацию данной остеотомии [Bosch P. et al., 2000].

Остеотомия Peabody (1931 г.) похожа на методику Reverdin, но выполняется проксимальнее, лучше сохраняя суставную поверхность и сесамовидные кости, часто повреждаемые при остеотомии Reverdin, ее недостаток – более длительная консолидация, хотя автор утверждал, что все его пациенты удовлетворены, а осложнения отсутствуют [Peabody C.W., 1931].

V-образная или «шевронная» остеотомия представлена в работе Austin в 1981 г. Она состоит из 2-х распилов под углом  $60^\circ$ , соединяющихся в центре головки. Остеотомия популярна и сейчас так как позволяет сдвигать головку латерально для уменьшения межплюсневого угла, исправлять положение суставной поверхности, стабильна и позволяет немедленную послеоперационную опору [Austin D.W. et al., 1981]. Позже Kitaoka и Mann с соавт. одновременно в своих работах, опубликованных в 1991 г., к оригинальной остеотомии Austin добавили «латеральный релиз», что позволило лучше исправлять hallux valgus и I межплюсневый угол, но что наиболее важно – положение сесамовидных костей [Kitaoka et al., 1991; Mann R.A. et al., 1991]. Первые результаты обновленной комбинированной методики показали увеличение частоты аваскулярного некроза головки I плюсневой кости, однако анатомические исследования показали ее достаточное кровоснабжение после операции, а накопление опыта позволило значительно уменьшить это осложнение. Предложены и другие модификации дистальной «шевронной» остеотомии, в том числе Vogler (1989 г.) уменьшил угол остеотомии до  $40^\circ$  для большей стабильности [Vogler H.W., 1989]; Youngswick укорачивал и опускал головку I плюсневой кости при артрозе и контрактуре; Kalish (1987 г.) краниальную часть распила выполнял более длинной для лучшей фиксации винтом, лучшей коррекции межплюсневого угла и суставной поверхности; плантарная V-образная остеотомия (инверсия Kalish) с более длинным спилом с подошвенной стороны обладает теми же достоинствами но, по данным тестирования, менее стабильна, чем Kalish.

Диафизарные остеотомии I плюсневой кости

Остеотомия, предложенная Ludloff в 1918 г., позволяет исправлять межплюсневый угол и положение головки, но менее стабильна чем «шевронная» или Z-образная из-за отсутствия блокирующих элементов [Ludloff К., 1918]. Оригинальная методика мало применялась, так как не предусматривала фиксацию. Только недавно появившаяся модификация включила фиксацию двумя винтами. Для предотвращения частого укорочения и ротационной деформации Weischer с соавт. в 2005 г. с помощью трехмерного компьютерного анализа предложили оптимальное расположение остеотомии, которая начинается дорзально от основания I тарзо-метатарзального сустава и продолжается к плантарной поверхности сразу проксимальнее сесамовидного комплекса, чтобы избежать элевации I плюсневой кости остеотомия наклонена на 10° плантарно от медиальной к латеральной стороне, направляя дистальный фрагмент плантарно во время коррекции [Weischer A.D. et al., 2005].

Остеотомия, описанная Mau в 1926 г. имеет косую ориентацию противоположную остеотомии Ludloff с проксимальной плантарной и дистальной дорзальной точками выхода [Mau С. et al., 1926]. Она первично более стабильна при нагружении по сравнению с методикой Ludloff.

Mitchell в 1958 г. предложил двойную остеотомию для коррекции межплюсневого угла, хотя другие методики позволяют это в большей степени [Mitchell С. et al., 1958]. Она нестабильна по сравнению с более новыми методиками Austin и SCARF, имеющими блокирующие элементы, выполняется в медленно срастающейся зоне и трудно фиксируема. Частые укорочение, дорзифлексия, возврат деформации делают методику преимущественно исторической.

Остеотомия SCARF стала популярной благодаря одновременным публикациям Weil и особенно Barouk в 2000 г. [Barouk L.S., 2000; Weil L.S., 2000]. Термин SCARF имеет техническое происхождение, описывающее разновидность прочного механического соединения [Weil L.S., 2000]. Она первично предусматривала перемещение дистального фрагмента латерально, но при

изменении срезов позволяет его ротировать. Предложены короткая [Pollack R.A. et al., 1989], длинная [Barouk L.S., 1992, 2000; Kristen K.H., et al. 2002], инвертированная [Gill L.H, et al. 1997; Miller J.M. et al., 1994] модификации. Фиксация двумя винтами стабильна, однако механическое тестирование не показало преимуществ по сравнению с современными вариантами остеотомий Mau и проксимальной закрытоугольной. Возможны специфические осложнения: вколачивание фрагментов с потерей высоты кости, для дистальной шевронной и SCARF остеотомий - metatarsus elevatus с метатарзалгией. Многие сообщают о положительных результатах, но Coetzee наблюдал плохие показатели: «вколачивание» - 35%, сращение с ротационной деформацией - 30%, перелом плюсневой кости - 10%, ранний возврат деформации - 25% [Coetzee J.C., 2003]. Некоторые специалисты полагают, что показания для дистальной шевронной остеотомии и ее возможности такие же, как и для SCARF при меньшей травматичности и лучших условиях для консолидации.

#### Проксимальные остеотомии I плюсневой кости

Первыми сообщили о применении проксимальной закрытоугольной остеотомии Loison в 1901 г. и Balacescu в 1903 г. [Loison M., 1901; Balacescu J., 1903], а об открытоугольной - Trethowan в 1923 г. и Trott в 1972 г. [Trethowan J., 1923; Trott A.W., 1972]. Их достоинство – возможность значительной коррекции. Они всегда сочетаются с латеральным релизом.

При закрытоугольной остеотомии удаляется V-образный фрагмент с латеральным основанием, выпрямляется кость и корригируется межплюсневый угол. Недостатки – трудность фиксации винтом, нестабильность и исключение опоры после операции, укорочение кости. Перпендикулярная остеотомия сейчас не практикуется из-за частого укорочения, дорзифлексии и нарушения сращения. Возможно с косой ориентацией остеотомии риск меньше, но подтверждения этому не найдено. Учитывая тенденцию к укорочению, она может быть показана пациентам с относительно длинной I плюсневой костью. В результатах отмечены следующие осложнения: дорзифлексия, метатарзалгия, укорочение [Jeremin P.J. et al., 1982]. Воронцов А.В. в 1968 г. модифицировал и запатентовал методику,

впервые предложив деротацию, а Поликарпова Т.Ф. математически обосновала и подтвердила эффективность результатами [Поликарпова Т.Ф., 1980]. Logroscino предложил комбинировать проксимальную закрытоугольную остеотомию для уменьшения метатарзального угла с дистальной закрытоугольной остеотомией Reverdin для реориентации суставной поверхности.

Открытоугольные остеотомии выполняются с внутренней стороны и с сохранением наружного кортекса. Их достоинство – отсутствие укорочения и даже некоторое удлинение, недостатки – необходимость костной пластики и трудность фиксации. В оригинале для закрытия щели использовался фрагмент псевдоэктозоа, однако его не всегда достаточно, а если резецировать фрагмент толще – будет риск осложнения hallux varus. Стабильная фиксация без длительной гипсовой иммобилизации невозможна, поэтому методика ранее использовалась ограниченно. С внедрением пластин и винтов с угловой стабильностью такие остеотомии стали использоваться чаще [Saragas N.P., 2009; Budny A.M. et al. 2009].

Популярная остеотомия «crescentic» предложена Mann с соавт. в 1981 г. для исключения укорочения I плюсневой кости, наблюдавшегося после закрытоугольной остеотомии [Mann R.A. et al., 1981, 1991, 1992; Mann R.A., 1990]. Ее особенность - использование специального лезвия пилы «crescentic» для С-образного распила, располагающегося чаще выпуклой стороной проксимально. Операция выполняется с латеральным релизом. Фрагменты обычно фиксируются винтом, а при нестабильности или невозможности - спицей или перекрещивающимися спицами. Достоинство методики – значительный контакт для сращения. Получены благоприятные результаты [Wester J.U., 2016]. Наиболее частым осложнением считается неточная коррекция в положении дорзифлексии, но сейчас описана техника более точного расположения лезвия для минимизации этого осложнения.

Проксимальная «шеvronная» остеотомия впервые описана Sammarco с соавт. в 1993 г. и стала «классической». Она основана не просто на латеральном перемещении дистального фрагмента, как дистальная остеотомия «шеvron», а одновременно включает в себя принцип открытоугольной остеотомии [Sammarco

G.J. et al., 1993]. Вершина остеотомии направлена дистально. Большая область контакта относительно стабильна. Рекомендуется фиксация винтом и спицей, двумя винтами или пластиной и винтами с угловой стабильностью. Техника описана с использованием одного (обычно медиального) или двух доступов. Результаты положительные и одинаковы относительно модифицированной остеотомии Ludloff, отмечается относительно раннее сращение, умеренная тенденция к дорзифлексии.

#### Операции на плюсне-клиновидном суставе и I клиновидной кости

Корректирующий артродез I плюсне-клиновидного сустава впервые выполнил Альбрехт Г.А. 8 февраля 1910 г. [Альбрехт Г.А., 1911; Шаповалов В.М. и др., 2008]. В последующем об использовании этой методики сообщали Lapidus [Lapidus P.W., 1934], Юсевич Я.С. [Юсевич Я.С., 1966]. Они считали причиной увеличения межплюсневого угла гипермобильность в этом суставе, поэтому полагали, что его сращение стабилизирует деформацию. Давление больше 55N вызывает чрезмерные движения в этом суставе, которые возможно измерить специальным устройством [Glasoe W.M. et al., 2000]. Операция может выполняться с дополнительным артродезом других суставов. Особенно она показана при гипермобильной стопе и пронационной установке, способствующей деформации I луча у молодых. Недостатки – медленно срастается, требует иммобилизации и исключения нагрузки, укорачивает I луч. Хотя ортопеды, использующие операцию Альбрехта – Lapidus полагают, что гипермобильность I луча невозможно устранить остеотомиями, биомеханическое исследование на трупах показало, что гипермобильность уменьшается сразу после проксимальной остеотомии I плюсневой кости [Coughlin M.J., 2004]. Эта операция гораздо лучше шевронной остеотомии восстанавливает опороспособность I плюсневой кости [King C.M. et al., 2014].

Открытоугольная остеотомия I клиновидной кости предусматривает добавление костного клина в клиновидную кость, что позволяет исправить межплюсневый угол и исключить укорочение. Ее недостатки: кость срастается еще медленнее, чем при операции Альбрехта Г.А. – Lapidus, требует костной пластики и не должна нагружаться в течение всего времени перестройки

трансплантата. Stamm предложил комбинацию открытоугольной остеотомии I клиновидной кости для коррекции метатарзального угла и операцию Keller для декомпрессии сустава при выраженном артрозе.

### Остеотомии I пальца

Коррекция I пальца редко применяется изолированно. Цель этих остеотомий – выпрямить большой палец при его деформации. Популярна медиальная закрытоугольная остеотомия, предложенная Akin в 1925 г. [Akin O., 1925] и существующая в нескольких модификациях. Проксимальная остеотомия включает удаление костного клина из основания основной фаланги, выпрямление пальца и фиксацию спицей, проволокой, винтом или скобами, а дистальная выполняется ближе к ногтю, выбор зависит от расположения деформации. Косая остеотомия Akin выполняется вдоль основной фаланги для лучшей фиксации винтом. С-образную остеотомию не следует называть Akin, так как клиновидный фрагмент не удаляется, а плоскость остеотомии позволяет ротировать дистальный фрагмент, ее достоинство – сохранение кости и исключение укорочения по сравнению с оригинальной операцией Akin.

### Операции на мягких тканях I плюснефалангового сустава

Эти операции дополняют основную корригирующую операцию на костях, чтобы усилить ее эффект. Это капсулопластика (иссечение части капсулы для ее натяжения после удаления экзостоза), латеральный релиз (отсечение сухожилия m. adductor hallucis и рассечение латеральной капсулы), транспозиция сухожилия m. adductor hallucis от основной фаланги к головке I плюсневой кости для ее удержания, мобилизация сесамовидных костей когда они фиксированы рубцами в порочном положении, удлинение сухожилия m. extensor hallucis longus для уменьшения его смещающего эффекта, транспозиция сухожилий m. extensor hallucis или flexor hallucis при показаниях. Silver в 1923 г. предложил отсекал сухожилие m. adductor hallucis от основной фаланги и латеральной сесамовидной кости, рассекать латеральную часть капсулы и производить Y-образную пластику медиальной капсулы после резекции экзостоза [Silver D., 1923]. Операция Сильвера сохранилась сегодня в виде «латерального релиза» при многих

остеотомиях. Методику Silver модифицировал McBride (1928), дополнительно удалявший латеральную сесамовидную кость и фиксирующий *m. adductor hallucis* к I плюсневой кости [McBride E.D., 1928]. Так как удаление латеральной сесамовидной кости часто осложнялось *hallux varus*, позже ее было рекомендовано сохранять.

### Методики лечения *hallux rigidus*

Сберегающие сустав операции применяются при начальном и умеренном артрозе, хотя имеются публикации об их эффективности и при выраженных изменениях. Они направлены на декомпрессию сустава путем удаления краевых разрастаний или с помощью остеотомий, что позволяет пациенту при ходьбе осуществлять толчок передним отделом стопы с безболезненным движением большого пальца [Hamid K.S. et al., 2015; Siclari A. et al., 2015].

Nilsonne в 1930 г. первый сообщил об экзостозэктомии, но не был удовлетворен ее результатами [Nilsonne H., 1930]. DuVries (1959) первый описал эффективную операцию, называемую сейчас хейлэктомией [DuVries H., 1959]. Он предложил удалять до 1/3 дорзальных костно-хрящевых разрастаний головки I плюсневой кости до достижения дорзифлексии не менее 45°.

Дорзальная закрытоугольная остеотомия проксимальной фаланги вначале применялась у подростков [Bonney G. et al., 1952; Kessel L. et al., 1958], а у взрослых впервые описана Moberg (1979) и поэтому часто называется его именем [Moberg E., 1979].

Остеотомии дистального отдела I плюсневой кости: операция Watterman сходна с методикой Moberg; а операция Van Ness направлена на опускание головки в случае элевации I плюсневой кости, что часто является причиной артроза; операция Youngswick позволяет укоротить и опустить головку I плюсневой кости.

Резекционная артропластика показана при выраженном артрозе, это: 1) резекции основания основной фаланги, 2) резекции головки I плюсневой кости (практически не применяются, так как нарушают опорную и двигательную функции), 3) артродез I плюснефалангового сустава (достоинства - фиксация

межплюсневого угла и отсутствие боли, недостатки – медленное срастание, отсутствие движений), 3) эндопротезирование металлическими и силиконовыми имплантатами.

#### Методики лечения деформаций средних пальцев

Hallux valgus часто сочетается с деформациями средних пальцев. Ранее предлагаемые хирургами ампутации приводили к косметическому дефекту, усилению деформации соседних пальцев, нередко к фантомной боли. Удаление основной фаланги или резекция ее основания хотя и позволяют сохранить палец, приводят к его нестабильности и прогрессированию деформации соседних пальцев. Сегодня оптимален сберегательный патогенетический выбор методики [Савинцев А.М., 1992; Савинцев А.М. и др., 2006; Петросян А.С. и др. 2012; Saxena A., 2012]. Молотчкообразная деформация (сгибание ногтевой фаланги): при мобильной форме показана тенотомия flexor digitorum longus, при ригидной – резекция дистальных мышечков средней фаланги и возможно тенотомия flexor digitorum longus. Молоткообразная деформация (сгибание средней фаланги и разгибание ногтевой): при мобильной форме - транспозиция сухожилия flexor digitorum longus к разгибателю на уровне проксимальной фаланги или резекция диафиза основной фаланги, при ригидной – резекция дистальных мышечков проксимальной фаланги (или артродез или эндопротезирование проксимального межфалангового сустава) с возможной тенотомией flexor digitorum longus. Когтистая деформация (сгибание средней и ногтевой фаланг): при мобильной форме – транспозиция flexor digitorum longus к сухожилию разгибателя, удлинение extensor digitorum longus, тенотомия extensor digitorum brevis, капсулотомия метатарзо-фалангеального сустава; при ригидной – резекция дистальных мышечков проксимальной фаланги, удлинение extensor digitorum longus, тенотомия extensor digitorum brevis, капсулотомия метатарзо-фалангеального сустава и возможно укорачивающая остеотомия. После исправления деформации используются фиксация спицей, вытяжение за ногтевую фалангу, гипсовая лонгета, шинирование пальца.

#### Методики лечения metatarsus quintus valgus и digitus quintus varus

Резекция головки V плюсневой кости не рекомендуется для молодых и

активных людей, а только в крайних случаях для лиц пожилого возраста с выраженной клиникой и невозможностью реконструктивной операции. Обычно используются методики, похожие на остеотомии I плюсневой кости: чаще применяются дистальные V или C-образные, а так же диафизарная закрытоугольная косая остеотомия с фиксацией спицей или винтами [Saxena A., 2012]. Так как прочность фиксации этих остеотомий невысока, для исключения осложнений рекомендуется исключить нагрузку до окончания консолидации.

#### Методики лечения поперечного плоскостопия (pes transversoplanus)

Для лечения поперечного плоскостопия в случаях «изолированного опускания» головок II-III плюсневых костей Вреден Р.Р. в 1930 г. предложил пересадку сухожилия мышцы длинного разгибателя большого пальца стопы на III или II плюсневые кости позади головки в зависимости от того, которая из них более болезненна со стороны подошвы [Вреден Р.Р., 1930, 1936]. Ученик Вредена Р.Р. Куслик М.И. (1935) предложил стяжку плюсневых костей шелковыми нитями [Вреден Р.Р., 1936; Крюков П.Т., 1960; Куслик М.И., 1935, 1949]. По методике, принятой в ЦИТО [Черкес-Заде Д.И. и др., 2002], деформация устраняется комбинированной техникой, включающей операции Шеде, Брандеса, поднадкостничную открытоугольную остеотомию основания I плюсневой кости с костной аутопластикой из резецированного основания проксимальной фаланги большого пальца и образования подошвенной поперечной связки сетчатой лавсановой лентой [Абеленцев В.В., 1970; Колонтай Ю.Ю. и др., 1977] в виде восьмерки по Климову. Анализ большого числа наблюдений применения этой методики показал, что каждое третье осложнение характеризовалось переломом V плюсневой кости. Поэтому многие хирурги отказались от указанного способа. Наиболее обоснованной считается операция с использованием сухожильных ауто- или гомотрансплантатов [Яременко Д.А., 1975; Котельников Г.П., Миронов С.П., Мирошниченко В.Ф., 2006; Никитин Г.Д., Набиева Т.А., 1982; Попов А.В., Зоря В.И., 2000]. Предложены проксимальные и дистальные (типа Weil) остеотомии средних плюсневых костей, направленные на их укорочение и поднятие головок с устранением перегрузки и метатарзалгии [Савинцев А.М. и др., 2006; Ежов М.Ю.,

Рукина Н.Н., 2012; Малаш Б.М., 2008; Kuster Н.Н., 2007]. В эту группу следует включить и все остеотомии, направленные на исправление положения I и V плюсневых костей и реконструкцию поперечного свода.

#### Методики лечения продольного плоскостопия (pes plano-valgus)

Для лечения продольного плоскостопия средней степени рекомендуются миопластические операции для укрепления свода, а при выраженных костных изменениях – корригирующие артротомии (в том числе серповидная резекция таранной и пяточной костей Куслика М.И. (1936 г.) в комбинации с тендопластикой, в случае выраженного артроза голеностопного сустава – его эндопротезирование [Вреден Р.Р., 1936; Тамоев С.К. и др., 2011; Дубовик Г.О. и др., 2012; Saxena A., 2012]. При сочетании hallux valgus и metatarsus primus varus с продольным плоскостопием остеотомии I плюсневой кости могут способствовать улучшению продольного свода и рессорной функции стопы.

### **1.3. Применение биомеханических методов мониторинга для хирургического лечения больных с hallux valgus и другими деформациями стоп**

У больных с ортопедической патологией нижних конечностей, в том числе с деформациями стоп, наблюдаются нарушения биомеханических показателей функционирования, поэтому приоритетной задачей их хирургического лечения следует считать максимальное восстановление нормальной биомеханики в статике и движении [Безгодков Ю.А. и др., 2011, 2012; Кузнецов И.А., 2008; Сорокин Е.П., 2013]. Методы биомеханики применяются для изучения различных функциональных состояний нижних конечностей, в том числе при деформациях стоп [Апштейн З.В. и др., 1964; Аруин А.С., 1983; Ауди К. и др., 2011; Безгодков Ю.А. и др., 2011, 2012; Бернштейн Н.А., 1947, 1990; Витензон А.С., 1998; Гурфинкель В.С. и др., 1965; Диваков М.Г., 1999; Мармыш А.Г., 2010; Менделевич И.А. и др., 1971; Скворцов Д.В., 1996, 2000; Филатов В.И., 1980; Янсон Х.А., 1975; Chang B.C. et al., 2014; Crosbie J. et al., 2008; Deschamps K. et al., 2010; Hillstrom H.J. et al., 2013; Hoefnagels E.M., 2016; Horak F., 1997; Kerr C.M. et al., 2014; Martinez-Nova A. et al., 2010; Mickle K.J. et al., 2011; Mow V.C. et al., 2005; Rao S. et al., 2011; Scott G. et al., 2007; Shih K.S. et al., 2014; Swaminathan V.

et al., 2014; Watanabe K. et al., 2013; Wena J. et al., 2012; Yavuz M. et al., 2009]. Однако, среди опубликованных работ, лишь в немногих указывается на применение биомеханических методов для улучшения хирургического лечения деформаций стоп [Константинов В.М., 1973; Крутицкий И.К. и др., 1999; Athanatos L. et al., 2013; Benedetti M.G. et al., 2009; King С.М. et al., 2014], обычно ортопеды ограничиваются использованием лишь плантоскопии и плантографии [Вреден Р.Р., 1936; Богданов С.В., 2006; Карданов А.А., 2016; Novak V. et al., 2014] преимущественно для оценки результатов консервативного лечения [Веденина А.С. и др., 2008, 2010, 2014; Витензон А.С. и др., 2005; Иоффе Р.Я. и др., 2004; Смирнова Л.М. и др., 2002, 2010]. Внедряется ультразвуковая диагностика [Холин А.В. и др., 2006; Angin S. et al., 2014]. Поэтому актуальной является систематизация и оценка опубликованных данных о применении методов биомеханических исследований для совершенствования оперативного лечения деформаций стоп.

Биомеханические расчеты и моделирование  
для обоснования методики операции

Для быстрого и качественного выполнения хирургического вмешательства необходимо точное предоперационное планирование. Возможность применения биомеханических предварительных расчетов для коррекции деформации доказала Поликарпова Т.Ф. в 1980 г. [Поликарпова Т.Ф., 1980]. Совершенствуя предложенную в 1968 г. проф. А.В. Воронцовым методику, основанную на проксимальной остеотомии и коррекции положения I плюсневой кости в 3-х плоскостях, она провела исследование, в котором рассчитала величину подлежащего иссечению клина, проследила отдаленные результаты примененного ей метода оперативного лечения hallux valgus и произвела их качественную и количественную оценку. Для количественной оценки рентгенологических изменений определялись как общепринятые параметры (I межплюсневый угол, угол отклонения I пальца стопы кнаружи), так и вновь предложенные (пяточно-метатарзальный угол, высота основания I плюсневой кости). На основании оценки этих параметров предложена формула расчета величины иссекаемого фрагмента при клиновидной резекции

основания I плюсневой кости. Исследователь на основании расчетов составила таблицу, по которой определяется основание иссекаемого клина, что облегчает применение изучаемого способа в клинических условиях. По этой модифицированной методике пролечено 77 больных (94 стопы), а контрольную группу составили 37 традиционно оперированных пациентов. Измерение проводилось у людей с нормальными стопами и деформированными до и после оперативного лечения. В итоге почти у всех больных основной группы получены положительные результаты (95%), а ухудшение показателей у некоторых больных объясняется неполным соблюдением методики. Таким образом, используя рентгенографию стопы в двух проекциях и таблицу величины основания иссекаемого клина, составленную на основании биомеханических расчетов, можно определить необходимую степень коррекции I плюсневой кости в сагиттальной плоскости и получить в достаточной степени гарантированный положительный результат.

Theken R. с соавт. в 1989 г. разработали первую объемную компьютерную модель для изучения проксимальной остеотомии I плюсневой кости при hallux valgus [Theken R. et al., 1989].

#### Современные биомеханические диагностические комплексы

Для исследования биомеханических показателей опорной и двигательной функций предлагались различные приборы [Батышева Т.Т. и др., 2002; Berti L. et al., 2014; Mariani B. et al. 2013; Putti A.B. et al., 2008; Samson W. et al., 2014; Swaminathan V. et al., 2014]. Из всех следует выделить уникальный аппаратно-программный комплекс «ДиаСлед-Скан», благодаря тому, что он включает в себя возможность анализа изображения стоп и рентгенограмм, а также подо- динамо- и стабилметрическую оценку, объединенные единым рабочим местом. Методология и унифицированная технология применения данного комплекса разрабатывается в СПбНЦЭПР им. Г.А. Альбрехта для оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования пациентов с патологией нижних конечностей [Комаров С.П. и др., 2002; Смирнова Л.М., Кудрявцев В.А., Козлов Д.И., 1994; Смирнова Л.М. и др., 2002; Смирнова Л.М., 2006, 2010, 2013].

Биомеханическая оценка результатов лечения  
статических деформаций стоп

Для клинико-биомеханического обоснования оперативного лечения больных с поперечно-распластанной деформацией стопы Яременко Д.А. (1975) провел обследование 125 человек с нормальными стопами и 284 больных с деформациями переднего отдела стопы [Яременко Д.А., 1975; Яременко Д.А., Народицкая Р.Е., 1975]. Обследование включало клинико-рентгенологические и тензоподографические методы. Результаты подографии показали, что при ходьбе в норме основная нагрузка приходится на передний отдел стопы (66-69% от общей нагрузки), соответственно на задний - 31-34%, нагрузка на головки плюсневых костей распределяется относительно неравномерно - на головку I-II плюсневых костей приходится 40-43% от общей нагрузки на передний отдел стопы, а в период метатарзального переката головка II плюсневой кости нагружается больше других, что связывается с ее большей длиной. С увеличением деформации уменьшается время опоры на пятку и передний отдел стопы, при этом время опоры на всю стопу увеличивается. При начальной деформации (II и начало III ст.) уменьшается нагрузка на головки I-II плюсневых костей и увеличивается на головки III-IV костей, при выраженной - в связи с увеличением пронации стопы нагрузка на головки I-II плюсневых костей снова возрастает. При II-III ст. деформации увеличивается нагрузка на средний отдел, особенно его наружную часть. На основании исследований предложена операция укрепления естественного связочного аппарата переднего отдела и удержания плюсневых костей в корригированном положении, что препятствует распластыванию стопы, за счет проведения через поперечные каналы дистальных отделов пяти плюсневых костей сухожильного ауто- или гомотрансплантата. В зависимости от выраженности деформации использовали сухожилие длинного разгибателя II-IV пальца или гомотрансплантат. После операции стопу 10-12 недель фиксировали оригинальной гипсовой повязкой с каблуком, обеспечивающей разгрузку переднего отдела стопы. С 3-5 суток пациентам разрешалось стоять и ходить без дополнительной опоры. Всего по разработанной методике прооперировано 84 больных (154 стопы). Через 2,5-3 года после лечения проводилось очередное

тензоподографическое исследование ходьбы больных, показавшее значительное улучшение опорно-динамической функции.

Lorei T.J. с соавт. (2006) опубликовал результаты комплексной оценки односторонней остеотомии SCARF у 32 больных в средние сроки 33 мес. [Lorei T.J. et al., 2006]. Они измеряли распределение давления под стопами в статике на тензOMETрической платформе. После операции автором выявлены как положительные изменения в виде увеличения нагрузки на головку I плюсневой кости и I и II пальцы, так и отрицательные – перегрузку головок остальных плюсневых костей, а также свода.

Гохаева А.Н. и Щуров В.А. (2008) провели количественную оценку характера распределения статической нагрузки на различные зоны стопы у больных с hallux valgus до и после хирургического лечения [Гохаева А.Н., Щуров В.А., 2008]. В контрольную группу вошли 10 здоровых женщин, в основную – 23 пациентки (42 стопы) с различной степенью hallux valgus. Лечение заключалось в устранении деформации I пальца стопы методом чрескостного остеосинтеза: при I ст. деформации проводилась остеотомия дистального отдела I плюсневой кости с монолокальным остеосинтезом, при II и III ст. деформации – двойная корригирующая остеотомия I плюсневой кости с билокальным остеосинтезом. Обследование проводилось в позе стоя на подографической установке «Биоимитатор» (Санкт-Петербург). Оценивалось распределение нагрузки по шести зонам стопы: 1 – пяточный бугор, 2 – основание V плюсневой кости, 3 – медиальная поверхность среднего отдела стопы, 4 – головки средних плюсневых костей, 5 – головка I плюсневой кости, 6 – область пальцев. В результате лечения больных I группы увеличился дисбаланс нагрузки на передний отдел стопы: давление под головкой I плюсневой кости ( $4,3 \pm 4,3\%$ ) уменьшилось по сравнению с нормой ( $4,7 \pm 1,2\%$ ) и исходными данными ( $10,0 \pm 4,5\%$ ), а давление под головками средних плюсневых костей ( $24,4 \pm 2,6\%$ ) увеличилось по сравнению с нормой ( $8,8 \pm 1,5\%$ ) и исходными данными ( $23,5 \pm 6,2\%$ ). Лечение больных II-III групп также не привело к восстановлению полноценного баланса нагрузки на передний отдел стопы: давление под головкой I плюсневой кости значительно возросло по сравнению с нормой и

исходными данными, а давление под головками средних плюсневых костей оставалось повышенным по сравнению с нормой, но снижалось по сравнению с исходными данными. Авторы не сопоставляли биомеханические показатели с клинико-рентгенологическими данными и не изучали биомеханику в динамике, что ограничивает информативность работы.

Ежов М.Ю. и Рукина Н.Н. (2012) провели подобное исследование у больных после хирургического лечения hallux valgus и поперечного плоскостопия III ст. [Ежов М.Ю., Рукина Н.Н., 2012]. В I группе (10 женщин) проведено исправление оси I пальца без реконструкции поперечного свода (без остеотомий плюсневых костей), во II группе (25 пациенток) исправляли ось I пальца и выполняли корригирующие остеотомии для восстановления архитектоники стопы. Больные обследовались до операции и через 2-3 месяца на комплексе F-scan (Tekscan Inc). Анализировались периоды опоры и переноса при ходьбе, давление стоп в проекции II-III плюсневых костей в статике. Использовался оригинальный биомеханический способ определения степени поперечного плоскостопия. Через 2-3 мес. после операции в I группе улучшилось распределение нагрузки на разные отделы стопы, но давление в области II-III плюсневых костей снизилось только при стоянии, а при ходьбе практически не изменилось, коэффициент ритмичности увеличился с  $0,82 \pm 0,09$  до  $0,96 \pm 0,03$ . У пациентов II группы давление в области II-III плюсневых костей уменьшилось при стоянии и при ходьбе, коэффициент ритмичности увеличился с  $0,9 \pm 0,07$  до  $0,93 \pm 0,03$ . Авторы заключают, что операции, включающие одновременно исправление оси I пальца и «реконструкцию поперечного свода» приводят к лучшим биомеханическим результатам, в отличие от способов без восстановления архитектоники стопы. Судя по описанию, операции в каждой группе не выполнялись по строго определенной методике. Так, в I группе выполнялась «капсульная пластика» и «резекция головки I плюсневой кости и фаланги первого пальца», авторы отмечают осложнение в виде hallux varus. Вторая группа включала: остеотомии I плюсневой кости для формирования продольного свода, а для формирования поперечного свода выполнялась «клиновидная сегментарная резекция II-IV плюсневых костей с дорсальным основанием клина» или «краевая

резекция подошвенных гребней головок плюсневых костей»; малоинвазивную остеотомию SERI. Небольшое число наблюдений, недостаточно однородные группы, ограниченная оценка биомеханических показателей снижают информативность полученных результатов, трудно выяснить, какие именно хирургические действия сопровождаются положительным или отрицательным эффектом. Результаты оценены только в ближайшие сроки и для подтверждения стабильности эффекта желательно проверить их в более отдаленном периоде. Можно предположить, что выполняемая авторами дорзифлексия II-IV плюсневых костей уменьшает амортизационную функцию стопы.

Аналогичное предыдущему [Ежов М.Ю., Рукина Н.Н., 2012] исследование выполнил Сорокин Е.П. (2013) [Сорокин Е.П., 2013]. Он сформировал контрольную группу, где всем больным проведена «резекционная артропластика» (операция «Шеде – Брандеса» в виде резекции основания основной фаланги I пальца и медиального экзостоза I плюсневой кости), а в основную группу объединил больных с «шевронной» и Z-образной остеотомией SCARF, а также артродезом I плюснеклиновидного сустава. Больные обследовались до операции и в динамике клинически и рентгенологически, а дополнительно на аппарате «ДиаСлед» (Санкт-Петербург) оценивались некоторые биомеханические показатели: «парциальная нагрузка на носок», «продолжительность переката через передний отдел стопы», «предпочтение в опоре на одну из ног» и «коэффициент медио-латерального соотношения». Результаты оказались вполне предсказуемыми, автор подтвердил очевидные факты, совпадающие с результатами ранее выполнявшихся исследований [Ежов М.Ю., Рукина Н.Н., 2012]: операции резекционной артропластики существенно не влияют на биомеханику стопы, а операции, восстанавливающие анатомию переднего отдела стопы, включая установку I плюсневой кости в правильное положение, приводят к улучшению биомеханики. В то же время в исследовании нет сопоставления полученных результатов биомеханики с «нормой», оценено ограниченное число показателей биомеханики, не проанализированы особенности биомеханики внутри групп, особенно в зависимости от степени деформации и конкретной методики, а интерпретация автором полученных данных

дискутабельна. Все это не дает врачу полного объема информации для объективного выбора оптимальной реконструктивной методики и не показывает целостной картины восстановления функции.

#### Акселерометрия у больных со статическими деформациями стоп

Ефимов А.П. (2012) опубликовал работу, в которой изучал акселерографию походки, то есть вибрационные ускорения, являющиеся низкоамплитудными и высокочастотными компонентами движения, не находящимися под прямым контролем сознания [Ефимов А.П., 2012]. Автор показал, что при плоскостопии толчковая нагрузка на головной мозг нарастает, и считает, что вследствие этого увеличивается внутричерепное давление, снижается кровообращение головного мозга, что проявляется головной болью, а у детей – задержкой развития психических функций, моторного и речевого развития. Эти данные могут быть дополнительным основанием для выполнения реконструктивных операций на стопе. В то же время, интерпретацию полученных данных затрудняют ограниченность представленной информации, поэтому полученные результаты исследования нуждаются в проверке и уточнении.

#### Биомеханическая оценка результатов лечения паралитических деформаций стоп

Высоцкая В.И. с соавт. (1975) изучили биомеханику и кинематику движения при паралитической деформации стоп [Высоцкая В.И. и др., 1975]. Они провели функциональное и биомеханическое обследование 43 больных в возрасте 16-25 лет с контрактурами и деформациями нижних конечностей (последствия полиомиелита) до и после оперативного лечения. Функциональное обследование включало хронаксиметрию, капилляроскопию, реовазографию и кожную термометрию, а биомеханическое – подографию, ихнографию, индекс рельефа стопы. У всех больных наблюдалось нарушение биомеханики и кинематики ходьбы вне зависимости от деформации отдельного сегмента, либо сочетания поражения двух-трех сегментов. По виду деформации пациентов разделили на IV группы: пяточная стопа (10), поло-варусная (14), свисающая (12), эквинусная (7). Больным потребовались различные методы оперативного лечения, так как у многих

сочетались различные деформации. Результаты биомеханического обследования I группы показали увеличение переката через задний отдел стопы более чем вдвое, что приводило к уменьшению 2-й и 3-й фаз шага со стороны пораженной конечности и некоторому увеличению переднего толчка здоровой конечности. Во II группе наблюдалось уменьшение 1-й фазы шага со стороны поражения и увеличение – со здоровой. В III группе наблюдалось «двойное касание носком», первичная опора на передний отдел, сокращение переката через передний отдел здоровой стопы. В IV группе отсутствовал передний толчок и перекат через всю стопу (передний толчок заменялся опорой на головки плюсневых костей, а весь перекат осуществлялся через передний отдел стопы), сокращалось время общей опоры на больную конечность, компенсаторно увеличивался перекат через задний отдел здоровой конечности. Анализируя индекс рельефа стопы, отмечено повышение свода пораженной стопы в I, II и IV группах. Результат зависел от исходных показателей и вида лечения, через 3-6 мес. ухудшались биомеханические, кинематические и функциональные показатели, а улучшение результатов определялось через 1,5-2 года, поло-варусная деформация стопы наиболее эффективно корригировалась трехсуставным артродезом.

#### Биомеханическая оценка результатов лечения врожденных деформаций стоп

Как известно, биомеханика стопы изменяется не только при статических деформациях, но и при врожденной патологии, например, при врожденной косолапости [Stebbins J. et al., 2013], которая, по данным литературы последних лет, у взрослых составляет 3-5%. Проблема исправления врожденной косолапости актуальна потому, что лечение больных с данной патологией сопровождается осложнениями и неудовлетворительными исходами (41-70%), несмотря на разнообразие применяемых методик. Мухамадеевым А.А. с соавт. (2012) предложен двухэтапный способ оперативного лечения взрослых больных с врожденной косолапостью с применением аппарата внешней фиксации [Мухамадеев А.А. и др., 2012]. Обследовано 75 больных (м - 39, ж - 36) 16-30 лет с врожденной двухсторонней (34) и односторонней (41) косолапостью. Проводились клинические,

антропометрические, неврологические, рентгенологические, биомеханические и физиологические исследования. С целью максимального устранения имеющейся деформации, минимального укорочения уже укороченной из-за отставания в росте стопы, минимизации возможности рецидива разработан следующий план лечения. На I этапе при наличии показаний производилась закрытая фасциотомия подошвенного апоневроза (29 больных), удлинняли ахиллово сухожилие по Байеру (17 больных) с отсечением внутренней половины от пяточного бугра, доступом по Кохеру вскрывались таранно-ладьевидный, пяточно-кубовидный и таранно-пяточный суставы, резецировался хрящ и рану ушивали, накладывали аппарат внешней фиксации, постепенно с 6-7 дня после операции до снятия швов (13-15 сутки) устраняли все виды деформации стопы. На II этапе выполняли перемонтаж аппарата и костную пластику. Фиксация в аппарате проводилась 2-2,5 месяца. После проведенного лечения рецидива косолапости не наблюдалось, форма стоп у всех была вполне удовлетворительной, походка частично теряла свою «эластичность» при ходьбе длинными шагами, при ходьбе средними и мелкими шагами особенностей не было. Оценивали клинический исход по шкале Харольда-Китаока, опрос по О. Оберст, рентгенограммы стоп в 2-х проекциях, функциональное состояние стопы по А.Н. Беловой и О.Н. Ананьевой. Отдаленные результаты: хороший - у 29 больных (63,4%), удовлетворительный - у 16 (29%), неудовлетворительных - нет. Однако, несмотря на то, что в статье заявлено «биомеханическое обоснование» предлагаемого метода, собственно данных о биомеханике в ней не представлено.

#### Интраоперационная биомеханика

Так как биомеханическая оценка статики и динамики эффективнее рентгенографии, в 2009 г. Richter M. и Zech S. сообщили об опыте применения динамометрии во время операции на стопах [Richter M., Zech S., 2009]. По их мнению, дополнительный объективный биомеханический контроль помог в 46% наблюдений существенно улучшить результаты.

#### Биомеханическое тестирование хирургических фиксаторов

Современная оценка качества фиксации остеотомированных фрагментов

предусматривает тестирование в реальных условиях с использованием современных биомеханических стендов и моделей. В биомеханических исследованиях оценили первичную стабильность различных, особенно диафизарных и проксимальных, остеотомий для определения при какой остеотомии возможны ранние движения в I плюснефаланговом суставе и ранняя послеоперационная нагрузка. На трупной модели не найдено разницы усталостных изменений между проксимальной chevron и Ludloff остеотомиями, проксимальная остеотомия chevron значительно более устойчива к усталостному повреждению, чем crescentic и SCARF, но не Ludloff [Acevedo J.I. et al., 2002]. Остеотомии Ludloff и SCARF могут выдерживать бóльшие нагрузки до разрушения по сравнению с проксимальными остеотомиями crescentic и chevron [Trnka H.J. et al., 2000]. Сообщается о более высокой стабильности проксимальной остеотомии chevron по сравнению с остеотомиями SCARF, Mau и Ludloff [Shaw N. et al., 2001]. Фиксированная винтом проксимальная остеотомия chevron устойчива к бóльшим нагрузкам на разрушение по сравнению с фиксацией спицей Киршнера и по сравнению с проксимальной остеотомией crescentic, фиксированной винтами [McCluskey L.C. et al., 1994]. Фиксация винтом проксимальной остеотомии chevron, crescentic и длинных косых остеотомий I плюсневой кости устойчивы к бóльшим нагрузкам на разрушение по сравнению с фиксацией спицами Киршнера и скобами [Lian G.J. et al., 1992]. Дополнительная аксиальная фиксация спицей Киршнера значительно повышает первичную стабильность остеотомий crescentic и Ludloff [Jung H.G. et al., 2005]. Доказано преимущество в стабильности фиксации проксимальной остеотомии I плюсневой кости с помощью пластины и винтов с угловой стабильностью по сравнению с использованием обычного винта [Jones C. et al., 2005; Arnold H. et al., 2012]. В опубликованных клинических исследованиях для фиксации проксимальных остеотомий I плюсневой кости [Chow F.Y. et al., 2008; Gallentine J.W. et al., 2007; Rosenberg G.A. et al., 2003; Varner K.E. et al., 2009], особенно открытоугольной [Saragas N.P., 2009; Shurnas P.S. et al., 2009; Hofstaetter S.G. et al., 2008], а также артродеза I плюсне-клиновидного сустава [Gutteck N. et al., 2015] наиболее часто

применяются пластины, что позволяет предположить о преимуществе их фиксации по сравнению с винтами. Таким образом, в приведенных биомеханических исследованиях демонстрируется большая первичная стабильность некоторых остеотомий по сравнению с другими с учетом особенностей фиксации. Однако, после операции требуется ограничение или исключение нагрузки на головку I плюсневой кости первые 4-6 недель (или до рентгенологических признаков сращения), для чего возможно послеоперационное использование специальной ортопедической обуви. Для больных, которые не могут исключить нагрузку на передний отдел стопы, рекомендуется короткая жесткая гипсовая повязка на стопу и голень до рентгенологических признаков сращения [Saxena A., 2012].

#### **1.4. Отечественные диссертационные и другие исследования больных с hallux valgus и статическими деформациями стоп**

В отечественных исследованиях хирургическому лечению hallux valgus, поперечного плоскостопия и других статических деформаций стоп уделялось внимание в диссертационных исследованиях прошлых лет [Куслик М.И., 1935; Коробко Л.Т., 1956; Кох А.А., 1964; Поликарпова Т.Ф., 1980; Машков В.М., 1978; Шохман Я.Д., 1962; Эпштейн Г.Г., 1964].

Работы последних десятилетий посвящены совершенствованию хирургической тактики [Богданов С.В., 2006; Гамолин С.В., 2011; Герасимов С.Г.; 1998; Степанова В.А., 2006; Карданов А.А., 2009; Костюшев С.М., 2002], использованию фиксаторов с памятью формы в хирургии стопы [Кикачеишвили Т.Т., Безгодков Ю.А., 1998; Plotkin G., Bezgodkov I., 2001; Шибанов М.В., 2007], применению устройств наружной фиксации [Шевцов В.И. и др., 2007; Алиагиев Б.Д., 2011], внедрению шевронной остеотомии [Макинян Л.Г., 2009], оценке эффективности резекционной артропластики и остеотомии SCARF [Машков В.М. и др., 2013; Сорокин Е.П., 2013], совершенствованию малотравматичных [Карданов А.А. и др., 2007; Бережной С.Ю. 2012, 2013, 2014] и других методик [Савинцев А.М., 1992; Малаш Б.М., 2008; Ильминский А.В. и др., 2007; Минасов Б.Ш. и др., 2007; Петросян А.С. и др. 2012], исследуется связь системной

гипермобильности суставов и hallux valgus [Карданов А.А. и др., 2015]. Дискутируется целесообразность одновременного выполнения операций на обеих стопах [Бережной С.Ю., 2014; Бойченко А.В. и др., 2014].

Карданов А.А. с соавт. выявил 85% положительных результатов после применения остеотомии SCARF, при этом у пациентов оставалась метатарзалгия периодическая (43,5%) и постоянная (6,5%), отмечены переломы I плюсневой кости (2,4%), асептический некроз (1,6%), ятрогенный hallux varus (9,7%), артроз (8,9%), укорочение I плюсневой кости в среднем 2,2 мм. Выявлена корреляция между наличием метатарзалгии и удовлетворенностью пациентов, определены максимальные рентгенологические параметры, лимитирующие применение данной остеотомии ( $M1M2 \leq 15^\circ$ ;  $PASA \leq 13^\circ$ ) [Карданов А.А. и др., 2008].

Несмотря на стремление к совершенству, наличие послеоперационных осложнений и вторичных деформаций переднего отдела стопы, среди которых метатарзалгия (28,4%), рецидив hallux valgus (26,8%), hallux varus (5%), рецидив молоткообразной деформации и гиперэкстензия II-IV пальцев (9,8%), тугоподвижность в II-IV плюсне-фаланговых суставах (7,8%), ятрогенный артроз и тугоподвижность I плюсне-фалангового сустава (5,2%), гиперэкстензия I пальца (1,5%), миграция и перелом фиксаторов (3%), делает эту проблему актуальной для исследований [Несенюк Е.Л., 2000; Машков В.М. и др., 2010; Петросян А.С., 2013; Birch R., 2008].

### 1.5. Резюме

Использование представленных многочисленных методик, с учетом их достоинств и недостатков, показывает, что оптимальные еще не выбраны [Canale S.T., 2016]. При всех них возможны осложнения, в том числе возврат деформации [Barouk P., 2014; Maceira E. et al., 2014; Raikin S.M. et al., 2014; Richardson E.G., 2013]. Благоприятные результаты также опубликованы при использовании практически всех этих методик, и в зависимости от правильного выбора хирурга и от его рук могут быть надежными и воспроизводимыми для симптоматической коррекции деформации [Coughlin M.J., Saltzman C.L., Anderson R.B., 2014; Hensl H.E. et al., 2007]. Большинство хирургов сходится во мнении, что оперативное лечение

статических деформаций стоп эффективно, но в основном носит симптоматический характер [Корнилов Н.В., 2006; Карданов А.А., 2009; Усольцев И.В., Леонова С.Н., Косарева М.А., 2015; Saxena A., 2012].

Для совершенствования хирургического лечения деформаций стоп проводятся высокоинформативные биомеханические исследования, которые позволяют с помощью постоянно совершенствующегося оборудования лучше провести предоперационное планирование и объективно проконтролировать ход самой операции, объективно оценить опорную и двигательную функции в норме и в результате применения различных хирургических методик и, тем самым, оценить эффективность лечения, уточнить показания и противопоказания к операции [Карданов А.А., 2016]. Несмотря на высокую информативность, биомеханические исследования при деформациях стопы ограничены по количеству. Клиническая и научная информативность имеющихся работ зачастую ограничена решением частных задач. Опубликованные к сегодняшнему дню результаты исследований не дают практикующему врачу до конца ясной и четкой биомеханической картины эффективности применяемых сегодня методик лечения. Поэтому дальнейшие исследования в этом направлении актуальны и позволят представить больше объективной информации о достоинствах и недостатках имеющихся и разрабатываемых методик, и, таким образом, улучшить результаты лечения больных с данной патологией. Объективный патогенетический анализ с использованием современной биомеханики следует считать основой дальнейшего совершенствования и формирования комплексного подхода к операциям, максимально устраняющим деформацию, восстанавливающим функцию и косметический вид [Chao E.Y.S., 1996].

## Глава 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛЬНЫХ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Принципы выполнения исследования

Для определения путей улучшения результатов хирургического лечения hallux valgus исследовалась возможность разработки и научного обоснования системы комплексного биомеханического мониторинга состояния этих больных, включающая оценку опорной и двигательной функций с помощью компьютерного биомеханического диагностического комплекса «ДиаСлед». В процессе выполнения работы изучены данные обследования 147 человек (206 стоп), проходивших лечение и наблюдение на базах кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и ВПХ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ.

В основную группу включены данные обследования 113 больных (138 стоп), оперированных преимущественно по поводу выраженных деформаций hallux valgus. Пациенты основной группы были разделены на подгруппы в зависимости от основных особенностей хирургического вмешательства. В подгруппе I в основу лечения была положена резекционная артропластика I плюснефалангового сустава. Для лечения больных остальных подгрупп применялись сберегающие I плюснефаланговый сустав операции, основанные на коррекции положения I плюсневой кости: в подгруппе II - с помощью остеотомии SCARF, а в подгруппе III - проксимальной ротационной (синонимы: crescentic, полулунная, желобовидная, цилиндрическая) остеотомии I плюсневой кости в оригинальном исполнении (патент на изобретение РФ №2565374).

Группу контроля составили результаты обследования 34 человек (68 стоп) без деформаций стоп и клинических проявлений других заболеваний опорно-двигательной системы.

Обе группы были сопоставимы по полу и возрасту, а подгруппы больных также существенно не различались по исходному диагнозу.

Для оценки состояния стопы в до- и послеоперационном периоде

использовались широко применяющиеся для этой цели в России и за рубежом клиническая бальная шкала Американской ассоциации хирургии стопы и голеностопного сустава (AOFAS) и клиничко-рентгенологическая бальная шкала Грулье (Groulier) [Бережной С.Ю., 2014; Карданов А.А., 2016; Прозоровский Д.В., 2010; Сорокин Е.П., 2013; Pinsker E. et al., 2011].

Проводилось комплексное обследование больных. Пациенты обследовались перед операцией, при выписке из стационара и в различные сроки после выписки. Результаты клинического исследования сопоставлялись с рентгенологическими и биомеханическими данными.

При проведении исследования изучались особенности хирургического лечения hallux valgus (клинические особенности применения корригирующих операций – предоперационная подготовка, техника операции и послеоперационное лечение больных), а также полученные положительные результаты и осложнения. Особое внимание при изучении результатов лечения обращалось на выявление и анализ общих и местных операционных, послеоперационных и отдаленных осложнений и их взаимосвязь с результатами биомеханического обследования пациентов. Такой подход к проведению клинического исследования позволил сформировать рекомендации по оптимизации хирургического лечения hallux valgus на основе разработки и научного обоснования системы комплексного биомеханического мониторинга состояния больных, включающей оценку опорной и двигательной функций с помощью компьютерного биомеханического комплекса «ДиаСлед».

Сбор и анализ клинического материала выполнены лично автором. Также автор лично выполнил большинство биомеханических исследований на компьютерном диагностическом комплексе «ДиаСлед» у пациентов обеих групп.

Для наиболее полноценного решения поставленных задач в ходе работы использовались различные клинические и инструментальные методы исследования. Клиническими методами оценивалось общее состояние пациента и основные физиологические показатели функционирования его опорно-двигательной системы в целом. Наиболее детально изучались остаточные

возможности пораженных заболеванием или прооперированных стоп. Из методов лучевой диагностики использовалось общепринятое рентгенологическое обследование стопы. В процессе лечения больных использовались и учитывались лабораторные, а при показаниях - гистологические и бактериологические методы исследования. Для объективной оценки функции стоп использовались биомеханические методы. Полученные данные обрабатывались методами статистического анализа.

Таким образом, оценка результатов лечения hallux valgus проводилась с использованием принципа многофакторного анализа и включала несколько групп методик. Во-первых, для возможности сравнения полученных результатов с данными других исследований использовались широко известные бальные шкалы: клиническая шкала оценки AOFAS и клинико-рентгенологическая шкала Грулье. Во-вторых, для объективной оценки функциональной эффективности проведенного лечения изучались биомеханические показатели статики и походки с помощью компьютерного диагностического комплекса «ДиаСлед». В-третьих, исследование выполнено с использованием компьютерной техники и пакета прикладных компьютерных программ. Статистические расчеты выполнены с использованием компьютерных программных комплексов «Statistica» для Windows фирмы StatSoft (США) и «Mathcad» компании MathSoft (США).

## **2.2. Общая характеристика пациентов**

Все обследованные были разделены на две группы.

В основную группу включены данные обследования 113 больных (138 стоп, 25 больным операции выполнены с двух сторон).

Пациенты основной группы были разделены на подгруппы в зависимости от основных особенностей хирургического вмешательства. В подгруппе I в основу лечения была положена резекционная артропластика I плюснефалангового сустава (47 больных, 60 стоп). Для лечения больных остальных подгрупп применялись сберегающие I плюснефаланговый сустав корригирующие операции: в подгруппе II в основе операции лежала коррекция I плюсневой кости с помощью широко известной остеотомии SCARF (43 больных, 50 стоп), а в

подгруппе III в основе хирургического лечения использовалась новая предложенная методика (патент на изобретение РФ №2565374), включающая проксимальную ротационную (синонимы: crescentic, полулунная, желобовидная, цилиндрическая) остеотомию I плюсневой кости (23 больных, 28 стоп).

Группу контроля составили результаты обследования 34 человек (68 стоп) без деформаций стоп и клинических проявлений других заболеваний опорно-двигательной системы.

Обе группы сопоставимы по полу ( $p>0,05$ ) и возрасту ( $p>0,05$ ) (таблица 1).

Таблица 1

#### Общая характеристика больных по возрасту и полу

Группы пациентов	Кол-во больных	Кол-во стоп	Возраст (годы, min 24,max78)	Пол (%)	
				Жен.	Муж.
Контрольная	34	68	46,4±8,3	93,1	6,9
Основная	113	138	47,5±9,4	96,6	3,4

Подгруппы больных также существенно не различались по исходному диагнозу ( $p>0,05$ ). В основной группе большинство больных оперировано по поводу значительной (II-III ст.) деформации hallux valgus [Coughlin M.J. et al., 2014]: в подгруппах I-I, II и III – все, а в подгруппе I-II все, кроме 2 больных (3 стопы) с I степенью.

Все пациенты изучаемой совокупности обследовались несколько раз: до операции и далее в процессе наблюдения за больными результаты изучались в динамике через 1,5, 3, 6, 9, 12 месяцев и далее ежегодно. Однако в соответствии с целью, задачами и дизайном нашего исследования в работе представлены отдаленные исходы лечения в среднем через 5,6±0,7 года (от 4 до 19 лет), что позволяет дать оценку эффективности сравниваемых методик.

## 2.3. Методы исследования

### 2.3.1 Клиническое обследование больного

Эффективность хирургической коррекции для лечения деформации hallux valgus, особенно выраженной, в настоящее время не вызывает сомнений

[Карданов А.А., 2016; Pfeiffer G.B. et al., 2010]. В то же время данные вмешательства, несмотря на кажущуюся простоту, в реальности достаточно сложны, так как являются многокомпонентными - включают реконструкцию нескольких анатомических структур, которые имеют малые размеры и сложную анатомическую структуру. Кроме того, в условиях современного здравоохранения такое лечение часто является достаточно дорогостоящим для пациента, отличается разнообразием оперативной техники, фиксаторов и инструментария. Используемые в клинической практике методики и фиксаторы должны обеспечивать клинические исходы, характеризующиеся существенным улучшением качества жизни на длительный период времени при минимальном уровне осложнений. Для гарантированного улучшения результатов лечения необходимо использование наиболее эффективных методик. Выявить такие методики возможно лишь на основе анализа накопленного клинического опыта с помощью современных систем документации, позволяющих проводить корректную оценку результатов лечения пациентов. Тщательный сбор результатов обследования необходим не только для составления отчетов и подготовки научных работ, а прежде всего для того, чтобы практикующий врач в повседневной работе мог объективно выбрать наиболее оптимальную методику операции, имел возможность для полноценного и объективного анализа ближайших и отдаленных результатов в динамике, мог сравнивать их с показателями ведущих медицинских центров. Эти данные помогут врачу выбрать и применять наиболее эффективные меры профилактики и коррекции осложнений. В условиях медицинского страхования и конфликтных правовых ситуаций правильно оформленная документация служит решающим аргументом в защите интересов врача и пациента. Поэтому ее использование не является привилегией научных центров и специализированных кафедр - оно должно стать частью повседневной работы врачей всех учреждений, проводящих данный вид лечения [Кикачеишвили Т.Т., Соболев И.П., Безгодков Ю.А., 1988; Корнилов Н.В. и др., 1997; Vorontsova T. et al., 2001; Muller et al., 1994].

В связи с этим для оценки состояния стопы в до- и послеоперационном

периоде использовали клиническую бальную шкалу Американской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава (AOFAS) и клинорентгенологическую бальную шкалу Грулье (Groulier), которые используются для оценки результатов лечения деформаций переднего отдела стопы [Бережной С.Ю., 2014; Карданов, А.А., 2016; Прозоровский Д.В., 2010; Сорокин Е.П., 2013; Pinsker E., Daniels T., 2011].

Шкала AOFAS содержит 100 баллов и оценивает клинорфункциональные данные стопы. Максимально 100 баллов возможно присвоить больному без боли с полной амплитудой движений в суставах первого пальца без признаков нестабильности этих суставов, без ограничений повседневной и профессиональной активности, а также в выборе и ношении обуви. Результат лечения по шкале AOFAS оценивается как отличный при сумме 95-100 баллов, хороший – при 75-94, удовлетворительный – при 51-74, плохой - при 50 и менее баллов (таблица 2).

Шкала Грулье содержит 85 баллов, а результат лечения оценивается как отличный при сумме 71-85 баллов, хороший – при 60-70, удовлетворительный – при 29-59 и плохой – при 28 и менее баллов (таблица 3).

Обследование людей контрольной группы, а также обследование и лечение больных основной группы выполнено на базах кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургская государственная педиатрическая медицинская академия» Минздрава России, в том числе в ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России.

При формировании обследуемых групп основывались на следующих принципах отбора. В контрольную группу включали обследуемых здоровых людей без патологии крупных суставов нижних конечностей и стоп. Дополнительными условиями отбора были отсутствие выявленных клинически проявляющихся заболеваний опорно-двигательной системы другой локализации. Обязательным условием также был однотипный с основной группой возрастно-половой состав.

## Клиническая шкала AOFAS

Боль (максимум 40 баллов)	
Нет; легкая эпизодическая без нарушения активности	40 баллов
Умеренная эпизодическая; легкая ежедневная (после длительной ходьбы)	30 баллов
Умеренная ежедневная	20 баллов
Выраженная постоянная	0 баллов
Функция (максимум 45 баллов)	
Ограничение физической активности	
Нет ограничений	10 баллов
Нет ограничений повседневной активности, есть ограничение в спорте	7 баллов
Ограничение повседневной и спортивной активности	4 баллов
Выраженное ограничение активности	0 баллов
Требования к обуви	
Любая обувь без регулярного использования стелек	10 баллов
Обувь с постоянным использованием стелек	5 баллов
Ортопедическая обувь или ортез	0 баллов
Движения в плюснефаланговом суставе оперированного пальца (тыльное + подошвенное сгибание)	
Норма или легкое ограничение ( $\geq 75^\circ$ )	10 баллов
Умеренное ограничение ( $30^\circ - 74^\circ$ )	5 баллов
Выраженное ограничение ( $< 30^\circ$ )	0 баллов
Движения в межфаланговом суставе (подошвенное сгибание)	
Не ограничены	5 баллов
Умеренное ограничение ( $\geq 10^\circ$ )	3 балла
Выраженное ограничение ( $< 10^\circ$ )	0 баллов
Стабильность плюснефалангового и межфалангового суставов (во всех направлениях)	
Стабильный сустав	5 баллов
Нестабильность или риск вывиха	0 баллов
Гиперкератоз в области плюснефалангового и межфалангового суставов	
Нет или есть без клинических проявлений	5 баллов
Есть с клиническими проявлениями	0 баллов
Адаптация пальца к опорной поверхности (максимум 15 баллов)	
Опороспособные пальцы	15 баллов
Умеренное нарушение адаптации без клинических симптомов	8 баллов
Выраженное нарушение опороспособности с клиническими проявлениями	0 баллов

## Клинико-рентгенологическая шкала Грулье (Groulier)

Состояние первого луча (максимум 40 баллов)	
Hallux valgus	
Hallux valgus (10 - 19°)	20 баллов
Hallux valgus (20 - 25°)	15 баллов
Рецидив, или вальгусная деформация более 25°	0 баллов
Боль в I плюснефаланговом суставе	
Отсутствует	10 баллов
Редкая	6 баллов
Мешает	0 баллов
Движения в I плюснефаланговом суставе	
Норма	10 баллов
Ограничены	6 баллов
Тугоподвижность	0 баллов
Состояние переднего отдела стопы (максимум 28 баллов)	
Метатарзалгия	
Нет	10 баллов
Уменьшилась	5 баллов
Постоянная, без улучшения	0 баллов
Варусная установка I плюсневой кости	
Менее 10°	10 баллов
От 10° до 15°	8 баллов
Более 15°	0 баллов
Обувь	
Обычная	8 баллов
Специальная	6 баллов
Другое	0 баллов
Гиперкератоз	
Нет	5 баллов
Есть	0 баллов
Функциональная активность (максимум 12 баллов)	
Активность	
Спорт	6 баллов
Профессиональная	6 баллов
Снижена	0 баллов
Дистанция ходьбы	
Без ограничений	6 баллов
До 1 км	2 балла
Менее 500 метров	0 баллов

В основную группу включали больных преимущественно с выраженными (II-III ст.) деформациями hallux valgus, сочетающимися с поперечным и продольным плоскостопием. Все больные этой группы обследованы до операции. Отборочным критерием для последующего динамического наблюдения было соблюдение стандартных условий обследования.

Все пациенты изучаемой совокупности обследовались несколько раз: до операции, далее в процессе наблюдения за больными результаты изучались в динамике через 1,5, 3, 6, 9, 12 месяцев и далее ежегодно. Однако, в соответствии с целью, задачами и дизайном нашего исследования в работе представлены отдаленные исходы лечения в среднем через  $5,6 \pm 0,7$  года (от 4 до 19 лет), что позволяет дать оценку эффективности сравниваемых методик.

Общее клиническое обследование больного осуществляли по общепринятой схеме, а локальный статус оценивали с учетом следующих диагностических приемов.

Клиническую оценку изучаемой патологии начинали с изучения анамнеза заболевания. Далее выявляли пассивные и активные жалобы и проводили их детализацию. Прежде всего, уточнялась характеристика боли: ее локализация, условия возникновения, возможная иррадиация, степень выраженности, необходимость приема обезболивающих препаратов и их эффективность. Уточнялась локализация боли: в области экзостоза I плюсневой кости; в области деформированных пальцев преимущественно при ношении обуви; в области основания головок средних плюсневых костей после статической и динамической нагрузки (метатарзалгия); в области свода стопы; у основания пятки. Отдельно учитывались жалобы на наличие деформации стопы как причину косметического дефекта. Фиксировались жалобы, связанные с нарушением функции стоп, в том числе: ограничение движений пальцев, ограничение опоры на передний отдел стопы, хромоту, нарушение походки, необходимость использования ортопедических стелек. Выявлялись жалобы, связанные с наличием воспалительной реакции, в том числе вследствие бурсита I плюсне-фалангового сустава.

При осмотре оценивалась деформация стопы: пронация I пальца, нарушение

положения 2-5 пальцев, изменение сводов, установка стопы. Оценивалось наличие гиперкератоза в области поперечного свода и в области деформированных пальцев, определялись признаки бурсита I плюснефалангового сустава, наличие послеоперационных рубцов.

Проводилась пальпация для определения локальной боли, флюктуации при наличии бурсита I плюснефалангового сустава, стабильности I плюснефалангового сустава.

Степень эластичности стопы определялась путем мануальной попытки выведения I плюсневой кости из варусного положения и сближения головки I и II плюсневых костей. При I типе эластичности (гиперэластичности) усилия врача позволяют легко сблизить головки плюсневых костей и без труда сформировать поперечный свод стопы. При II типе для сближения головок плюсневых костей необходимо применять определенное усилие, а при III типе (ригидности) это невозможно. По данным А.А.Карданова с соавт. (2008) первый тип эластичности является наиболее неблагоприятным для отдаленных результатов оперативного лечения

Оценивалась гипермобильность I плюснеклиновидного сустава. Для этого проводился следующий тест: между I и остальными пальцами одной кисти фиксировались II-V плюсневые кости, не позволяя им двигаться друг относительно друга, другой рукой, удерживая в ней I плюсневую кость, пытались совершить движения в I плюснеклиновидном суставе в сагиттальной плоскости.

В норме в этом суставе имеются только качательные движения, а при гипермобильности они могут достигать 30-35° в сагиттальной плоскости и 10-15° - в горизонтальной [Сорокин Е.П., 2013].

Определялась ригидность вальгусной деформации I пальца для чего пытались вернуть его в исходное положение. Значительная деформация у большинства пациентов сопровождается стойкой вальгусной контрактурой, не позволяющей вывести основную фалангу из вальгусного положения в правильное. В норме в I плюснефаланговом суставе движения осуществляются только в сагиттальной плоскости.

Оценивалась амплитуда как пассивных, так и активных движений и фиксировалась плантафлексия и дорзифлексия.

Учитывалось, что в норме движения в I плюснефаланговом суставе составляют: 70–90° тыльного сгибания и 30° – подошвенного [Сорокин Е.П., 2013]; дорзифлексия 40°–100° и плантафлексия 3°–43° [Hensl H.E. et al., 2007]; дорзифлексия 45°–90° и плантафлексия 10°–40° [Coughlin M.J. et al., 2014].

По данным Clarkson H.M. и Gilewich G.B. в норме активные движения в пальцах стопы следующие. В плюснефаланговом суставе I пальца сгибание до 45°, разгибание – до 70°, в межфаланговом сгибание – до 90°, разгибание – 0°. В суставах II-V пальцев: в плюснефаланговом сгибание – до 40°, разгибание – до 40°; в проксимальном межфаланговом суставе сгибание – до 35°, разгибание – 0°, в дистальном межфаланговом суставе сгибание – до 60°, разгибание – 0° [Clarkson H.M., Gilewich G.B., 1991].

Уточнялась причина контрактуры - связана ли она с наличием остеофитов, артроза или является следствием деформации и отсутствия конгруэнтности в суставе.

Для измерения движений в суставах стопы использовался так называемый «Метод нейтрального нулевого положения» [Muller et al., 1994]. Принципы этого метода были впервые опубликованы под этим названием Cave и Roberts в 1936 г. Претерпев различные методологические изменения и адаптацию, метод нейтрального нулевого положения получил международное признание, особенно с точки зрения электронной обработки данных медицинской документации. В качестве метода измерения и документирования он удовлетворяет требованиям простоты, точности и копирования. В первую очередь измерялись сгибание и разгибание в плюсне - фаланговых суставах, также оценивались движения в других суставах стопы.

Принцип определения амплитуды движений в суставе методом нейтрального нулевого положения заключается в измерении движений в суставе относительно нейтральной - нулевой позиции. Нулевое положение сустава определяется терминами, характеризующими нормальное анатомическое положение.

Нормальная подвижность в суставах равна средней величине движений у здоровых взрослых людей. Наличие патологии определяется сравнением движений в парных суставах и средними данными амплитуды движений в норме. В протоколе обследования всякое движение в суставе и противоположное ему движение обозначается тремя цифрами: крайние точки амплитуды движений и нулевое положение (нейтральная позиция). Если двигательный сегмент проходит нулевое положение, цифра «0» пишется между двумя цифрами, полученными при измерениях крайних позиций. Например, активное сгибание - разгибание в I плюсне - фаланговом суставе:  $45^\circ / 0^\circ / 70^\circ$ ; пассивное:  $50^\circ / 0^\circ / 75^\circ$ .

Если нейтральное положение отклонено от нормы, например, когда у больного имеется контрактура или боль в конечных точках амплитуды движений, цифра «0» пишется впереди или позади полученных цифр. Таким образом, можно точно охарактеризовать ограничение движений в суставе. Например, если активное сгибание - разгибание в I плюсне - фаланговом суставе  $20^\circ / 10^\circ / 0^\circ$ ; а пассивное  $25^\circ / 10^\circ / 0^\circ$ , то имеется сгибательная контрактура в этом суставе величиной  $10^\circ$ .

Оценивалась иннервация стопы. В том числе выявлялось возможное нарушение чувствительности с медиальной стороны большого пальца (медиальный плантарный подошвенный нерв), которое может сочетаться с жалобами на онемение и покалывание. Нарушение чувствительности медиальной поверхности большого пальца может возникать вследствие тракционного нарушения проводимости указанного нерва, возникающего вследствие отклонения большого пальца.

Кровоснабжение стоп играет важную роль в течении репаративных процессов после операции и вероятности инфекционных осложнений. Поэтому исследовали пульсацию на бедренной и подколенной артериях, на тыльной артерии стопы и задней большеберцовой артерии, выявляли признаки заболеваний вен нижних конечностей, определяли выраженность волосяного покрова, температуру, цвет стоп по сравнению с проксимальными отделами нижних конечностей и между собой.

Обе ноги осматривались на предмет нарушения кожных покровов. Выявлялось наличие гиперкератоза, оценивалась его локализация, размер, выраженность и болезненность. Определялось наличие другой кожной патологии (в том числе грибковое поражение).

Выявлялись сопутствующие заболевания, которые могут ухудшить результат лечения.

Перечисленные клинические методики применялись для исследования стопы с целью косвенной оценки степени нарушения ее функции до хирургического лечения и в различные сроки после операции.

Возможное укорочение конечности определяли по общепринятой методике. При оценке симптома Тренделенбурга обращалось внимание на степень перекоса таза, характеризующуюся углом, образующимся между линией, соединяющей передне-верхние ости крыла подвздошной кости (*lin. bispinalis*) и горизонтальной линией.

### **2.3.2. Методы лучевой диагностики**

Рентгенологическое обследование пациентов дополняло клиническое и проводилось до и в различные сроки после операции. Основная задача применения методов лучевой диагностики заключалась в правильной постановке диагноза и определении тактики лечения до операции, а после хирургического исправления *hallux valgus* - в точной оценке степени коррекции, оценке состояния суставов, выявлении признаков нестабильности фиксаторов и других осложнений.

Рентгенография с нагрузкой в передне - задней и боковой проекциях обеспечивает функциональную информацию. Существует значительная разница в измерениях между рентгенограммами с нагрузкой и без нее. При выполнении рентгенограммы в передне - задней проекции обеих стоп рентгеновская трубка располагается на расстоянии 1 метр от исследуемой поверхности, трубка центрируется между стопами, направляется в область плюснефаланговых суставов и наклоняется кпереди относительно фронтальной плоскости на 10-15°.

Для визуализации сесамовидных костей выполняется аксиальная рентгенография в положении на животе с опорой на пальцы стоп при их

дорзифлексии, центральный пучок лучей трубки отклоняется каудально на  $10^\circ$ .

На полученных рентгенограммах обследуемого пациента оценивались дегенеративные изменения суставов и измерялись анатомические показатели, позволяющие оценить деформацию, поставить диагноз и обосновать показания к операции.

На рентгенограмме в передне – задней проекции оценивались следующие основные показатели.

1. Угол вальгусного отклонения I пальца стопы – угол между осью I плюсневой кости и осью основной фаланги I пальца. Норма – меньше  $16^\circ$  [Карданов А.А., 2016], меньше  $15^\circ$  [Coughlin M.J. et al., 2014; Hensl H.E. et al., 2007].
2. Межфаланговый угол I пальца. Измеряется как угол между осями проксимальной и дистальной фаланг. Норма – до  $8^\circ$  [Карданов А.А., 2016], до  $10^\circ$  [Hensl H.E. et al., 2007]. Он характеризует деформацию I пальца за счет ногтевой фаланги.
3. Первый межплюсневый угол – угол между осями I и II плюсневых костей. Норма – до  $14^\circ$  [Сорокин Е.П., 2013], до  $9^\circ$  [Coughlin M.J. et al., 2014; Hensl H.E. et al., 2007]. Варусная деформация I плюсневой кости (*metatarsus primus varus*) характеризуется увеличением этого угла.
4. Угол наклона суставной поверхности основной фаланги показывает отношение суставной поверхности основания проксимальной фаланги к ее оси и измеряется как угол между осью I плюсневой кости и осью, проведенной перпендикулярно к линии, соединяющей края суставной поверхности основания проксимальной фаланги.
5. Угол наклона суставной поверхности головки I плюсневой кости, показывает отношение суставной поверхности головки к оси кости и измеряется как угол между осью I плюсневой кости и осью, проведенной перпендикулярно к линии, соединяющей края суставной поверхности головки I плюсневой кости. Норма – до  $8^\circ$  бокового отклонения [Сорокин Е.П., 2013], до  $10^\circ$  [Hensl H.E. et al., 2007].
6. Угол наклона проксимальной суставной поверхности I плюсневой кости – угол между линией, проведенной через края проксимальной суставной поверхности и

осью I плюсневой кости. Норма угла наклона суставной поверхности плюснеклиновидного сустава до  $10^\circ$  медиального отклонения, при большей величине угла сустав считается нестабильным [Hensl H.E. et al., 2007].

7. Конгруэнтность суставных поверхностей I плюснефалангового сустава. На рентгенограмме определяются крайние медиальная и латеральная точки суставной поверхности головки плюсневой кости и суставной поверхности основания проксимальной фаланги. В случае инконгруэнтности точки проксимальной фаланги смещаются латерально относительно соответствующих точек головки I плюсневой кости.

8. Положение медиальной (тибиальной) сесамовидной кости относительно оси I плюсневой кости: 0 ст. = нет смещения, I ст. – смещение до 50%, II ст. – смещение более 50%, III ст. – полное смещение.

9. Длина I плюсневой кости относительно II.

10. Функциональная гипертрофия плюсневых костей, преимущественно средних, свидетельствует об их перегрузке и может оцениваться по кортикоморфологическому индексу Барнет-Нордин.

Для более точных измерений анатомических структур на рентгенограмме использовалась рентгеноконтрастная линейка, которую укладывали вдоль стопы. Стандартные размеры фиксаторов служили ориентиром при оценке рентгенограмм после операции.

В опубликованных работах классификации hallux valgus различаются (таблица 4). Все они основаны на оценке наиболее информативных рентгенологических углов и разделяют деформацию на 3 или 4 степени. С нашей точки зрения, наиболее практичной и распространенной является классификация Coughlin M.J. et al. (2014), которую можно считать модификацией классификации Яременко Д.А. (1985), основанной на большом числе клинических наблюдений и статистическом анализе.

### **2.3.3. Биомеханическая оценка статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед»**

Клиническая оценка функции стояния (поддержания вертикальной статической позы) и ходьбы, производимая врачом травматологом-ортопедом, в

определенной степени субъективна. В связи с этим для объективной качественной и количественной оценки влияния хирургического лечения hallux valgus на возможность поддержания позы в статике и на походку использованы биомеханические методы исследования: стабилметрия, динамометрия, подография.

Таблица 4

## Классификации hallux valgus (в градусах)

Источник классификации	Угол hallux valgus <sup>1</sup>				I межплюсневый угол <sup>2</sup>			
	Степень деформации				Степень деформации			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Яременко Д.А., 1985	<20	20-30	30-40	>40	8-12	12-15	15-21	21-29
Корнилов Н.В., 2006	<20	20-35	> 35	–	–	–	–	–
Гамолин С.В., 2011	<20	21-30	31-40	>40	<10	11-15	16-20	>20
Карданов А.А., 2016	<25	≥25	<35	–	<12	≤18	>18	–
Hensl Н.Е., Sands А.К., 2007	<30	30-40	>40	–	<13	13-20	>20	–
Richardson E.G., 2013	<25	25-40	>40	–	–	–	–	–
Coughlin M.J. et al., 2014	15-20	20-40	>40	–	9-11	11-16	>16	–

<sup>1</sup> - норма до 15° [Coughlin M.J. et al., 2014]; до 16° [Карданов А.А., 2016].

<sup>2</sup> - норма до 9° [Coughlin M.J. et al., 2014]; 8-12° [Яременко Д.А., 1985]; до 14° [Сорокин Е.П., 2013].

Биомеханическое обследование пациентов выполнено на клинических базах кафедры, в том числе в ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» МЗ РФ под руководством профессора Ю.А. Безгодкова на биомеханическом компьютерном диагностическом комплексе «ДиаСлед» (производство ООО «ВИТ», программное обеспечение ООО «ДиаСервис», Санкт-Петербург), позволяющем осуществлять стабилметрию, динамометрию и подографию. Это современная медицинская технология, дающая возможность, в отличие от других, в том числе и зарубежных аналогов, провести полноценный качественный и количественный анализ изучаемых параметров.

Стабилметрия – метод регистрации силового взаимодействия стоп с опорой и определения общего центра тяжести (давления) (ОЦТ/ОЦД) и центров тяжести (давления) правой и левой нижних конечностей (ЦТ). При выполнении этого диагностического приема пациент находится на платформе с

тензометрическими датчиками, или в его обувь вложены стельки со встроенными тензометрическими датчиками. Информация от датчиков регистрируется персональным компьютером и анализируется с помощью специальной программы, которая рассчитывает положение ОЦТ и ЦТ конечностей. В динамике определяются траектории ОЦТ и ЦТ конечностей.

Динамометрия – метод регистрации силового взаимодействия стоп с опорой и распределения давления под разными участками всей стопы при статическом положении тела и в динамике.

Подография – метод оценки динамической опороспособности нижних конечностей при ходьбе, основанный на регистрации и оценке временных параметров фаз опоры и переноса стопы. Для этого в стандартную обувь, не изменяющую естественный перекал стопы при ходьбе, вставляются стельки индивидуального размера со встроенными тензометрическими датчиками, соединенные электрическим проводом или телеметрической системой с персональным компьютером, на котором установлена программа, позволяющая рассчитать нагрузку под разными отделами стопы во времени с определением графиков интегрального давления (ГИН) конечностей и графика общего интегрального давления. Последовательный компьютерный анализ показателей тензоэлементов позволяет регистрировать различные показатели, такие как длительность фаз шага, перекал стоп и ритмичность в секундах, а также в процентах к продолжительности двойного шага.

Первичная информация на комплекс «ДиаСлед» поступает в виде данных об изменении распределения давления по плантарной поверхности стоп в положении пациента стоя, при ходьбе или при выполнении других видов движения.

Комплекс включает 7 пар функциональных (измерительных) стелек с датчиками давления резистивного типа. Стельки подключаются кабелем связи к блоку преобразования сигнала, который условно называется «носимым» блоком, поскольку при обследовании его крепят поясом на талии пациента, а далее – к модулю сопряжения, который устанавливают в шину стационарного компьютера.

Количество датчиков в стельке определяется ее типоразмером. Например,

стелька 28-го размера содержит 190 датчиков. Плотность установки датчиков почти одинакова для различных типоразмеров стелек. Частота опроса каждого датчика – 100 отсчетов в секунду. Так, за трехсекундный тест с измерительных стелек в компьютер передается и подвергается обработке 114000 показаний тензодатчиков, за 20-секундный тест – 760000, а одна минута обследования сопровождается обработкой 2280000 показаний тензодатчиков.

При обследовании стельки вкладывают в стандартную обувь или, при необходимости, в обувь пациента, которому предлагают выполнить необходимый тест. При этом информация о давлении передается на персональный компьютер по кабелю связи через модуль преобразования сигнала или по радиоканалу через модуль сопряжения. Вывод данных производится оригинальной программой «ДиаСлед» в операционной системе «Windows» (рисунок 1).

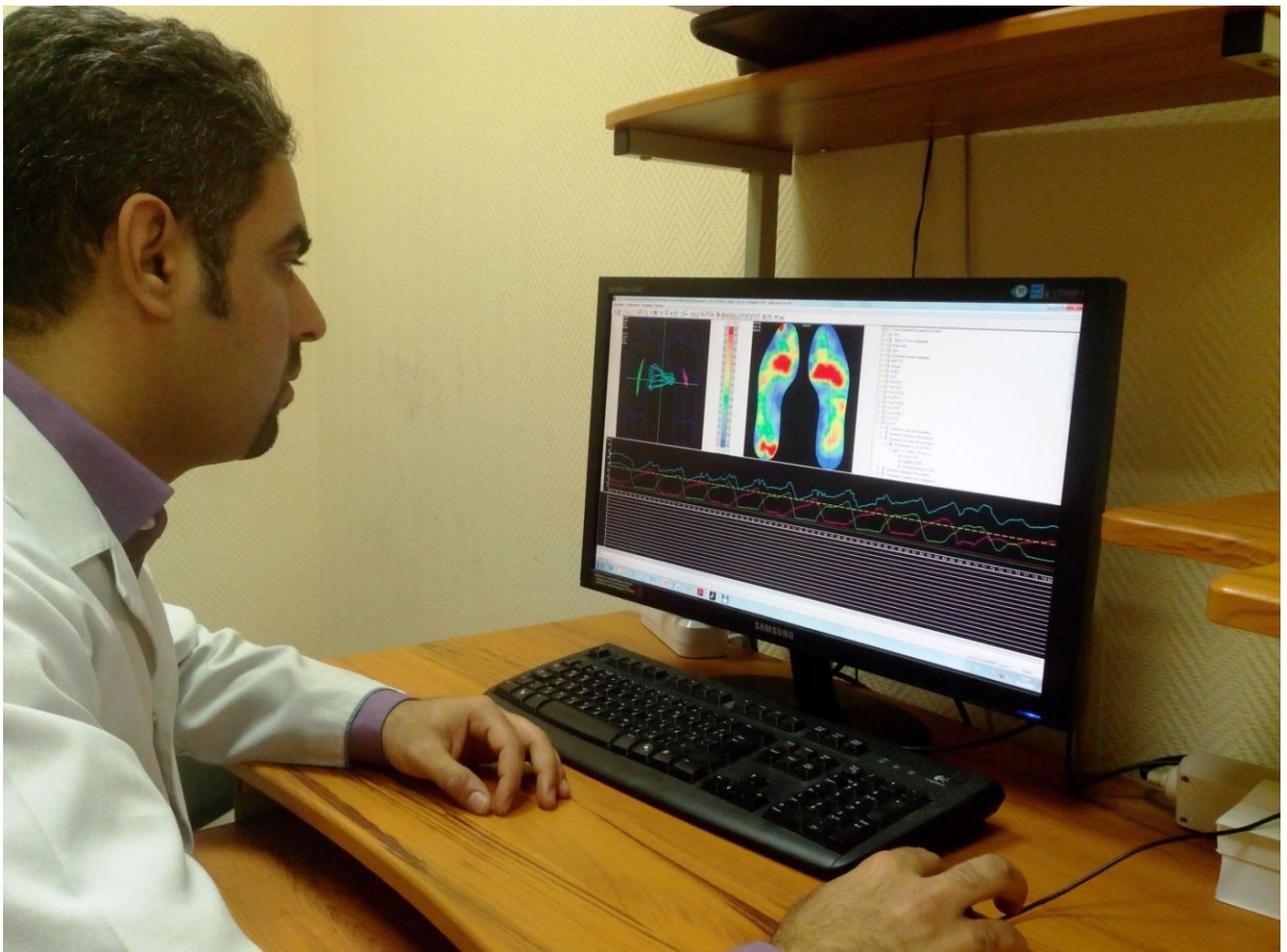


Рисунок 1. Анализ результатов обследования на компьютерном биомеханическом диагностическом комплексе «ДиаСлед».

В соответствии с целью и задачами настоящего исследования для нашего анализа из всех биомеханических данных о пациенте, полученных в результате обследования, были отобраны данные стандартных тестов: исследования статического положения в среднем физиологическом положении (10 сек) и ходьбы в среднем темпе (20 сек).

После хирургической коррекции hallux valgus из общего числа больных отобрано 24 пациента с разной длиной нижних конечностей. У 50% обследованных больных наблюдалось укорочение оперированной нижней конечности, и еще у 50% – контрлатеральной. Им проводились стандартные диагностические тесты, после чего на основании биомеханического контроля по предложенной методике (патент РФ №2532880) проводился подбор компенсации разной длины нижних конечностей.

Программное обеспечение комплекса «ДиаСлед» позволяет: формировать базу данных обследования в виде картотеки пациентов с анкетами, листами посещения, протоколами обследования и заключениями об обследовании; обрабатывать и комплексно анализировать биомеханические показатели; сравнивать показатели до и после лечения.

Результаты обработки информации представляются в виде: траекторий центра давления под стопами (для каждой стопы и суммарной для обеих стоп); топологии распределения давления под стопами; графиков изменения суммарного давления под каждой стопой и общего для обеих стоп; подограммы (графиков изменения суммарного давления под различными участками стопы – пяткой, предплюсневым отделом, плюсневым отделом, носком); протокола обследования с результатами анализа состояния стопы и опорно-двигательной функции по результатам обследования на модуле; заключения об обследовании с учетом результатов клинического осмотра пациента и протокола обследования.

Для определения функционального состояния нижних конечностей важно оценить: структуру графиков интегральной нагрузки на стопы; распределение давления под стопами; ориентацию, плавность и длину траектории центра давления под каждой стопой и совместно для обеих конечностей; последовательность

включения стоп в опору; асимметрию биомеханических характеристик и их различие для левой и правой конечностей.

Для получения качественных результатов соблюдались стандартные условия обследования. Для исключения влияния акустических помех на работу вестибулярного аппарата и, соответственно, на показатели статического положения и походку, обследование проводилось в отдельном помещении при отсутствии посторонних лиц, кроме обследуемого и специалиста. Оценка биомеханических параметров походки проводилась после прохождения участка 12-15 м, что позволяло регистрировать около 10 шагов и подвергать статистическому анализу биомеханические данные походки каждого пациента.

#### **2.3.4. Статистический анализ**

Статистический анализ применялся для получения качественной и количественной характеристики клинико-рентгенологических и биомеханических результатов обследования здоровых людей и больных с hallux valgus. Количественное изучение результатов обследования посредством статистических методов не подменяло качественный анализ результатов, а служило материальной базой для него. При применении статистического метода учитывались следующие требования его проведения. Во-первых, для анализа подбирались однородные, то есть одинаковые с точки зрения их свойств и влияния на характер изучаемого процесса, группы пациентов и параметры их обследования. Используемая система документации и оценки результатов лечения hallux valgus облегчила выполнение этого требования. Во-вторых, параметры обследования, подвергаемые статистической обработке, отбирались таким образом, чтобы их было достаточно для получения наиболее полной и объективной оценки результатов лечения, а также для определения характера влияния различных факторов на эти результаты. Тщательный сбор параметров обследования способствовал выполнению этого требования. В-третьих, статистическому анализу подвергалось достаточное число наблюдений, отражающих общие свойства изучаемого процесса, а не случайные признаки.

Полученные результаты обследования пациентов подвергались статистической

обработке. Вычислялись следующие основные статистические величины. Средняя арифметическая величина ( $M$ ), представляет среднее арифметическое значение от всех вариант наблюдения и вычисляется как отношение суммы вариант к числу наблюдений. Медиана, представляет значение средней варианты наблюдения, вычисляется по формуле:  $(\text{число наблюдений} + 1) / 2$ . Минимальное (Мин) и максимальное (Макс) значения изучаемого параметра. Стандартное (основное или среднее квадратическое) отклонение ( $\sigma$ ), характеризует однородность вариационного ряда. Если к средней арифметической величине прибавить или отнять значение одного стандартного отклонения, то в этих пределах будет находиться не менее 68,3% вариант, что считается нормой для изучаемого явления. Средняя ошибка средней арифметической величины ( $m$ ) является доверительным интервалом, с помощью которого определяются границы возможного размера изучаемого явления, и вычисляется по формуле:  $\sigma / \sqrt{N}$ , где  $N$  – число наблюдений. Достоверность различий между сравниваемыми величинами определяли по критерию Стьюдента. Статистические расчеты выполнены с использованием компьютерных программных комплексов «Statistica» для Windows фирмы «StatSoft» и «Mathcad» компании «MathSoft».

### **Глава 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ HALLUX VALGUS И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ**

#### **3.1. Новый «способ лечения вальгусной деформации первого пальца и варусной деформации первой плюсневой кости стопы» (патент на изобретение РФ №2565374)**

Изучение опубликованных работ показало, что hallux valgus, продольное и поперечное плоскостопие широко распространены и часто сочетаются. Такие деформации стоп сопровождаются нарушением их опорной и двигательной функций, что приводит к физическим и моральным страданиям больных. Поэтому приоритетной задачей их хирургического лечения следует считать максимальное восстановление показателей биомеханики [Безгодков Ю.А. и др., 2011, 2012; Кузнецов И.А., 2008; Сорокин Е.П., 2013]. Применяющиеся операции не всегда достаточно эффективны, часть их сопровождается осложнениями, выбор методики нередко основан на субъективных предпочтениях хирурга, а при изучении результатов объективная биомеханическая оценка часто отсутствует или ограничена. Среди опубликованных работ лишь немногие представляют новые методики, раскрывающие дополнительные возможности и перспективы восстановления биомеханики опорной и двигательной функций [King С.М. et al., 2014]. Основываясь на кафедральном опыте изучения биомеханики опорно-двигательной системы более чем у 10000 больных, в том числе более 300 оперированных по поводу деформаций стоп, в настоящей работе поставлена актуальная задача разработать новую более эффективную методику лечения сложных деформаций hallux valgus выраженной степени, сочетающихся с продольным и поперечным плоскостопием.

Для лечения hallux valgus предложено значительное число хирургических методик [Карданов А.А., 2016]. Учитывая их недостатки, автором поставлена задача разработать новую и более эффективную, позволяющую улучшить результаты лечения в виде 1) улучшения косметического вида оперированной

стопы, 2) полной и стойкой коррекции деформации, 3) исключения остаточного болевого синдрома и метатарзалгии, 4) улучшения опорной и динамической функции оперированных стоп, 5) исключения осложнений и необходимости повторных операций.

Согласно разработанной нами новой методике улучшенный результат достигается за счет того, что в способе лечения вальгусной деформации I пальца и варусной деформации I плюсневой кости стопы, включающем медиальный хирургический доступ к I плюснефаланговому суставу, бурсэктомии, медиальную капсулотомию, экзостозэктомии, хирургический доступ в I межплюсневом промежутке и латеральный релиз в виде аддукторотенотомии с латеральной капсулотомией I плюснефалангового сустава, хирургический доступ к основанию I плюсневой кости, ее остеотомию желобовидной формы с коррекцией варусной деформации и фиксацию, остеотомию основной фаланги I пальца, коррекцию ее вальгусной деформации и фиксацию, медиальную пластику капсулы I плюснефалангового сустава и ушивание ран, доступ к основанию I плюсневой кости для ее остеотомии выполняют по медиальной поверхности на уровне плантарного края кости длиной от 1,8 до 3,0 см, плоскость остеотомии располагают вогнутой стороной вперед, проксимальный край остеотомии располагают не далее 5-7 мм от суставной поверхности основания I плюсневой кости, остеотомию выполняют инструментом с диаметром, на 2-5 мм превышающим величину поперечника кости в зоне остеотомии, ось остеотомии (ось цилиндра, образуемого плоскостью остеотомии) располагают на 1-4 мм латеральнее оси кости, остеотомию направляют от дистального конца кости с медиально-плантарной поверхности стопы и продолжают проксимально-дорзально-латерально, в сагиттальной плоскости, проходящей вертикально и совпадающей с осью I плюсневой кости, остеотомию направляют под углом  $45^{\circ}$ - $85^{\circ}$  от оси кости в этой плоскости, во фронтальной плоскости, проходящей перпендикулярно оси I плюсневой кости и сагиттальной плоскости, остеотомию направляют под углом  $5^{\circ}$ - $45^{\circ}$  от линии пересечения этих плоскостей, устраняют сложную варусно-ротационно-дорзифлексионную деформацию I плюсневой

кости, при необходимости дополнительной коррекции укорочения I плюсневой кости и сводов стопы дистальный фрагмент смещают плантарно вдоль плоскости остеотомии, удаляют экзостоз головки I плюсневой кости после ее проксимальной остеотомии, коррекции деформации и фиксации, выполняют реверсивную шевронную остеотомию основной фаланги I пальца со спилами под углом  $60^{\circ}$ - $130^{\circ}$  и в случае сочетания варусной деформации I плюсневой кости и вальгусной деформации I пальца стопы с вальгусной деформацией V плюсневой кости выполняют проксимальную остеотомию V плюсневой кости аналогично I плюсневой.

Необходимость новых элементов методики и их связь с эффектом обоснована следующим.

Доступ к основанию I плюсневой кости для ее остеотомии выполняют по медиальной поверхности на уровне плантарного края кости длиной от 1,8 до 3,0 см, что исключает наличие хорошо видимого тыльного послеоперационного рубца, делает образующийся рубец малозаметным и этим улучшает косметический вид стопы, а предлагаемая ограниченная величина доступа 1,8-3,0 см уменьшает травматичность, улучшает косметический вид и достаточна для хирургической манипуляции. Величина доступа 1,8-3,0 см предложена на основании анатомических измерений I плюсневых костей стоп. Доступ менее 1,8 см чрезмерно затрудняет выполнение остеотомии, а более 3,0 см - излишний для выполнения манипуляции и более травматичный.

Плоскость остеотомии I плюсневой кости располагают вогнутой стороной вперед для того, чтобы не ограничивать латеральное смещение дистального фрагмента и сохранять плотный контакт остеотомированных поверхностей после устранения деформации, а также чтобы лучше сохранить кровоснабжение проксимального фрагмента.

Проксимальный край остеотомии располагают не далее 5-7 мм от суставной поверхности основания I плюсневой кости для максимального сохранения ее длины после коррекции и ее лучшего срастания. Расстояние менее 5 мм может привести к расколу проксимального фрагмента во время остеотомии, а более 7 мм

увеличивает укорочение и приближает остеотомию к диафизу, имеющему худшее кровоснабжение и более длительное срастание.

Остеотомию I плюсневой кости выполняют инструментом с диаметром, на 2-5 мм превышающим величину поперечника кости в зоне остеотомии, что предотвращает расхождение фрагментов и сохраняет их плотный контакт после коррекции деформации, улучшает стабильность фиксации и условия для срастания. Величина диаметра инструмента менее 2 мм может привести к расхождению фрагментов во время коррекции деформации, а более 5 мм значительно ограничивает возможности коррекции деформации.

Ось остеотомии (ось цилиндра, образуемого плоскостью остеотомии) располагают на 1-4 мм латеральнее оси I плюсневой кости, что обеспечивает больший торцевой упор фрагментов после коррекции и увеличивает стабильность их фиксации. Отсутствие латерального смещения или медиальное смещение оси остеотомии относительно оси кости ограничивает стабильность остеотомии, а латеральное смещение более 4 мм нарушает выполнение остеотомии.

Остеотомию I плюсневой кости направляют от ее дистального конца кости с медиально-плантарной поверхности стопы и продолжают проксимально-дорзально-латерально, что улучшает косметический вид стопы после операции, исключая необходимость тыльного доступа, обеспечивает формирование плоскости остеотомии, позволяющей полную коррекцию и исключение осложнений.

Остеотомию I плюсневой кости в сагиттальной плоскости, проходящей вертикально и совпадающей с осью I плюсневой кости, направляют под углом  $45^{\circ}$ - $85^{\circ}$  от оси кости в этой плоскости, что обеспечивает полную латеральную и ротационную коррекцию дистального фрагмента I плюсневой кости и соответственно коррекцию поперечного свода. Остеотомия под углом менее  $45^{\circ}$  сопровождается гиперкоррекцией ротационной деформации, а более  $85^{\circ}$  практически не позволяет осуществить коррекцию ротационной деформации.

Остеотомию I плюсневой кости направляют под углом  $5^{\circ}$ - $45^{\circ}$  от линии пересечения сагиттальной плоскости, проходящей вертикально вдоль оси I

плюсневой кости, и фронтальной плоскости, проходящей перпендикулярно сагиттальной плоскости и оси I плюсневой кости, что обеспечивает полную коррекцию дистального фрагмента I плюсневой кости в виде плантафлексии и, соответственно, коррекцию поперечного и продольного сводов. Остеотомия под углом менее  $5^{\circ}$  практически не позволяет осуществить коррекцию дорзифлексионной деформации, а более  $45^{\circ}$  сопровождается ее гиперкоррекцией и уменьшением стабильности.

В ходе операции устраняется сложная варусно-ротационно-дорзифлексионная деформация I плюсневой кости, что обеспечивает полную коррекцию сложной деформации и, тем самым, улучшает результаты и исключает осложнения.

При необходимости дополнительной коррекции укорочения I плюсневой кости и сводов стопы дистальный фрагмент смещают плантарно вдоль плоскости остеотомии, что делает коррекцию деформации более полной, улучшает результаты и исключает осложнения.

Удаление экзостоза головки I плюсневой кости после ее проксимальной остеотомии, коррекции деформации и фиксации, обеспечивает исключение чрезмерной резекции и профилактики осложнения - варусной деформации I пальца.

Реверсивная шевронная остеотомия основной фаланги I пальца со спилами под углом  $60^{\circ}$ - $130^{\circ}$  обеспечивает более стабильную фиксацию фрагментов и лучшие условия для дополнительной фиксации винтом. Остеотомия под углом менее  $60^{\circ}$  сопровождается уменьшением стабильности, а больше  $130^{\circ}$  травматична.

В случае сочетания варусной деформации I плюсневой кости и вальгусной деформации I пальца стопы с вальгусной деформацией V плюсневой кости выполняют проксимальную остеотомию V плюсневой кости аналогично I плюсневой для полной коррекции поперечного плоскостопия и улучшения результатов лечения.

Предлагаемая методика позволяет улучшить результаты лечения за счет

улучшения косметического вида стопы после операции, полной и стойкой коррекции деформации, исключения остаточного болевого синдрома и метатарзалгии, улучшения опорной и динамической функций оперированных стоп, исключения осложнений и необходимости повторных операций.

Таким образом, разработанная новая методика является эффективной для лечения сложных деформаций *hallux valgus*, сочетающихся с поперечным и продольным плоскостопием.

### **3.2. Новый «способ оценки функционального укорочения нижней конечности» (патент на изобретение РФ №2532880, не имеет аналогов – «пионерский»)**

При обследовании опорно-двигательной системы больных и здоровых людей с использованием биомеханических методов (опыт кафедры более 10000 наблюдений) установлено, что небольшая разница длины ног является не редкой анатомической особенностью человека. В то же время разная длина ног сопровождается их асимметричной нагрузкой [Безгодков Ю.А., Ауди К., Воронцова Т.Н., Кудяшев А.Л., 2012; Hoefnagels E.M. et al., 2016; Kendalla J.C. et al., 2014; Murrel P. et al., 1991; Swaminathan V. et al., 2014; Wylde V. et al. 2009].

Преимущественно в молодом возрасте и при отсутствии физических перегрузок такая разница часто остается бессимптомной. Однако, часто при увеличении возраста пациента, его физической активности и веса, асимметрия длины ног, сопровождающаяся дисбалансом их нагрузки, может приводить к возникновению различной асимметричной статической деформации стоп, в том числе hallux valgus, разной высоте продольного свода, ригидности I плюсне-фалангового и других суставов, болевому синдрому. Степень деформации и выраженность клинических проявлений, прогрессирование заболевания обычно соответствует перегрузке, вызванной биомеханическим дисбалансом из-за разной длины ног.

С другой стороны, асимметрия статических деформаций стоп, в том числе разная величина продольного свода, и их клинических проявлений также могут изменять функциональную длину нижних конечностей, влияя на их перегрузку и прогрессирование заболевания.

Поэтому в настоящем исследовании поставлена актуальная задача: разработать новый объективный способ оценки функционального укорочения нижней конечности на основании биомеханической оценки двигательной функции при разной длине нижних конечностей для профилактики прогрессирования и рецидива hallux valgus после хирургического лечения.

Изобретение относится к травматологии и ортопедии, также может применяться в реабилитации и неврологии для точной оценки функционального

укорочения нижней конечности, в том числе при различных деформациях стоп включая hallux valgus, для профилактики прогрессирования и рецидива деформации после хирургического лечения путем точной коррекции этого укорочения и устранения перегрузки.

Задачей изобретения является повышение точности оценки функционального укорочения нижней конечности.

Согласно изобретению, технический результат поставленной задачи достигается тем, что в способе оценки функционального укорочения нижней конечности при ходьбе пациента измеряют мощность шага левой и правой нижних конечностей и при асимметрии показателей до 1% относительно средней мощности шага укорочение считают компенсированным, при асимметрии от 2% до 8% - субкомпенсированным, а при асимметрии более 9% - декомпенсированным.

Измерение функционального укорочения конечности при ходьбе является условием повышения точности измерений, так как ходьба, а не статическая поза является важнейшей функцией нижних конечностей. Во время ходьбы человека функциональная длина нижних конечностей часто отличается от функциональной длины в стандартной статической ортоградной позе. Учитывая этот факт, а также то, что при ходьбе нижняя конечность испытывает гораздо большие нагрузки, чем в статике, измерение относительной длины нижних конечностей при ходьбе особенно важно. При ходьбе время периода опоры и сила реакции опоры нижней конечности, выражающиеся интегральным показателем мощности шага, зависят от функциональной длины нижней конечности. Так, при «идеальной» ходьбе и переменной опоре на нижние конечности равной функциональной длины мощность шагов правой и левой ног будет одинакова. При разной функциональной длине нижних конечностей показатели мощности их шагов отличаются. Поэтому точно количественно судить о разнице функциональной длины нижних конечностей (укорочении) при ходьбе можно по отношению показателей мощности их шагов.

Способ осуществляют следующим образом. При помощи сантиметровой ленты определяют функциональную длину конечностей и вычисляют разницу

длин нижних конечностей (R). Для этого измеряют расстояние от мечевидного отростка до внутренних лодыжек в положении больного лежа на спине, при этом больного укладывают таким образом, чтобы ось туловища была перпендикулярна к биспинальной линии, а стопы располагались свободно. Пациент встает на специальное устройство для регистрации положения горизонтальной проекции общего центра тяжести. Пациента, находящегося на устройстве, устанавливают на функциональную стельку, толщина которой в пяточной области равна R - 0,5 см (меньше разницы функциональных длин нижних конечностей на 0,5 см), далее изменяют толщину стельки таким образом, что положение горизонтальной проекции общего центра тяжести перемещается со своего первоначального положения в область, ограниченную линиями, проходящими на расстоянии  $\pm 0,5$  см вправо-влево и  $\pm 1,5$  см вперед-назад от середины расстояния между внутренними лодыжками. Пациент стоит в стандартной ортоградной позе: пятки и носки на одном уровне, расстояние между стопами 15-20 см, колени выпрямлены, руки свободно висят. Производится запись. Функциональная стелька под укороченную ногу набирается из жестких подкладок толщиной 0,1 см, 0,5 см, 1 см, 1,5 см и так далее до требуемой высоты.

Пациент с установленной в обувь функциональной стелькой проходит 10-15 шагов в стандартных условиях (в прямом направлении, по ровной однородной поверхности, без внешних раздражителей), при этом регистрируют биомеханические параметры ходьбы - мощность шага левой и правой нижних конечностей. Далее рассчитывают среднюю мощность шага (средняя мощность шага = (мощность шага левой нижней конечности + мощность шага правой нижней конечности) / 2). При асимметрии показателей мощности шага левой и правой нижних конечностей более 1% относительно средней мощности шага высоту подобранной в стандартной ортоградной позе функциональной стельки изменяют и проводят повторные измерения показателей мощности шага, при этом добиваются наименьших показателей асимметрии. Если выявляют асимметрию показателей мощности шага правой и левой нижних конечностей до 1% относительно средней мощности шага, укорочение считают компенсированным,

при асимметрии от 2% до 8% - субкомпенсированным, а при асимметрии более 9% - декомпенсированным.

Для регистрации изменений положения горизонтальной проекции общего центра тяжести и мощности шага используется серийная аппаратура - диагностический биомеханический компьютерный комплекс «ДиаСлед» (Санкт-Петербург).

Предлагаемый способ позволяет повысить точность оценки функционального укорочения нижней конечности, что особенно важно для коррекции разной длины ног. Точное определение и коррекция укорочения конечности позволяет исключить перегрузку больной конечности и, тем самым, уменьшить проявления и замедлить прогрессирование деформаций стоп и дегенеративных процессов суставов, уменьшить возможность рецидива деформации стоп после хирургического лечения.

Точное определение длины ног важно для устранения укорочения и, тем самым, улучшения походки, исключения дискомфорта, исключения перегрузки больной конечности, замедления прогрессирования деформирующего артроза стоп и обеспечения профилактики осложнений после хирургического лечения статических деформаций стоп.

Таким образом, предложен способ оценки функционального укорочения нижней конечности, отличающийся тем, что при ходьбе пациента измеряют мощность шага левой и правой нижних конечностей и при асимметрии показателей до 1% относительно средней мощности шага укорочение считают компенсированным, при асимметрии от 2% до 8% - субкомпенсированным, а при асимметрии более 9% - декомпенсированным.

После хирургической коррекции *hallux valgus* из общего числа больных, обследованных в ближайшие сроки после операции (через 1,5–3 мес), отобрано 24 пациента с разной длиной нижних конечностей (до 1,5 см). У 50% обследованных больных наблюдалось укорочение оперированной нижней конечности, и еще у 50% – контрлатеральной. Этим больным проводились стандартные диагностические тесты для определения биомеханических показателей, после

чего на основании биомеханического контроля по предложенной методике проводился подбор степени компенсации разной длины нижних конечностей.

Установлено, что отрицательным биомеханическим последствием разной длины нижних конечностей является перегрузка оперированной стопы, а одним из наиболее информативных показателей такой перегрузки является асимметрия мощности шага при ходьбе (таблица 5).

Таблица 5

Оценка показателя асимметрии мощности шага  
у обследованных разных групп (%)

Группа обследования	М	σ
Контрольная группа	3,2 <sup>1</sup>	0,3%
Больные после хирургической коррекции hallux valgus до компенсации разной длины ног	10,7 <sup>2</sup>	4,8
Больные после хирургической коррекции hallux valgus после компенсации разной длины ног	2,4 <sup>3</sup>	0,6

<sup>1-2, 2-3</sup> -  $p < 0,05$ . <sup>1-3</sup> -  $p > 0,05$ .

На основании данных об асимметрии длины ног, полученных с помощью предложенного способа, и обоснованного устранения этого дефекта путем подкладывания чаше под укороченную ногу точно подобранного компенсатора достигнуто эффективное устранение перегрузки оперированной конечности.

У всех пациентов, которым оценивали функциональное укорочение нижней конечности после подбора оптимальной высоты ортопедической стельки по предложенному способу в сроки наблюдения до 5 лет, дискомфорта, связанного с ношением стелек, не наблюдалось, отмечено облегчение ходьбы, уменьшение или исчезновение боли, особенно остаточной метатарзалгии, улучшение биомеханических показателей походки.

### 3.3. Резюме

Учитывая недостатки методов хирургического лечения hallux valgus, в том числе остеотомии SCARF, выявленные при изучении данных литературы и собственного клинического опыта, предложен новый «способ лечения вальгусной деформации первого пальца и варусной деформации первой плюсневой кости стопы» (патент РФ №2565374), позволяющий улучшить результаты лечения. Эффективность разработанного способа, особенно для улучшения функциональных результатов, подтверждена теоретически в патентных материалах и при анализе клинического опыта (глава 4).

Поставленная задача по разработке нового объективного способа оценки функционального укорочения нижней конечности на основании биомеханического измерения двигательной функции при разной длине нижних конечностей решена благоприятным образом для больных с hallux valgus за счет разработки нового, объективного, информативного, неинвазивного и безвредного «способа оценки функционального укорочения нижней конечности» («пионерский» патент РФ №2532880), теоретически обоснованного и апробированного в практике.

## **Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ И МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ С HALLUX VALGUS ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ**

### **4.1. Результаты клинико-рентгенологического обследования больных с hallux valgus до и после хирургического лечения**

#### **4.1.1. Предоперационная оценка**

В литературе представлены различные оперативные методики лечения hallux valgus и клинико-рентгенологические результаты их применения с различной степенью доказательности. Так, например, еще Peabody (1931), применяя дистальную остеотомию I плюсневой кости для лечения hallux valgus, утверждал, что все его пациенты удовлетворены, а осложнения отсутствуют [Peabody C.W., 1931]. Однако, неполная удовлетворенность больных и ортопедов исходами операций и наличие осложнений и сегодня являются стимулом для дальнейших исследований.

Представление об эффективности хирургического лечения hallux valgus не ограничивалась традиционной клинико-рентгенологической оценкой операций - в отличие от других исследований, настоящая работа включает многофакторный анализ, где клинические и рентгенологические данные дополнены объективной оригинальной биомеханической оценкой функциональных результатов.

#### Распределение больных по группам.

Контрольная группа здоровых людей без деформаций стоп и клинических проявлений другой патологии опорно-двигательной системы обследовалась клиническими и биомеханическими методами (34 человека, 68 стоп).

Основная группа (113 больных и 138 стоп, в том числе 25 больным однотипные операции выполнены с двух сторон) разделена на подгруппы в зависимости от использованной хирургической методики.

В подгруппу I вошли больные, для лечения которых использованы резекционные методики типа Мейо - Вредена и Шеде - Брандеса.

В подгруппу I-I включены больные (7 человек, 14 стоп), оперированные по

методике типа Мейо - Вредена (резекция головки I плюсневой кости) в других лечебных учреждениях, а обследование и изучение отдаленных результатов проводилось во время амбулаторных консультаций сотрудников кафедры, на которые они вынуждены были обращаться в связи с неполным удовлетворением результатами данной операции. Несмотря на опубликованные данные о клинических исходах этого типа операций, они, хотя и не часто, продолжают выполняться отдельными хирургами, а так как биомеханическая оценка их функциональных результатов не представлена в опубликованных работах, то данная подгруппа была взята для анализа.

В подгруппу I-II включены больные (40 человек, 46 стоп), которым выполнялись операции типа Шеде - Брандеса (резекции экзостоза I плюсневой кости и основания проксимальной фаланги I пальца). Поскольку эта методика, несмотря на опубликованные достоинства и недостатки, остается в арсенале ортопедов, а функциональные результаты недостаточно информативно представлены в публикациях с позиций биомеханики, эти больные также были взяты для анализа.

В подгруппу II включены больные (43 человек, 50 стоп), в основе хирургического лечения которых использовалась диафизарная остеотомия SCARF. Данная операция сегодня является одной из самых используемых отечественными и зарубежными ортопедами так как позволяет исправлять значительную деформацию и рано активизировать больных, однако, после нее так же встречаются осложнения, а функциональные результаты не всегда удовлетворяют больных и не убедительно представлены в публикациях с позиций биомеханики, поэтому эти больные также были взяты для анализа.

В подгруппу III включены больные, в основе хирургического лечения которых использовалась новая предложенная методика (патент на изобретение РФ №2565374), включающая проксимальную ротационную (синонимы: crescentic, полулунная, желобовидная, цилиндрическая) остеотомию I плюсневой кости (23 больных, 28 стоп). Данная методика, так же как остеотомия SCARF и другие диафизарные и проксимальные остеотомии I плюсневой кости, позволяет

исправлять значительную деформацию. Но кроме этого она обладает рядом преимуществ. Поэтому больные, оперированные по данной методике, для изучения ее эффективности были включены в работу и обследовались клинико-рентгенологическими и биомеханическими методами.

Этиология деформации. Для изучения в основную группу были включены больные со статической деформацией hallux valgus. Пациенты с другой этиологией деформации (врожденной, нейрогенной, посттравматической) не принимались для исследования, чтобы обеспечить однородность групп.

Пол. Среди обследованных больных преобладали женщины (96,6%), что соответствует данным других исследователей о преобладании данной патологии среди женщин и их более частой обращаемости для лечения.

Возраст. Средний возраст составил  $47,5 \pm 9,4$  лет (от 24 до 78 лет), что демонстрирует наибольшие страдания у активных работоспособных людей и их стремление к восстановлению функциональной активности.

Сторона поражения / операции. Практически все больные имели двустороннее поражение, отличающееся по величине морфологической выраженности и клинических проявлений. Последнее учитывалось при определении показаний к выбору стороны хирургического вмешательства. С учетом клинико-анатомических проявлений и индивидуальных предпочтений прооперировано 103 больных (128 стоп), в том числе 25 больным однотипные операции выполнены с двух сторон.

Сопутствующие заболевания. В исследование не включались больные диабетом, имеющие особенности поражения стопы. Больные старшего возраста обычно имели сопутствующую патологию других органов и систем вне обострения этих заболеваний, но эта патология не являлась определяющей для выбора методики операции. Практически все женщины страдали патологией венозной системы нижних конечностей вне обострения на момент операции. Наличие венозной патологии косвенно подтверждало статический характер деформации.

Гипермобильность I луча. Больным с гипермобильностью I луча, как

правило, сопровождавшейся другими проявлениями недостаточности соединительной ткани (в том числе, гипермобильностью других суставов), учитывая значительный отечественный и зарубежный опыт, рекомендовали и выполняли корригирующий артродез I плюсне-клиновидного сустава, поэтому такие пациенты не включены в настоящее исследование для обеспечения однородности групп.

Предшествующее хирургическое лечение деформаций. Для обеспечения однородности групп и более четкой оценки результатов лечения оценивались результаты первичных операций.

Жалобы. Больные предъявляли следующие основные жалобы, связанные с наличием деформации стопы: боль в области I плюснефалангового сустава – 100%, метатарзалгия – 100%, эстетический дефект – 100%, боль во 2-5 пальцах – 31%, другие – 100%. Следует отметить, что у всех больных деформация стопы приводила и к нарушению функции, в том числе ограничению времени стояния и ходьбы, трудностям в подборе обуви. Однако, несмотря на наличие функциональных нарушений у всех, более молодые пациенты чаще акцентировали жалобы на эстетическом дефекте, вызванном деформацией стопы, а пациенты старшего возраста больше обращали внимание на болевые ощущения.

У всех больных отмечен бурсит I плюснефалангового сустава вне обострения, у 3 больных отмечалась ограниченная трофическая язва в проекции головки I плюсневой кости как результат хронической травматизации мягких тканей.

Деформации 2-го пальца. У 22 больных hallux valgus сочетался с молоткообразной деформацией 2-го пальца.

#### Сравнительная оценка хирургических методик.

Операции I и II подгрупп выполнены разными специалистами. Операции больным подгруппы III, выполненной по новой методике, выполнены одним ортопедом.

Обезболивание. Характер обезболивания определялся условиями проведения операции. Большинство больных оперировалось стационарно под

перидуральной анестезией. Амбулаторно оперировано 8 стоп подгруппы I-I под местной анестезией.

Для лучшей визуализации тканей на время операции осуществлялось ее обескровливание путем наложения турникета в нижней трети голени.

#### Операция типа Мэйо - Вредена.

Медиальным доступом к I плюснефаланговому суставу вскрывается капсула и отсепаровывается от головки. Головка резецируется. Часть капсулы вводится в образовавшуюся полость в качестве интерпозита. Выполняется медиальная капсулопластика для придания I пальцу правильного положения. Осуществляется контроль гемостаза и рана ушивается. Палец фиксируется в правильном положении мягкой повязкой. Разрешается ранняя опора. Швы снимаются через 2 недели.

Таким образом, операция типа Мэйо - Вредена не ведет к улучшению соотношения костных структур, формирующих поперечный и продольный своды стопы. Более того, резекция головки I плюсневой кости исключает ее из опоры и нарушает строение и функцию поперечного и продольного сводов. Ширина переднего отдела стопы значительно уменьшается, позволяя использовать обувь обычного размера. Резекция головки I плюсневой кости в сочетании с «латеральным релизом» (рассечение латеральной части контрагированной капсулы и ослабление смещающего эффекта мышцы, отводящей I палец стопы) и медиальной капсулопластикой способствует исправлению hallux valgus и уменьшению боли вследствие устранения прямого взаимодействия между измененными суставными поверхностями. Однако, эти анатомические изменения ослабляют силу движений I пальца и ограничивают амплитуду.

#### Операция типа Шеде - Брандеса.

Выполняется медиальный хирургический доступ к I плюснефаланговому суставу. При наличии гипертрофированной подкожной сумки последняя иссекается. Для выполнения резекции мобилизуется капсула сустава, при этом отсекается сухожилие мышцы, отводящей I палец стопы, а также латеральная часть контрагированной капсулы. Резецируется проксимальная часть основной

фаланги на величину, достаточную для декомпрессии сустава и выпрямления пальца (до 1/3). Линия остеотомии направляется перпендикулярно оси фаланги. После остеотомии формируется вогнутость на поверхности оставшегося фрагмента проксимальной фаланги, конгруэнтная головке I плюсневой кости. Затем резецируется медиальный экзостоз головки I плюсневой кости, причем плоскость остеотомии располагается по борозде Гейбаха по линии, проходящей вдоль наружного медиального кортикального слоя диафиза. Пострезекционные выступающие края сглаживаются. Избыточная часть капсулы сустава иссекается и выполняется капсулопластика, способствующая удержанию правильного положения I пальца. Для сохранения расстояния между головкой I плюсневой кости и основной фалангой с целью последующего образования фиброзной прослойки сустав фиксируется трансартикулярно спицей Киршнера, или альтернативно после операции выполняется вытяжение I пальца. Осуществляется контроль гемостаза и операционная рана послойно ушивается. Накладывается гипсовая или пластиковая лонгетная повязка с формированием сводов стопы и выполняется вытяжение за ногтевую фалангу I пальца по его оси (в случае отсутствия трансартикулярной фиксации). Для удобства ходьбы в лонгете ее подошвенная сторона моделируется выпуклой формы типа «пресс-папье». Со вторых суток после операции (после исчезновения последствий анестезии и полного восстановления чувствительности) пациентам разрешается ходить с частичной опорой на оперированную конечность. Швы снимаются через 14 дней. Иммобилизация и вытяжение I пальца (или трансартикулярная фиксация) прекращается через 3 недели со дня операции. После снятия лонгеты назначается восстановительное лечение, направленное на улучшение движений в оперированном I плюснефаланговом суставе.

Таким образом, операция типа Шеде - Брандеса не ведет к восстановлению соотношения костных структур, формирующих поперечный и продольный своды стопы. Удаление медиального экзостоза I плюсневой кости незначительно уменьшает ширину переднего отдела стопы, поэтому не всегда позволяет использовать обувь обычного размера. Кроме того, экзостозэктомия не ведет к

изменению взаимоотношения I и II плюсневых костей. Отсечение основания проксимальной фаланги I пальца стопы в сочетании с «латеральным релизом» (отсечением места прикрепления сухожилия мышцы, отводящей I палец стопы, а также латеральной части контрагированной капсулы) и медиальной капсулопластикой способствует исправлению hallux valgus и уменьшению боли вследствие устранения прямого взаимодействия между измененными суставными поверхностями. Однако, произведенные анатомические изменения ослабляют силу движений I пальца и ограничивают амплитуду.

#### Операция типа SCARF.

Выполняется медиальный доступ к I плюснефаланговому суставу продленный вдоль диафиза I плюсневой кости. Производится бурсэкзостозэктомия. Через отдельный разрез в I межпальцевом промежутке выполняется «латеральный релиз» (аддукторотенотомия и латеральная капсулотомия I плюснефалангового сустава с низведением и последующей фиксацией сесамовидных костей к месту их нормального анатомического расположения). Тело I плюсневой кости освобождается распатором от надкостницы по внутренней поверхности для доступа осцилляторной пилы и осуществляется Z-образная остеотомия (рисунок 2А). Производится латеральное отклонение дистального фрагмента для устранения варусного положения I плюсневой кости, а при необходимости производится коррекция ее длины. Остеосинтез I плюсневой кости осуществляется двумя винтами. При наличии вальгусной деформации основной фаланги I пальца осуществляется ее варизирующая остеотомия типа Akin. Производится контроль гемостаза и ушивание раны. I палец в правильном положении фиксируется мягкой повязкой. После операции разрешается ограниченная нагрузка на оперированную стопу в ортопедической обуви, разгружающей передний отдел стопы.

Таким образом, операция типа SCARF позволяет исправить положение I пальца благодаря комплексному вмешательству - Z-образной остеотомии I плюсневой кости, «латеральному релизу» и остеотомии проксимальной фаланги I пальца типа Akin. Удаление медиального экзостоза и Z-образная остеотомия I

плюсневой кости позволяют существенно уменьшить ширину переднего отдела стопы и в последующем носить обувь обычного размера. Сохранение суставных поверхностей I плюснефалангового сустава в сочетании с «латеральным релизом» позволяет исправить положение I пальца, ликвидировать артрогенную боль максимально сохранив силу и амплитуду его движений. Однако, Z-образная остеотомия I плюсневой кости технически ограничена в возможности устранения дорзифлексионного и ротационного (пронационного) компонентов ее деформации, сопровождающей hallux valgus. Поэтому не следует ожидать от нее полноценного восстановления функции поперечного свода в виде улучшения опороспособности головки I плюсневой кости и разгрузки середины переднего отдела стопы. Отсутствие возможности полноценного устранения дорзифлексионного компонента деформации I плюсневой кости так же не способствует восстановлению продольного свода в случае его снижения при hallux valgus.

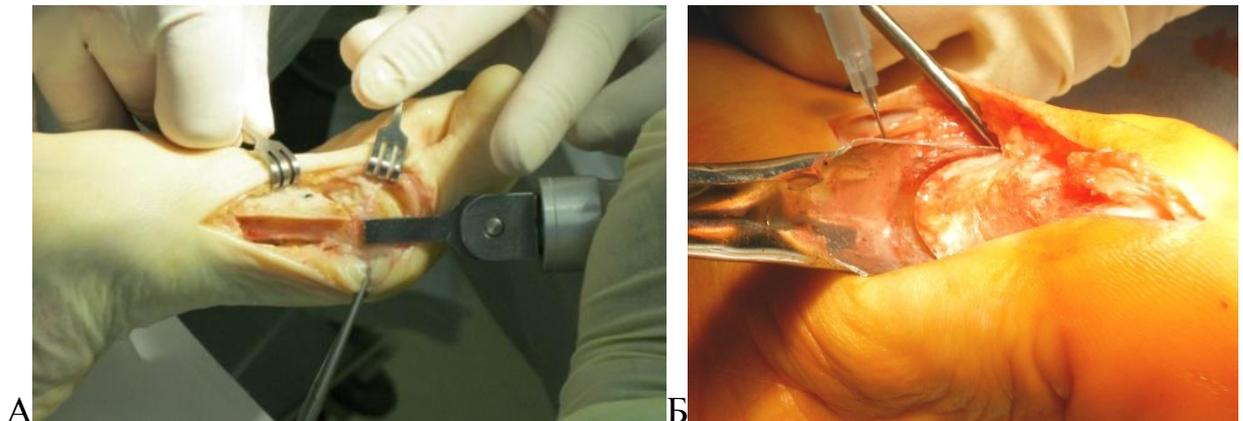


Рисунок 2. Остеотомии I плюсневой кости: А – SCARF (больная П. 54 г.),  
Б – «ротационная» (больная М. 64 г.).

#### Новая методика (рисунок 2Б).

Новый «способ лечения вальгусной деформации первого пальца и варусной деформации первой плюсневой кости стопы» (патент на изобретение РФ №2565374) так же, как операция типа SCARF, дает возможность полноценно исправить положение I пальца с достаточным сохранением его силы и амплитуды движений, ликвидировать артрогенную боль, максимально восстановить ширину

стопы, что позволяет носить обычную обувь. В то же время он обладает рядом преимуществ по сравнению с предыдущей методикой, из которых особенно следует отметить возможность полной коррекции всех компонентов деформации I плюсневой кости при hallux valgus - устранение не только варусного компонента деформации, но и пронации и элевации I плюсневой кости, что непосредственно способствует улучшению анатомии и функции поперечного и продольного сводов стопы. Так как обеспечение специальными фиксаторами (пластины и винты с угловой стабильностью, винты типа Герберта) не входит в программу ОМС, то для обеспечения доступности лечения малообеспеченным пациентам подгруппы III фиксацию остеотомии I плюсневой кости проводили спицами Киршнера. Расположение спиц позволяло проводить дозированную нагрузку стопы с первых дней после операции и удалять их через 6 недель без дополнительного вмешательства.

#### Коррекция латеральных пальцев.

У 12 больных (18 стоп) деформация hallux valgus сочеталась с молоткообразной (сгибание средней фаланги и разгибание ногтевой) ригидной деформацией II пальца. Для ее коррекции осуществляли сберегательную ограниченную резекцию дистальных мышечков проксимальной фаланги.

#### **4.1.2. Оценка результатов лечения**

Изучение состояния стопы по шкале AOFAS показало следующую динамику в подгруппах (таблица 6).

Таблица 6

Динамика состояния стопы в подгруппах по шкале AOFAS ( $M \pm \sigma$ )

Основная группа	До операции	Отдаленный результат
Подгруппа I-I	$48 \pm 8^1$	$54 \pm 7^5$
Подгруппа I-II	$50 \pm 10^2$	$67 \pm 7^6$
Подгруппа II	$49 \pm 11^3$	$87 \pm 8^7$
Подгруппа III	$51 \pm 9^4$	$93 \pm 6^8$

<sup>1-5; 2-6; 3-7; 4-8; 5-6-7-8</sup> -  $p < 0,05$ . <sup>1-2-3-4</sup> -  $p > 0,05$ .

В подгруппе I-I после операции типа Мейо - Вредена результат лечения был

самым низким. Это связано с остаточным болевым синдромом в виде метатарзалгии, который не уменьшался со временем, а у ряда больных усилился, кроме того перегрузка латеральных смежных плюсневых костей стала причиной стрессовых переломов третьих плюсневых костей у трех пациентов. Больные не могли заниматься спортом и были ограничены в ходьбе и стоянии при выполнении бытовой и профессиональной деятельности. Несмотря на то, что ширина стопы уменьшилась после операции существенно (за счет резекции головки I плюсневой кости), и больные могли носить более узкую обувь, они вынуждены были использовать ортопедические стельки и подбирать обувь на более мягкой амортизирующей подошве для уменьшения метатарзалгии. Движения в I плюснефаланговом суставе были ослаблены, а сустав был нестабилен, и несмотря на улучшение расположения I пальца на опорной поверхности сила его движений и, соответственно, опороспособность оставались снижены.

В подгруппе I-II после операции типа Шеде - Брандеса результат лечения был лучше, чем в предыдущей подгруппе. В то же время отсутствие высокой оценки у этих больных связано прежде всего с остаточным болевым синдромом в виде метатарзалгии, который не уменьшился после лечения. Больные не могли заниматься спортом и оставались ограничены в ходьбе и стоянии при выполнении бытовой и профессиональной деятельности. Ширина стопы уменьшилась после операции незначительно (только за счет резекции экзостоза I плюсневой кости), и больные могли носить более узкую, но не всегда обычную обувь, также они вынуждены были использовать ортопедические стельки и подбирать обувь на более мягкой амортизирующей подошве для уменьшения метатарзалгии. Движения в I плюснефаланговом суставе были ограничены, а сустав нестабилен, и, несмотря на улучшение расположения I пальца на опорной поверхности, сила его движений и, соответственно, опороспособность оставались снижены.

В подгруппе II после операции типа SCARF результат лечения был более высоким, чем в предыдущих подгруппах. В то же время большинство этих больных беспокоил остаточный болевой синдром в виде метатарзалгии, который у части пациентов уменьшился, у некоторых остался без динамики, а у отдельных даже

увеличился после лечения. Остаточная метатарзалгия ограничивала стояние и ходьбу при выполнении бытовой и профессиональной деятельности, а у людей, склонных к занятиям спортом, и этот вид активности. Ширина стопы уменьшилась после операции практически до нормы (за счет резекции экзостоза I плюсневой кости и уменьшения первого межплюсневого угла), и больные могли носить обычную по размеру обувь, однако часто они ограничивали себя в использовании модельной обуви, вынуждены были использовать ортопедические стельки и подбирать обувь на более мягкой амортизирующей подошве для уменьшения остаточной метатарзалгии. Движения в I плюснефаланговом суставе были ограничены незначительно, а сустав стабилен, что при исправленном положении I пальца на опорной поверхности и улучшении силы его движений существенно восстанавливало его опороспособность.

В подгруппе III после операции по новой методике результат лечения был незначительно, но достоверно более высоким, чем в предыдущей подгруппе. Это было связано, прежде всего, с практически полным отсутствием остаточного болевого синдрома в виде метатарзалгии, так как методика гарантированно позволяет устранять не только более выраженный компонент деформации I плюсневой кости – варусный, но и элевацию и пронацию, и, тем самым, позволяет исправлять все компоненты деформации *hallux valgus*, а также улучшать поперечный и продольный своды стопы, обеспечивающие функциональную активность человека. Отсутствие остаточной метатарзалгии не ограничивало стояние и ходьбу при выполнении бытовой и профессиональной деятельности, а у людей, склонных к заниматься спортом, и этот вид активности. Больные могли носить обычную по размеру обувь, а при необходимости и модельную, хотя в качестве профилактики рецидива деформации обувь на высоком каблуке с узким носом им не была рекомендована. Движения в I плюснефаланговом суставе были ограничены незначительно и обеспечивали физиологическую амплитуду при ходьбе, а сустав стабилен, что при исправленном положении I пальца на опорной поверхности способствовало восстановлению силы его движений и, соответственно, опороспособности.

При оценке состояния стопы в динамике по шкале Грулье выявлены следующие особенности (таблица 7).

Таблица 7

Динамика состояния стопы в подгруппах по шкале Грулье ( $M \pm \sigma$ )

Основная группа	До операции	Отдаленный результат
Подгруппа I-I	$39 \pm 7^1$	$54 \pm 5^5$
Подгруппа I-II	$41 \pm 8^2$	$63 \pm 7^6$
Подгруппа II	$40 \pm 9^3$	$76 \pm 6^7$
Подгруппа III	$39 \pm 8^4$	$81 \pm 3^8$

1-5; 2-6; 3-7; 4-8; 5-6-7-8 -  $p < 0,05$ . 1-2-3-4 -  $p > 0,05$ .

В подгруппе I-I после операции типа Мейо - Вредена результат лечения был самым низким. Это было связано с не всегда достаточной коррекцией hallux valgus вследствие отсутствия коррекции metatarsus I varus. Движения в I плюснефаланговом суставе были ограничены, хотя и достаточны для ходьбы, однако из-за нестабильности сустава и уменьшения силы движений опороспособность I пальца оставалась снижена. Перегрузка головок средних плюсневых костей сопровождалась плантарным гиперкератозом. Больных беспокоил остаточный болевой синдром в виде метатарзалгии, который не уменьшался со временем, а у ряда больных усилился, кроме того перегрузка латеральных смежных плюсневых костей стала причиной трех стрессовых переломов третьих плюсневых костей. Несмотря на то, что ширина стопы уменьшилась после операции существенно (за счет резекции головки I плюсневой кости), и больные могли носить более узкую обувь, они вынуждены были использовать ортопедические стельки и подбирать обувь на более мягкой амортизирующей подошве для уменьшения метатарзалгии. Больные не могли заниматься спортом и были ограничены в ходьбе и стоянии при выполнении бытовой и профессиональной деятельности.

В подгруппе I-II после операции типа Шеде - Брандеса результат лечения был лучше, чем в предыдущей подгруппе. В то же время имеющиеся недостатки ограничивали его оценку. Так же как и в предыдущей подгруппе это было связано

с не всегда достаточной коррекцией hallux valgus вследствие отсутствия коррекции metatarsus I varus. Движения в I плюснефаланговом суставе были ограничены, хотя и достаточны для ходьбы, однако из-за нестабильности сустава и уменьшения силы движений опороспособность I пальца оставалась снижена. Перегрузка головок средних плюсневых костей сопровождалась плантарным гиперкератозом. Больных беспокоил остаточный болевой синдром в виде метатарзалгии, оставшийся без улучшения. Несмотря на то, что ширина стопы немного уменьшилась после операции (только за счет резекции экзостоза I плюсневой кости), и больные могли носить более узкую, но не всегда обычную обувь, они вынуждены были использовать ортопедические стельки и подбирать обувь на более мягкой амортизирующей подошве для уменьшения метатарзалгии. Больные не могли заниматься спортом и были ограничены в ходьбе и стоянии при выполнении бытовой и профессиональной деятельности.

В подгруппе II после операции типа SCARF результат лечения был более высоким, чем в предыдущей подгруппе. Положительная динамика была связана с достаточной коррекцией hallux valgus и metatarsus I varus. Движения в I плюснефаланговом суставе были легко ограничены, но достаточны для ходьбы, а благодаря улучшению положения и сохранению силы движений опороспособность I пальца была улучшена. В то же время большинство этих больных беспокоил остаточный болевой синдром в виде метатарзалгии, который у части из них уменьшился, у некоторых остался без динамики, а у отдельных даже увеличился после лечения. Перегрузка головок средних плюсневых костей не редко сопровождалась их гиперкератозом. Остаточная метатарзалгия ограничивала стояние и ходьбу при выполнении бытовой и профессиональной деятельности, а у людей, склонных к заниматься спортом, и этот вид активности. Ширина переднего отдела стопы уменьшилась после операции практически до нормы (за счет резекции экзостоза I плюсневой кости и уменьшения первого межплюсневого угла), и больные могли носить обычную по размеру обувь, однако, часто они ограничивали себя в использовании модельной обуви, вынуждены были использовать ортопедические стельки и подбирать обувь на более мягкой амортизирующей

подошве для уменьшения остаточной метатарзалгии.

В подгруппе III после операции по новой методике результат лечения был незначительно, но достоверно более высоким, чем в предыдущей подгруппе. Так же, как в предыдущей подгруппе положительная динамика была связана с достаточной коррекцией hallux valgus и metatarsus I varus. Движения в I плюснефаланговом суставе были легко ограничены, но достаточны для ходьбы, а благодаря улучшению положения и сохранению силы движений опороспособность I пальца была улучшена. Преимущество по сравнению с предыдущей подгруппой было достигнуто, прежде всего, вследствие практически полной ликвидации остаточного болевого синдрома в виде метатарзалгии, так как методика гарантированно позволяет устранять не только ведущий компонент деформации I плюсневой кости – варусный, но и элевацию и пронацию, и, тем самым, позволяет исправлять все компоненты деформации hallux valgus, а так же улучшать поперечный и продольный своды стопы, обеспечивающие функциональную активность человека. Разгрузка головок средних плюсневых костей сопровождалась исчезновением плантарного гиперкератоза. Отсутствие остаточной метатарзалгии не ограничивало стояние и ходьбу при выполнении бытовой и профессиональной деятельности, а у людей, склонных к занятиям спортом, и этот вид активности. Больные могли носить обычную по размеру обувь, а при необходимости - и модельную, хотя в качестве профилактики рецидива деформации обувь на высоком каблуке с узким носом им не рекомендовалась.

## **4.2. Результаты биомеханической оценки статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед»**

### **4.2.1 Результаты биомеханической оценки статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» в контрольной группе**

#### Биомеханическое исследование статики.

Стабилометрия. Стабилометрические исследования выполнялись для определения устойчивости положения тела пациента. Методика предусматривает оценку проекционного расположения общего центра масс (центра давления) и центров масс (центров давления) нижних конечностей на горизонтальную опорную поверхность в стандартном положении человека в течение контрольного времени неподвижного стояния. В результате измерения на дисплее отображается проекционное расположение общего центра масс (отображение действия силы тяжести, проходящей через центр тяжести тела пациента), а также проекционное расположение центров масс левой и правой нижних конечностей (отображение действия силы тяжести, проходящей через центры тяжести этих конечностей).

Во фронтальной плоскости оптимальным следует считать равное распределение нагрузки на нижние конечности, что обеспечивает условие минимизации опорной реакции стоп. В этом случае общий центр масс должен располагаться на одинаковом расстоянии от проекционного изображения опорных поверхностей стоп. Статистический анализ положения общего центра масс по оси X (горизонтальная проекция фронтальной плоскости) в стандартном статическом положении у лиц контрольной группы показал его практически полное совпадение с теоретическим оптимальным значением при незначительном отклонении в сторону левой нижней конечности (рисунок 3):

$$-0,8\% \pm 3,0\% \text{ (Мин } -7\%; \text{ Макс } 5\%).$$

В сагиттальной плоскости оптимальным следует считать равное распределение нагрузки на передний и задний отделы стоп, что обеспечивает

условие минимизации их опорной реакции. В этом случае проекция общего центра масс и центров масс конечностей должна находиться ближе к нейтральному положению по оси Y (горизонтальная проекция сагиттальной плоскости). Статистический анализ расположения общего центра масс по оси Y в статическом положении у лиц контрольной группы показал его приближение к теоретическому оптимальному значению при незначительном отклонении кзади относительно нейтрального положения (рисунок 3):

$-1,5\% \pm 2,1\%$  (Мин  $-9\%$ ; Макс  $3\%$ ).

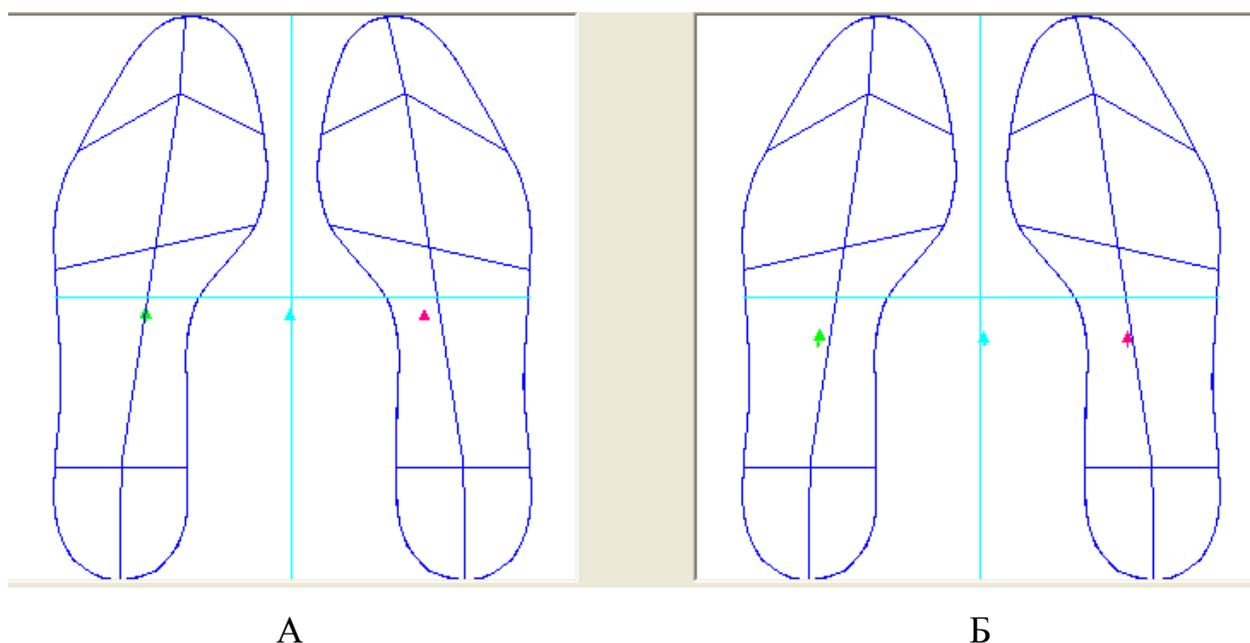


Рисунок 3. Стабилограммы в статике пациентов В. 25 лет (А) и А. 57 лет (Б).  
Общий центр масс – синяя метка, центр масс левой н. конечности – зеленая, правой – красная. Демонстрируется сохранение оптимального положения общего центра масс и центров масс конечностей у людей разного возраста.

Также выявлено незначительное смещение центров масс нижних конечностей кзади: правой – на  $-1,6\%$  и левой – на  $-1,1\%$  (таблица 8, рисунок 3), при отсутствии статистически значимого различия этих показателей ( $p > 0,05$ ).

Следует отметить, что проекция центров масс конечностей практически полностью совпадает с продольной осью стопы, что демонстрирует равномерную нагрузку ее медиального и латерального отделов (рисунок 3).

Таким образом, стабилметрические тесты при стоянии в стандартной ортоградной позе с опорой на обе ноги у лиц контрольной группы показали, что тело

находится в устойчивом состоянии, так как проекция общего центра тяжести не выходит за пределы опорного контура (опорная поверхность стоп и пространство между ними), при этом обеспечивается условие минимизации опорной реакции стоп.

Таблица 8

Положение центров масс нижних конечностей по оси Y в статике (%)

Конечность	M	$\sigma$	Мин	Макс
Правая	-1,6	2,4	-9	5
Левая	-1,1	1,9	-7	2
Правая и левая	-1,4	2,3	-9	5

Динамометрия. При обследовании людей контрольной группы установлено, что у всех, несмотря на распределение нагрузки по всей опорной поверхности стопы, на ней следует выделить 3 основные опорные зоны (или «точки») – область пятки и области основания головок V и I плюсневых костей. Наличие этих трех зон и опора на них оптимальна, так как при этом обеспечивается устойчивость стопы, конечности и тела в целом.

Тесты в стандартной ортоградной позе с опорой на обе конечности показали устойчивое положение стопы и всей ноги в целом, поскольку проекция центра масс конечности находится внутри опорного контура основных опорных зон и практически на средней линии стопы (рисунок 4А, Б).

Для проверки выявленной биомеханической особенности дополнительно проводился тест при стоянии на одной ноге. Это исследование показало, что при опоре на одну нижнюю конечность у лиц контрольной группы траектории проекции общего центра масс и центра масс конечности всегда находятся внутри опорного контура основных опорных зон рядом со средней линии стопы, что обеспечивает устойчивость положения опорной стопы, нижней конечности и всего тела человека в целом (рисунок 4В, Г).

Биомеханическое исследование походки.

Стабилометрия. Так же как и в статике, стабилметрические исследования при ходьбе выполнялись для определения устойчивости положения стопы,

нижней конечности и тела пациента в целом.

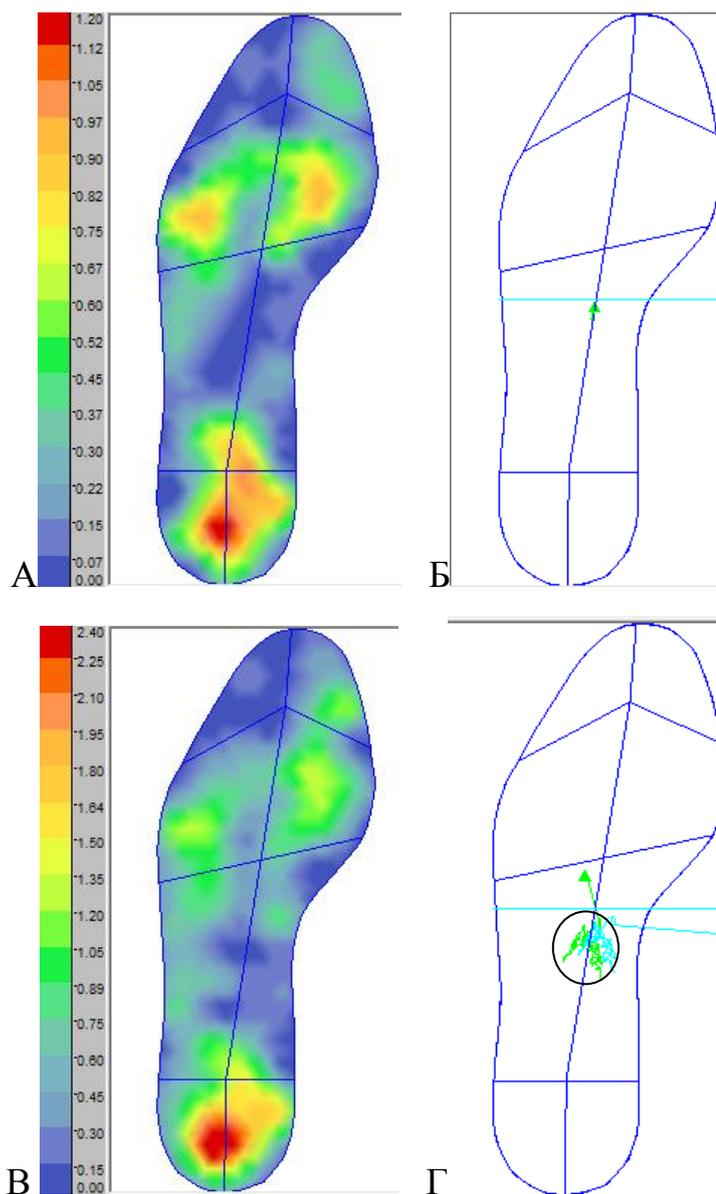


Рисунок 4. Пациент А. 28 лет. А – динамограмма и Б – стабилграмма левой стопы при опоре на две ноги. В – динамограмма и Г – стабилграмма при опоре на одну левую ногу. Демонстрируется максимальное давление в области трех опорных зон (А, В), расположение центра масс левой н. конечности (Б), колебания центров масс левой н. конечности (зеленая) и общего центра масс (синяя) ограничены кругом (Г).

Методика предусматривает оценку траекторий проекционного расположения общего центра масс (центра давления) и центров масс (центра давления) нижних конечностей в стандартных условиях ходьбы человека (стандартная обувь, «средний комфортный» темп, ровная однородная поверхность, достаточное расстояние, отсутствие внешних отвлекающих раздражителей). В результате измерения на дисплее отображается траектория проекционного расположения общего центра масс

(отображение действия силы тяжести, проходящей через центр тяжести тела пациента), а также траектории проекционного расположения центров масс левой и правой нижних конечностей (отображение действия силы тяжести, проходящей через центры тяжести нижних конечностей).

При анализе стабилметрических исследований оценивали траектории центров масс нижних конечностей и общего центра масс тела человека относительно оси X (горизонтальная проекция фронтальной плоскости) и оси Y (горизонтальная проекция сагиттальной плоскости) (рисунок 5).

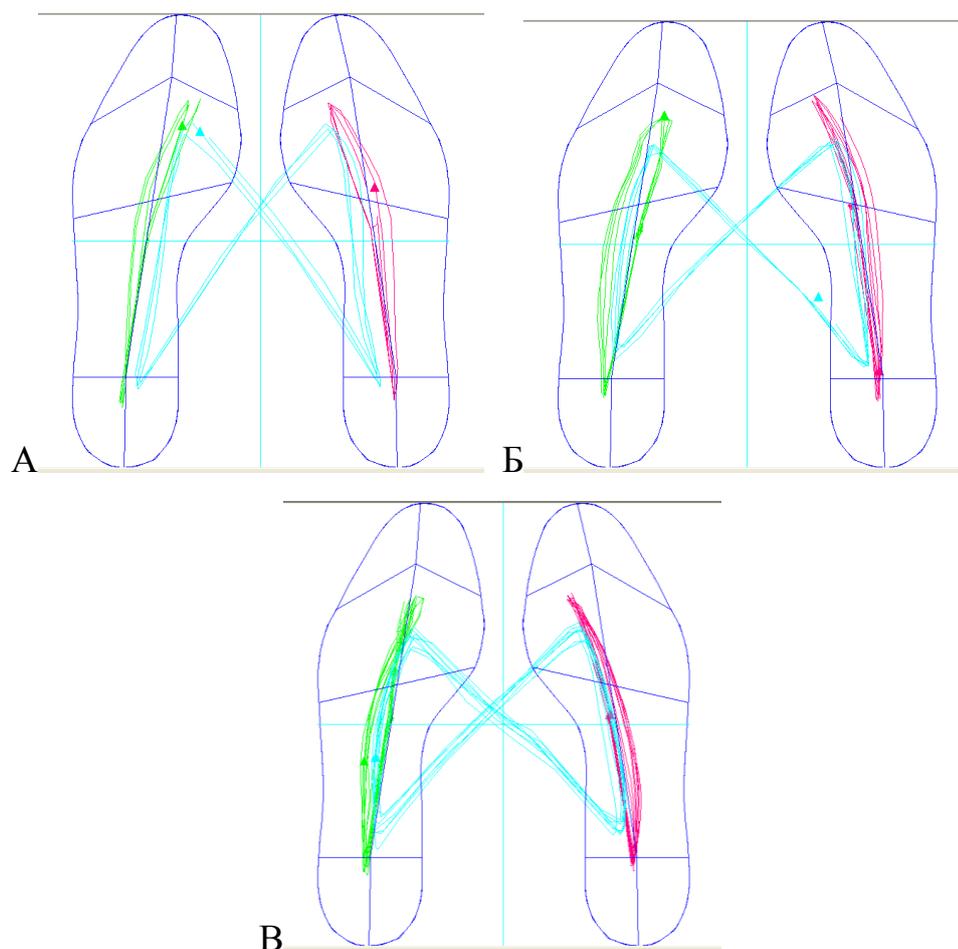


Рисунок 5. Стабилограммы при ходьбе пациентов контрольной группы Б. 25 лет (А), А. 57 лет (Б), Г. 74 лет (В). Показано сохранение оптимальности траекторий общего центра масс (синяя) и центров масс конечностей (левой – зеленая, правой – красная) у людей разного возраста.

Теоретически можно предположить, что при оптимальной ходьбе без патологических ограничений в течение опорного периода траектория центра масс конечности должна располагаться в сагиттальной плоскости - в промежутке

основных опорных зон - от пятки до поперечного свода, и во фронтальной плоскости - по середине опорной поверхности стопы и вдоль ее продольной оси.

Анализ траекторий центров масс нижних конечностей при ходьбе у людей контрольной группы подтвердил теоретические предположения: траектории центров масс нижних конечностей располагаются в сагиттальной плоскости - в промежутке основных опорных зон - от пятки до поперечного свода, и во фронтальной плоскости – по середине опорной поверхности стопы и вдоль ее продольной оси (рисунок 5).

Статистический анализ амплитуды траекторий центров масс нижних конечностей продемонстрировал их значительную величину как с правой, так и с левой сторон, при этом не выявлено значительного и статистически достоверного различия амплитуды траекторий центров масс правой и левой нижних конечностей ( $p > 0,05$ ) (таблица 9).

Таблица 9

Амплитуда траекторий центров масс нижних конечностей по оси Y при ходьбе (%)

Конечность	M	$\sigma$	Мин	Макс
Правая	59,4	10,0	30	72
Левая	59,3	9,6	29	73
Правая и левая	59,3	10,0	29	73

Траектория общего центра масс теоретически в оптимальном варианте должна приближаться к форме «бабочки» с симметричным расположением относительно координат и центром, незначительно смещенным кпереди относительно места пересечения осей координат.

Анализ траектории общего центра масс при ходьбе у людей контрольной группы подтвердил теоретические предположения, при этом в опорный период траектория общего центра масс практически совпадает с траекторией центра масс опорной конечности (рисунок 5).

Динамометрия. При обследовании людей контрольной группы установлено, что распределение нагрузки по опорной поверхности стопы при ходьбе имеет

следующие особенности (рисунок 6, 7).

На стопе выделено 4 основные опорные зоны (или «точки»): область пятки (зона 1), основания головок V (зона 2) и I (зона 3) плюсневых костей и область первого пальца (зона 4) (рисунок 6А).

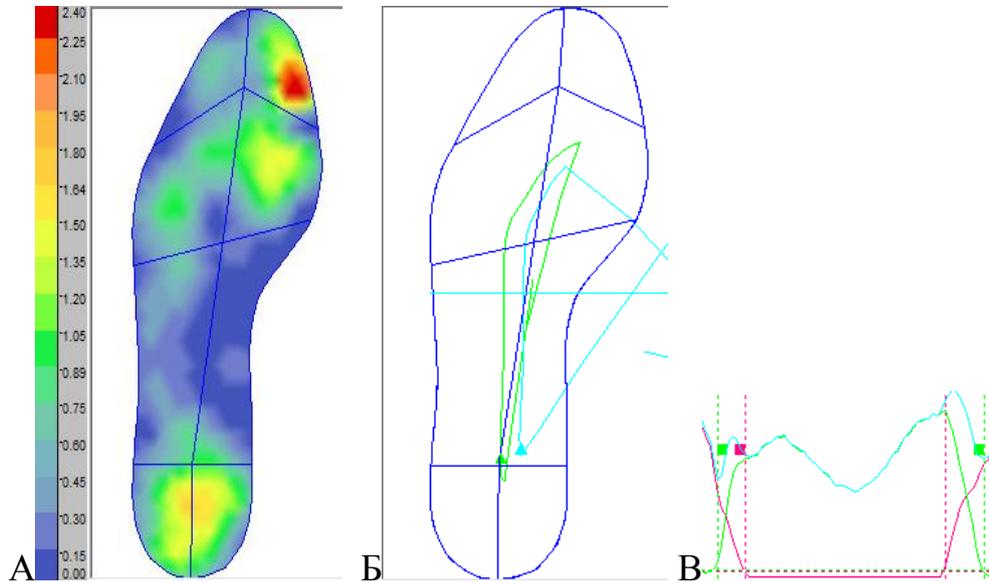


Рисунок 6. Динамограмма (А), стабилосограмма (Б) и график интегральной нагрузки (В) левой стопы за период опоры пациента А. 28 лет. Демонстрируются пики максимального давления в области четырех опорных зон (А), траектории общего центра масс (синяя) и центра масс левой конечности (зеленая) (Б) за период опоры левой нижней конечности (В).

При оптимальной ходьбе (при отсутствии функционально значимых деформаций стопы и других патологических изменений опорно-двигательной системы) в области опорной поверхности стопы наблюдается последовательное нагружение выделенных зон с возникновением в их области 4-х пиков нагрузок: 1 – пик под пяткой в период максимума переднего толчка, 2 - пик в области основания головки V плюсневой кости в начале заднего толчка, 3 - пик в области основания головки I плюсневой кости при максимуме заднего толчка, 4 - пик в области I пальца в завершающей стадии заднего толчка.

При сопоставлении данных динамометрии, стабилосографии и графиков интегральной нагрузки при ходьбе (рисунок 6) в период опоры установлен ряд особенностей (рисунок 7).

В начале опорного периода в фазе переднего толчка и опоре на пятку стопа

и тело находится в неустойчивом состоянии, так как опора происходит на ограниченную зону (практически «точку») (рисунок 7А), а центр масс конечности и общий центр масс располагаются вне ее и несколько кпереди. Под действием результирующей силы мышц, гравитации и инерции тело движется вперед.

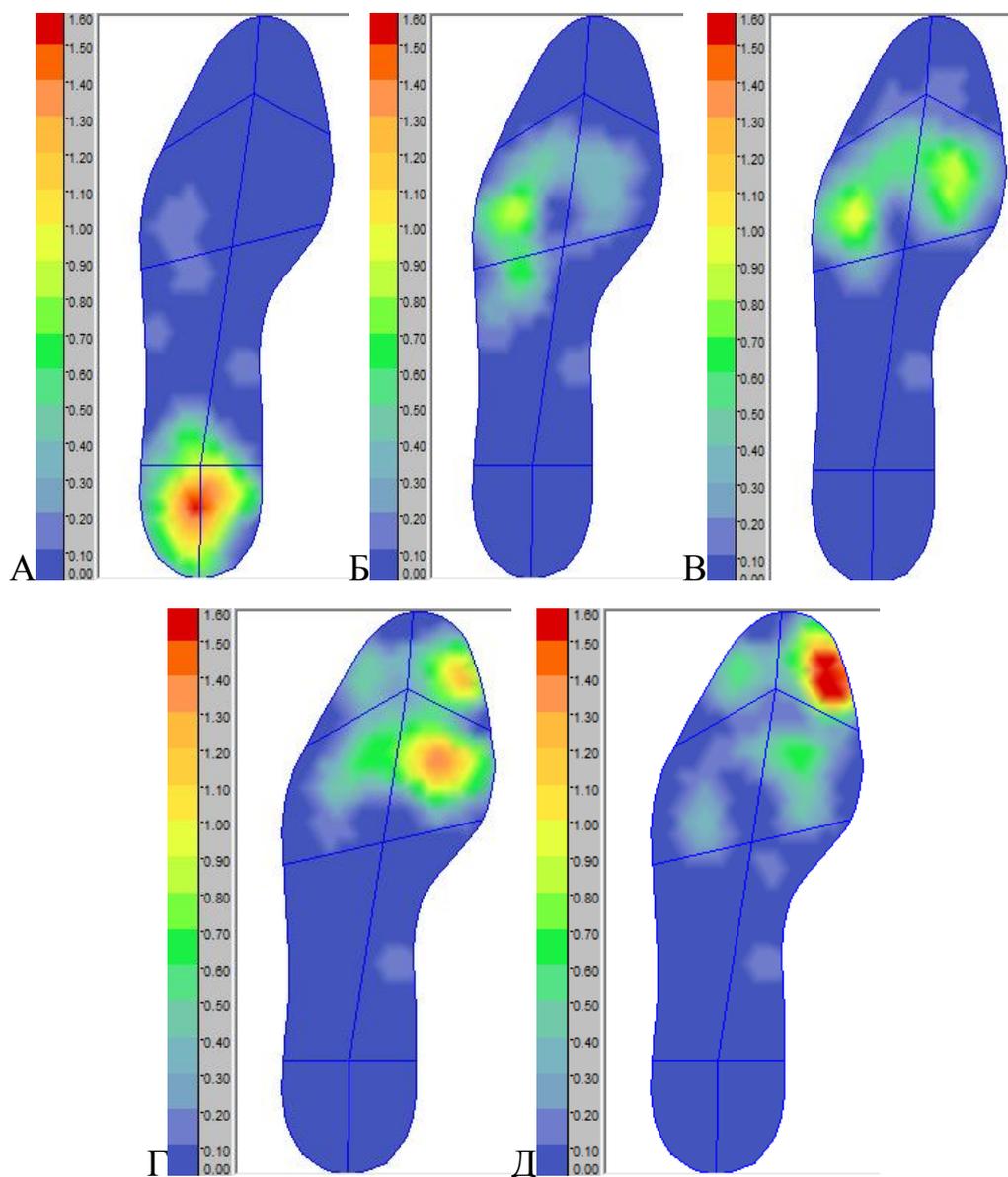


Рисунок 7. Динамограммы левой стопы пациента А. 28 лет. Пики нагрузки: А - под пяткой в период максимума переднего толчка, Б - в области основания V плюсневой кости в начале заднего толчка, В - в области основания головок V и I плюсневых костей в период увеличения заднего толчка, Г - в области основания головки I плюсневой кости при максимуме заднего толчка, Д - в области I пальца в завершающей стадии заднего толчка.

При дальнейшем движении, в межтолчковый период опора переходит на поперечный свод стопы и преимущественно на основания головок V и I

плюсневых костей (рисунок 7Б, В, Г). При этом траектории общего центра масс и центра масс опорной конечности располагаются между этими зонами и практически совпадают. Важно отметить, что расположение общего центра масс и центра масс опорной конечности между этими двумя опорными зонами (основания головок V и I плюсневых костей) позволяет телу находиться в устойчивом положении во фронтальной плоскости.

В конце опорного периода в фазе заднего толчка нагрузка передается с области основания I плюсневой кости на область I пальца (рисунок 7Д), а стопа и тело снова переходят в неустойчивое состояние, так как опора происходит на ограниченную зону («точку»), а траектории центра масс конечности и общего центра масс располагаются вне нее.

Таким образом, важно отметить, что наличие полноценного опорного поперечного свода с наличием опорных зон в области основания головок V и I плюсневых костей стабилизирует тело во фронтальной плоскости в процессе ходьбы.

Следует отметить, что при ходьбе I палец подвергается существенной нагрузке после головки I плюсневой кости во время заднего толчка, тем самым активно участвуя в обеспечении двигательной функции стопы.

Показатель максимального давления. Реакция опоры в виде давления на подошвенную поверхность стопы отражает ее опорную функцию. Чрезмерная нагрузка может стать причиной различных патологических состояний, в том числе hallux valgus и плоскостопия. Поэтому для оценки опорной функции при стоянии в стандартной ортоградной позе на двух ногах, стоянии на одной ноге и ходьбе изучали величину максимального давления под стопами. У обследованных людей показатель максимального давления различался в зависимости от веса, анатомических особенностей стопы. Для настоящего исследования важно было изучить соотношение этого показателя при наиболее часто встречающихся функциональных нагрузках.

Измерения показали, что наименьшее давление в области всей подошвы стопы наблюдается при стоянии в стандартной позе с опорой на две ноги, при

стоянии на одной ноге максимальное давление на стопу увеличивается в среднем на  $60,6 \pm 29,8\%$ , а при ходьбе – на  $99,45 \pm 39,1\%$  относительно стояния на двух ногах ( $p < 0,05$ ).

Оценка максимального давления в области поперечного свода показала, что наименьшее давление в этой зоне так же наблюдается при стоянии в стандартной позе с опорой на две ноги, при стоянии на одной ноге оно увеличивается в среднем на  $75,1 \pm 34,4\%$ , а при ходьбе – на  $110,23 \pm 32,3\%$  относительно стояния на двух ногах ( $p < 0,05$ ).

Основной коэффициент медио-латерального соотношения. Кроме стабилографии для верификации стабильности стопы во фронтальной плоскости при ходьбе в настоящей работе использовался «основной коэффициент медио-латерального соотношения». Он показывает отношение нагрузки на медиальную половину стопы (измерительной стельки) к нагрузке на латеральную половину. При значении коэффициента 1 нагрузка на медиальный и латеральной отделы стопы одинакова, что теоретически следует считать оптимальным как для обеспечения устойчивости стопы, так и для минимизации нагрузки. Значение коэффициента меньше 1 характеризует преобладание нагрузки на латеральный отдел, а значение больше 1 свидетельствует о перегрузке медиального отдела.

Статистический анализ значений основного коэффициента медио-латерального соотношения при ходьбе у лиц контрольной группы ( $1,0 \pm 0,2$ ) показал его практически полное совпадение с оптимальной теоретической величиной.

Коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков. Этот коэффициент показывает отношение величин силы переднего толчка к силе заднего. При значении коэффициента 1 величина толчков одинакова, что следует считать теоретически оптимальным для обеспечения ходьбы при минимизации нагрузок. Однако, с учетом энергозатрат на ходьбу, практически следует ожидать легкое преобладание заднего толчка. Значение коэффициента меньше 1 характеризует преобладание заднего толчка, а значение больше 1 свидетельствует о преобладании переднего толчка. Статистический анализ коэффициента соотношения сил

переднего и заднего толчков у лиц контрольной группы составил  $0,87 \pm 0,13$  и показал его приближение к оптимальному теоретическому значению. Некоторое превышение заднего толчка относительно переднего можно объяснить необходимостью дополнительного приложения сил для поддержания движения, так как во время переднего толчка наблюдается ускорение торможения и уменьшение кинетической энергии тела, а во время заднего – ускорение разгона за счет перехода комплекса мышечных и гравитационных сил в энергию движения.

Мощность шага. Интегральный показатель сил, затраченных за период опоры для совершения движения выражается мощностью шага. Оптимальным следует считать одинаковую мощность шага для левой и правой нижних конечностей человека, так как такое состояние обеспечивает минимизацию нагрузок. У лиц контрольной группы статистическая оценка асимметрии мощности шага левой и правой нижних конечностей при ходьбе была незначительной и составила  $3,2 \pm 0,3\%$ . Очевидно, этот показатель может изменяться вследствие анатомических и функциональных особенностей пациентов, сопровождающихся изменением стереотипа ходьбы, в том числе при разной длине ног, а также при разной выраженности деформаций стоп.

Пододография. Важное значение при анализе структуры шага при ходьбе отводилось оценке его временных периодов при анализе подограмм по графикам интегрального давления для правой и левой нижних конечностей (рисунок 8).

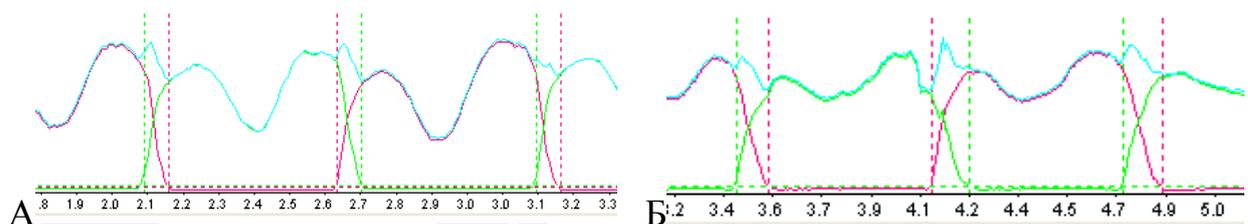


Рисунок 8. Подограммы ходьбы пациентов контрольной группы Н. 25 лет (А) и А. 57 лет (Б). Графики интегральной нагрузки: левой нижней конечности – зеленый, правой – красный, общий – синий. Демонстрируется одинаковая структура шага у людей контрольной группы разного возраста.

В структуре подограммы оценивались следующие показатели: длительность двойного шага, периода опоры и периода переноса, коэффициент ритмичности; в структуре периода опоры определяли длительность переднего, заднего толчков и

межтолчковый период.

В результате статистического анализа подографических параметров определено, что в среднем длительность двойного шага составила 1,08 сек, длительность периода переноса – 0,46 сек (42,59% от длительности двойного шага), длительность периода опоры – 0,62 сек (57,41% от длительности двойного шага) (таблица 10).

При анализе структуры периода опоры установлено, что значение длительности переднего и заднего толчков существенно не различалась ( $p>0,05$ ), а межтолчковый период несколько (в 1,3 раза) превышал сумму времени переднего и заднего толчков (таблица 10).

Таблица 10

Подографические показатели у лиц контрольной группы

Показатель	Значение показателя	
	Секунды	%
Длительность двойного шага	1,08±0,09	100
Период опоры	0,62±0,06	57,41±5,56
Период переноса	0,46±0,04	42,59±3,7
Передний толчок	0,14±0,01	22,58±1,61
Межтолчковый период	0,35±0,03	56,45±4,84
Задний толчок	0,13±0,01	20,97±1,61

Длительность периодов опоры и переноса рассчитывалась относительно длительности двойного шага. Длительность переднего, заднего толчков и межтолчкового периода рассчитывалась относительно периода опоры.

При анализе существенности различий между показателями длительности двойного шага, длительности периода опоры, длительности периода переноса и показателей структуры шага для правой и левой нижних конечностей статистически достоверного различия не установлено ( $p>0,05$ ). Это подтверждается высоким значением показателя коэффициента ритмичности:

$$0,96\pm 0,03 \text{ (Мин } 0,87; \text{ Макс } 1,0).$$

Таким образом, подографические исследования ходьбы подтвердили

данные стабиллометрии и динамометрии, и показали, что походка у лиц контрольной группы характеризуется стабильностью (одинаковым значением одноименных показателей для правой и левой нижних конечностей), что обеспечивает условие минимизации нагрузки на стопы.

#### 4.2.2 Результаты биомеханической оценки статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» у больных после хирургического лечения hallux valgus

Биомеханическое исследование статики.

Стабилометрия.

Положение общего центра масс относительно оси X (таблица 11).

При стабилометрии в стандартной ортоградной позе с опорой на две ноги у больных перед хирургическим лечением hallux valgus наблюдалось статистически достоверное увеличение смещения общего центра масс от нейтрального положения по оси X относительно показателей контрольной группы (на 5,2%).

После операции в ранние сроки смещение общего центра масс изменялось незначительно, а затем в процессе реабилитации улучшалось, за исключением больных, оперированных по методике Мейо - Вредена.

Таблица 11

Отклонение общего центра масс от нейтрального положения по оси X в статике (%)

Группа обследования		М	σ
Контрольная группа		0,8 <sup>1</sup>	3
Больные до лечения		6 <sup>2</sup>	4
Отдаленный результат	Подгруппа I-I	9 <sup>6</sup>	4
	Подгруппа I-II	4 <sup>3</sup>	3
	Подгруппа II	3 <sup>4</sup>	2
	Подгруппа III	3 <sup>5</sup>	2

1-(2, 3, 4, 5, 6); 2-(3, 4, 5, 6) -  $p < 0,05$ .

3-4-5 -  $p > 0,05$ .

В отдаленные сроки среднее значение данного показателя стабилизировалось без существенного отличия в подгруппах и приближалось к значению контрольной группы здоровых людей, кроме показателя у оперированных по методике Мейо - Вредена (таблица 10).

Положение центра масс оперированной конечности относительно

продольной оси стопы (таблица 11).

Положение центра масс конечности у больных до операции смещалось латерально от средней линии стопы (на 5%). Очевидно, этот эффект наблюдался вследствие элевационного компонента деформации hallux valgus и компенсаторного перераспределения нагрузки с медиального на латеральный отдел стопы.

После операции в отдаленные сроки в подгруппе I-I оперированных по методике Мейо - Вредена значение показателя не улучшалось, а изменялось на противоположный – центр масс смещался медиально от средней линии стопы, что свидетельствовало о перегрузке медиального отдела. В подгруппах I-II, II и III наблюдалось улучшение значения показателя и приближение его к значению контрольной группы здоровых людей, наиболее выраженное в последней подгруппе (таблица 12).

Таблица 12

Смещение центра масс нижней конечности по оси X  
в статике относительно средней линии стопы (%)

Группа обследования		М	σ
Контрольная группа		0,5 <sup>1</sup>	1
Больные до лечения		- 5 <sup>2</sup>	3
Отдаленный результат	Подгруппа I-I	3 <sup>6</sup>	3
	Подгруппа I-II	- 4 <sup>3</sup>	3
	Подгруппа II	- 3 <sup>4</sup>	2
	Подгруппа III	1 <sup>5</sup>	1

2-(1, 5, 6); 5-(3, 4) -  $p < 0,05$ .

3-4; 1-5 -  $p > 0,05$ .

Динамометрия. При обследовании больных с hallux valgus до операции изменялось распределение нагрузки на стопу по сравнению с группой здоровых людей. На опорной поверхности так же можно было выделить 3 основные опорные зоны ( $p < 0,05$ ): область пятки, область основания головки V плюсневой кости, но нагрузка из области основания головки I плюсневой кости перемещалась в область головок II-III плюсневых костей (рисунок 9).

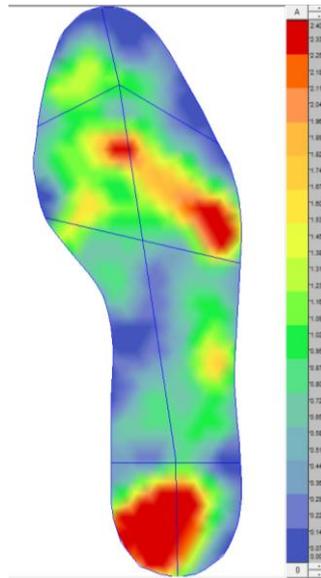


Рисунок 9. Динамограмма больной К. 69 лет. Демонстрируется максимальное давление в области трех опорных зон: пятки и головок V и II плюсневых костей до лечения.

Тесты в стандартной ортоградной позе с опорой на обе конечности у больных до операции показали уменьшение устойчивости положения стопы и всей ноги в целом, поскольку, хотя проекция центра масс конечности находится внутри опорного контура основных опорных зон, но опорный контур ограничивается во фронтальной плоскости и смещается латерально по опорной поверхности стопы. Этим, в частности, можно объяснить повышенную утомляемость стоп у таких больных вследствие более выраженного напряжения мышц, требующегося для поддержания равновесия.

У больных подгруппы I после операции резекционной артропластики Шедде - Брандеса общее распределение нагрузки не улучшалось, а после операции Мейо - Вредена даже ухудшалось ( $p < 0,05$ ).

У больных подгруппы II после остеотомии SCARF наблюдалось незначительное увеличение нагрузки в области головки I плюсневой кости, и только в подгруппе III после «шарнирной остеотомии» основание головки I плюсневой кости полноценно вовлекалось в опорный процесс ( $p < 0,05$ ).

#### Биомеханическое исследование походки.

Поскольку при обследовании здоровых людей установлено, что величина максимального давления на стопу при ходьбе в 2,0 раза превышает значение

соответствующего показателя при стоянии на двух ногах в стандартной позе, то особое внимание уделялось оценке динамических биомеханических параметров при движении больных.

Стабилометрия. Статистический анализ амплитуды траектории центра масс нижней конечности у больных с hallux valgus продемонстрировал ее достоверное уменьшение по сравнению с контрольной группой (на 11%,  $p < 0,05$ ) (таблица 13). После операции наблюдалось существенное восстановление этого показателя у всех, кроме больных подгруппы I-I после операции Мейо - Вредена (таблица 13).

Таблица 13

Амплитуда траектории центра масс нижней конечности  
по оси Y при ходьбе (%)

Группа обследования		М	$\sigma$
Контрольная группа		59 <sup>1</sup>	10
Больные до лечения		48 <sup>2</sup>	9
Отдаленный результат	Подгруппа I-I	45 <sup>3</sup>	8
	Подгруппа I-II	54 <sup>4</sup>	6
	Подгруппа II	56 <sup>5</sup>	7
	Подгруппа III	55 <sup>6</sup>	7

1-(2, 3); 2-(3, 4, 5); -  $p < 0,05$ .

2-3; 4-5-6 -  $p > 0,05$ .

Динамометрия. При обследовании до операции группы больных с hallux valgus установлено, что распределение нагрузки по опорной поверхности стопы при ходьбе изменяется относительно контрольной группы следующим образом. На стопе вместо 4 основных опорных зон остаются 3 ( $p < 0,05$ ): область пятки, область основания головок средних плюсневых костей и область I пальца (рисунок 10). При этом давление на область I пальца и, соответственно, его толчковая функция существенно снижаются.

При более детальном изучении перераспределения нагрузки в области поперечного свода в зависимости от выраженности деформации наблюдались следующие особенности: при умеренной деформации уменьшается нагрузка под

головкой I плюсневой кости и увеличивается под головками средних плюсневых костей (рисунок 10А), прогрессирование деформации сопровождается концентрацией давления в области головок средних плюсневых костей (рисунок 10Б), а значительная деформация сопровождается перераспределением нагрузки на средние и латеральные головки плюсневых костей (рисунок 10В).

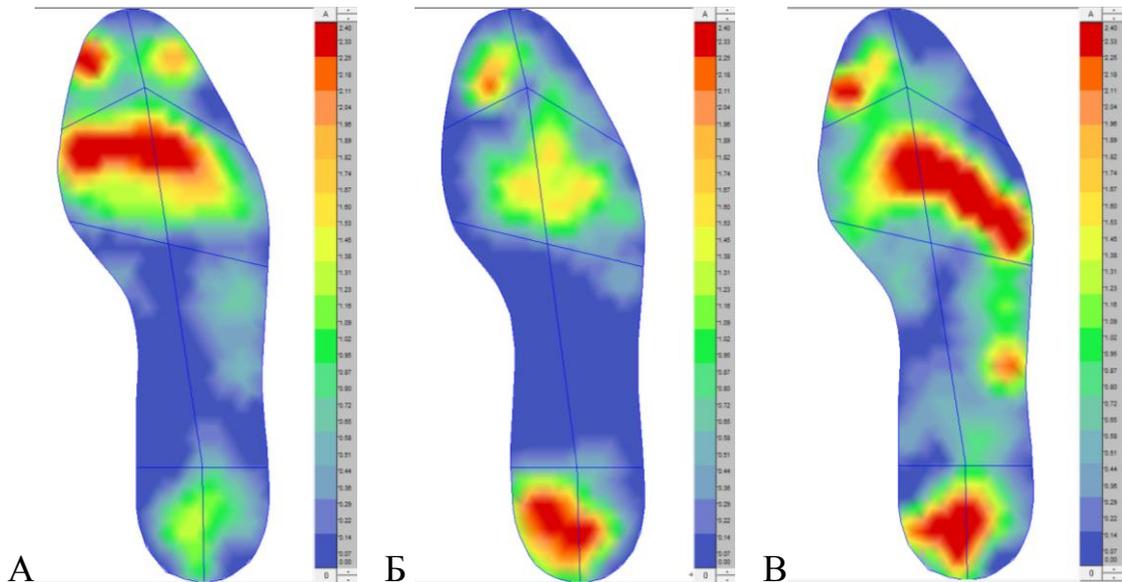


Рисунок 10. Динамограммы больных А. 62 г. (А), Е. 47 лет (Б), К. 69 лет (В). Демонстрируется максимальное давление в основных опорных зонах у больных до операции.

При ходьбе больных в области опорной поверхности стопы наблюдается последовательное нагружение выделенных зон с возникновением в их области трех пиков нагрузок: 1-й пик под пяткой в период максимума переднего толчка, 2-й пик в области основания головок средних плюсневых костей при заднем толчке увеличивается, а пик в области основания головки I плюсневой кости уменьшается, 3-й пик в области I пальца в завершающей стадии заднего толчка значительно уменьшается и сопровождается легким перераспределением нагрузки на латеральную область носка (2-4 пальцы).

Изучение динамограмм у больных в отдаленном периоде показало, что у всех больных ( $p < 0,05$ ) подгруппы I-I после операции Мейо - Вредена наблюдается отрицательная динамика - увеличивается нагрузка на головки средних плюсневых костей и значительно снижается толчковая функция I пальца. У больных подгруппы I-II после операции Шеде - Брандеса распределение давления существенно не

меняется ( $p > 0,05$ ). В подгруппе II после операции SCARF наблюдается неполное восстановление опороспособности зоны под головкой I плюсневой кости (рисунок 14). В группе III после «шарнирной» остеотомии наблюдается существенное и практически полное восстановление опороспособности головки I плюсневой кости (рисунок 15).

Основной коэффициент медио-латерального соотношения. Для определения устойчивости стопы и равномерности нагрузки на нее при ходьбе использовался коэффициент медио-латерального соотношения.

Статистический анализ этого коэффициента у больных с hallux valgus до операции продемонстрировал его достоверное уменьшение по сравнению с контрольной группой (на 0,12,  $p < 0,05$ ) (таблица 14), что свидетельствовало о перегрузке латерального отдела стопы.

Таблица 14

Значения основного коэффициента  
медио-латерального соотношения при ходьбе

Группа обследования		М	$\sigma$
Контрольная группа		1,0 <sup>1</sup>	0,2
Больные до лечения		0,88 <sup>2</sup>	0,14
Отдаленный Результат	Подгруппа I-I	1,15 <sup>3</sup>	0,14
	Подгруппа I-II	0,82 <sup>4</sup>	0,12
	Подгруппа II	0,79 <sup>5</sup>	0,13
	Подгруппа III	1,0 <sup>6</sup>	0,15

2-(1, 3, 4, 5, 6); 1-(3, 4, 5) -  $p < 0,05$ .

4-5, 1-6 -  $p > 0,05$ .

В отдаленные сроки у больных подгруппы I-I после операции Мейо - Вредена наблюдалось его увеличение, демонстрирующее перегрузку медиального отдела («парадоксальный эффект»). В подгруппе I-II после операции Шеде - Брандеса и подгруппе II после операции SCARF наблюдалось уменьшение коэффициента, показывающее перегрузку латерального отдела стопы. В подгруппе III после «ротационной остеотомии» наблюдалось наиболее полное

восстановление коэффициента и, соответственно, наиболее равномерное нагружение медиального и латерального отделов стоп (таблица 14).

Коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков.  
Статистический анализ коэффициента соотношения сил переднего и заднего толчков у больных с hallux valgus до операции превышал значение этого показателя в контрольной группе (на 0,19,  $p < 0,05$ ), что говорит об уменьшении заднего толчка вследствие снижения толчковой функции поперечного свода и пальцев, особенно первого (таблица 15).

Таблица 15

Значения коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков

Группа обследования		М	σ
Контрольная группа		0,87 <sup>1</sup>	0,13
Больные до лечения		1,06 <sup>2</sup>	0,15
Отдаленный результат	Подгруппа I-I	0,66 <sup>3</sup>	0,17
	Подгруппа I-II	0,97 <sup>4</sup>	0,16
	Подгруппа II	0,93 <sup>5</sup>	0,16
	Подгруппа III	0,89 <sup>6</sup>	0,15

<sup>2</sup>-(1, 3, 4, 5, 6); <sup>1</sup>-(3, 4, 5) -  $p < 0,05$ .

<sup>1-6</sup> -  $p > 0,05$ .

В подгруппе I-I у больных после операции Мейо - Вредена наблюдалось существенное уменьшение коэффициента, что свидетельствовало о чрезмерном увеличении заднего толчка и перегрузке переднего отдела стопы при ходьбе («парадоксальный эффект»). В подгруппе I-II у больных после операции Шеде - Брандеса различие с предоперационным значением было небольшим. В подгруппе II после операции SCARF и особенно в подгруппе III после «ротационной остеотомии» наблюдалось улучшение коэффициента и приближение к значению показателя контрольной группы.

#### Подография.

Перед операцией у больных с hallux valgus наблюдался ряд изменений относительно людей контрольной группы (таблица 16).

Подографические показатели у лиц контрольной группы и больных (сек (%))

Показатель	Контрольная группа	Больные до лечения	Отдаленные результаты в подгруппах			
			I-I	I-II	II	III
Длительность двойного шага	1,08±0,09	1,22±0,11	1,27±0,10	1,12±0,09	1,09±0,10	1,07±0,08
Период опоры	0,62±0,06 (57,41±5,56)	0,73±0,07 (59,84±5,74)	0,76±0,06 (59,84±4,72)	0,65±0,06 (58,04±5,36)	0,63±0,06 (57,80±5,51)	0,62±0,05 (57,94±4,67)
Период переноса	0,46±0,04 (42,59±3,7)	0,49±0,04 (0,16±3,28)	0,51±0,05 (40,16±3,94)	0,47±0,05 (41,96±4,46)	0,46±0,04 (42,20±3,67)	0,45±0,04 (42,06±3,74)
Передний толчок	0,14±0,01 (22,58±1,61)	0,22±0,02 (30,14±2,74)	0,30±0,03 (39,47±3,95)	0,22±0,02 (33,85±3,08)	0,16±0,02 (25,40±3,17)	0,15±0,02 (24,19±3,23)
Межтолчковый период	0,35±0,03 (56,45±4,84)	0,25±0,02 (34,25±2,74)	0,31±0,03 (40,79±3,95)	0,27±0,03 (41,54±4,62)	0,29±0,03 (46,03±4,76)	0,32±0,03 (51,61±4,84)
Задний толчок	0,13±0,01 (20,97±1,61)	0,26±0,02 (35,61±2,74)	0,15±0,02 (19,74±2,63)	0,16±0,02 (24,61±3,08)	0,18±0,02 (28,57±3,17)	0,15±0,02 (24,20±3,23)

Периоды опоры и переноса рассчитывались относительно длительности двойного шага. Передний и задний толчки, межтолчковый период рассчитывались относительно периода опоры.

Длительность двойного шага увеличивалась (на 0,14 сек,  $p < 0,05$ ) преимущественно за счет увеличения времени периода опоры (на 0,11 сек,  $p < 0,05$ ). В структуре периода опоры наблюдались выраженные изменения: значительно уменьшился межтолчковый интервал (на 0,1 сек,  $p < 0,05$ ), и вследствие этого увеличивались длительность переднего (на 0,08 сек,  $p < 0,05$ ) и особенно заднего (на 0,13 сек,  $p < 0,05$ ) толчков.

Таким образом, функциональное состояние больных с hallux valgus перед операцией по данным подографии характеризуется ухудшением по сравнению с состоянием контрольной группы за счет увеличения длительности двойного шага и выраженного изменения структуры периода опоры в виде увеличения

длительности переднего и заднего толчков вследствие ограничения межтолчкового периода.

У больных подгруппы I-I в отдаленные сроки после операции Мейо - Вредена по сравнению с предоперационным состоянием наблюдалась следующая динамика (таблица 15).

Длительности двойного шага легко увеличивалась (на 0,05 сек,  $p < 0,05$ ) за счет увеличения периодов опоры (на 0,03 сек,  $p < 0,05$ ) и переноса (на 0,02 сек,  $p < 0,05$ ).

В структуре периода опоры наблюдались выраженные изменения:

длительность заднего толчка уменьшилась (на 0,11 сек,  $p < 0,05$ ) и приближалась к значению контрольной группы ( $p < 0,05$ );

межтолчковый интервал увеличивался (на 0,06 сек,  $p < 0,05$ ), но не достигал значений контрольной группы ( $p < 0,05$ );

длительность переднего толчка компенсаторно значительно увеличивалась по сравнению как с предоперационным значением (на 0,08 сек,  $p < 0,05$ ), так и со значением контрольной группы ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, функциональные исходы после операции Мейо - Вредена по данным подографии характеризуются ухудшением по сравнению с исходным предоперационным состоянием и данными контрольной группы преимущественно за счет увеличения длительности двойного шага и изменения структуры периода опоры в виде компенсаторного увеличения длительности переднего толчка.

У больных подгруппы I-II в отдаленные сроки после операции Шеде - Брандеса наблюдалось уменьшение длительности двойного шага по сравнению с предоперационным значением (на 0,10 сек,  $p < 0,05$ ) преимущественно за счет сокращения периода опоры (на 0,08 сек,  $p < 0,05$ ), относительно значения подгруппы I-I (на 0,15 сек,  $p < 0,05$ ) и приближение к значению контрольной группы ( $p < 0,05$ ) (таблица 15).

В структуре периода опоры наблюдалась положительная динамика по сравнению с предоперационными значениями показателей, но они не достигали значений контрольной группы:

межтолчковый интервал увеличивался (на 0,02 сек (7,29%),  $p < 0,05$ ) относительно дооперационного значения, но не достигал значений контрольной группы (на 0,08 сек (14,91%),  $p < 0,05$ );

длительность переднего толчка не изменилась по сравнению с предоперационным состоянием ( $p > 0,05$ ) и осталась увеличенной относительно контрольной группы (на 0,08 сек (11,27%),  $p < 0,05$ );

длительность заднего толчка уменьшилась по сравнению с предоперационным состоянием (на 0,1 сек (11,00%),  $p < 0,05$ ), но оставалась больше значения контрольной группы (на 0,03 сек (3,64%),  $p < 0,05$ ).

В подгруппе I-II наблюдалось улучшение относительно подгруппы I-I: уменьшалась длительность двойного шага преимущественно за счет уменьшения периода опоры, который сокращался преимущественно за счет переднего толчка ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, функциональные исходы после операции Шеде - Брандеса по данным подографии улучшаются относительно предоперационных значений, но структура опорного периода не восстанавливается до значений контрольной группы, а показатели периода опоры больных этой группы лучше, чем у пациентов после операции Мейо - Вредена.

У больных подгруппы II после операции SCARF наблюдалось восстановление длительности двойного шага преимущественно за счет сокращения периода опоры, по сравнению со значениями до операции ( $p < 0,05$ ) и подгруппой I-I ( $p < 0,05$ ), и приближение к значению контрольной группы ( $p > 0,05$ ) (таблица 15).

В структуре периода опоры у больных наблюдалась более выраженная положительная динамика как относительно предоперационного состояния, так и по сравнению с подгруппами больных I-I и I-II, оперированных по методикам Мейо - Вредена и Шеде - Брандеса, но они не достигали значений контрольной группы:

межтолчковый интервал увеличивался относительно дооперационного значения (на 0,04 сек (11,78%),  $p < 0,05$ ) и относительно значений подгрупп больных, оперированных по методикам Мейо - Вредена (на 0,02 сек (5,24%),  $p < 0,05$ ) и Шеде - Брандеса (на 0,02 сек (4,49%),  $p < 0,05$ ), но не достигал значений

контрольной группы (на 0,06 сек (10,42%),  $p < 0,05$ );

длительность переднего толчка уменьшилась по сравнению с предоперационным значением (на 0,06 сек (4,74%,  $p < 0,05$ ) и относительно значений подгрупп больных, оперированных по методикам Мейо - Вредена (на 0,14 сек (14,07%),  $p < 0,05$ ) и Шеде - Брандеса (на 0,06 сек (8,45%),  $p < 0,05$ ), но не достигал значений контрольной группы (на 0,02 сек (2,82%),  $p < 0,05$ );

длительность заднего толчка уменьшилась по сравнению с предоперационным состоянием (на 0,08 сек (7,04%),  $p < 0,05$ ), но оставалась больше значения контрольной группы (на 0,05 сек (7,60%),  $p < 0,05$ ) и значений подгрупп больных, оперированных по методикам Мейо - Вредена (на 0,03 сек (8,83%,  $p < 0,05$ ) и Шеде - Брандеса (на 0,02 сек (3,96%),  $p < 0,05$ ).

Таким образом, функциональные исходы у больных после операции SCARF по данным подографии улучшаются относительно предоперационных значений, но структура опорного периода не восстанавливается до значений контрольной группы, а показатели периода опоры (передний толчок и межтолчковый интервал) у больных этой группы лучше, чем у пациентов после операции Мейо - Вредена и Шеде - Брандеса.

В подгруппе III у больных после «ротационной» остеотомии наблюдалось восстановление длительности двойного шага преимущественно за счет сокращения периода опоры по сравнению со значениями до операции и в подгруппе I-I ( $p < 0,05$ ) и приближение к значению контрольной группы ( $p > 0,05$ ) (таблица 15).

В структуре периода опоры наблюдалась более выраженная положительная динамика по сравнению с подгруппами больных, оперированных по методикам Мейо - Вредена, Шеде - Брандеса и SCARF:

межтолчковый интервал увеличивался относительно дооперационного значения (на 0,07 сек (17,36%,  $p < 0,05$ ) и относительно значений подгрупп больных, оперированных по методикам Мейо - Вредена (на 0,01 сек (10,82%),  $p < 0,05$ ), Шеде - Брандеса (на 0,05 сек (10,07%),  $p < 0,05$ ) и SCARF (на 0,03 сек (5,58%),  $p < 0,05$ ), но не достигал значений контрольной группы (на 0,03 сек (4,84%),  $p < 0,05$ );

длительность переднего толчка уменьшилась по сравнению с предоперационным значением (на 0,07 сек (5,95%,  $p < 0,05$ ) и относительно значений подгрупп больных, оперированных по методикам Мейо - Вредена (на 0,15 сек (15,28%),  $p < 0,05$ ), Шеде - Брандеса (на 0,07 сек (9,66%),  $p < 0,05$ ), SCARF (на 0,01 сек (1,21%),  $p > 0,05$ ), и существенно не отличалась от значения контрольной группы ( $p > 0,05$ );

длительность заднего толчка уменьшилась по сравнению с предоперационным состоянием (на 0,11 сек (11,41%),  $p < 0,05$ ) и относительно значения подгруппы больных, оперированных по методике SCARF (на 0,03 сек (4,37%),  $p < 0,05$ ), существенно не отличалась от значения подгруппы I-II ( $p > 0,05$ ), превышала значение подгруппы I-I (на 4,46%,  $p < 0,05$ ) и оставалась больше значения контрольной группы (на 0,02 сек (3,23%),  $p < 0,05$ ).

Таким образом, функциональные исходы у больных после «ротационной остеотомии» по данным подографии значительно улучшаются относительно предоперационных значений и приближаются к значениям контрольной группы, а значения показателей лучше, чем у больных после операции Мейо - Вредена, Шеде - Брандеса и SCARF за счет уменьшения длительности двойного шага относительно подгруппы I-I, более выраженного восстановления структуры периода опоры вследствие более равномерного сокращения времени переднего и заднего толчков, что говорило о лучшем восстановлении толчковой функции, более значимого увеличения межтолчкового периода, что свидетельствовало о более выраженном улучшении амортизационной функции стопы.

Коэффициент ритмичности. Показателем, характеризующим симметричность основных фаз шага правой и левой нижних конечностей является коэффициент ритмичности. Для его расчета измеряется интервал времени между передним толчком ног и вычисляется их отношение, которое в оптимальном виде равно единице. Поэтому значение коэффициента ритмичности в контрольной группе близко к этой величине - 0,96 (таблица 17).

До операции у больных с hallux valgus наблюдается достоверное уменьшение коэффициента ритмичности по сравнению с контрольной группой

(на 0,05). В отдаленные сроки в подгруппе I-I выявлено еще большее ухудшение этого показателя (на 0,12), в подгруппе I-II не определено положительной динамики относительно предоперационного значения, а в подгруппах II и III значение коэффициента ритмичности улучшалось и приближалось к значению контрольной группы (таблица 17).

Таблица 17

## Коэффициент ритмичности

Группа обследования		М	σ
Контрольная группа		0,96 <sup>1</sup>	0,03
Больные до лечения		0,91 <sup>2</sup>	0,04
Отдаленный результат	Подгруппа I-I	0,79 <sup>3</sup>	0,09
	Подгруппа I-II	0,89 <sup>4</sup>	0,07
	Подгруппа II	0,95 <sup>5</sup>	0,04
	Подгруппа III	0,96 <sup>6</sup>	0,04

2-(1, 3, 5, 6); 1-(2, 3, 4) -  $p < 0,05$ .

2-4; 1-5-6 -  $p > 0,05$ .

В целях более наглядного представления о возможностях применения биомеханических методов для оценки опорной и двигательной функций у больных до хирургического лечения hallux valgus и в дальнейшем в качестве примеров приводим ряд клинических наблюдений.

Наблюдение 1. В качестве демонстрации отдаленного результата операции, предложенной Мейо – Вреденым, приводим следующее клиническое наблюдение (рисунок 11, 12). Больной Т. 48 лет по поводу hallux valgus и комбинированного плоскостопия в одной из ведущих клиник Европы выполнена резекция головок I плюсневых костей стоп (рисунок 11А).

Через 19 лет больная обратилась с жалобами на беспокоящую многие годы выраженную боль и гиперкератоз в области основания головок II-III плюсневых костей после нагрузки (рисунок 11В), по поводу чего длительно и безрезультатно лечилась, в том числе получала «прижигание лазером» в частной косметической клинике, а затем несколько месяцев лечила образовавшуюся на месте ожога

нагноившуюся рану. Вес тела не повышен (52 кг). В I плюснефаланговых суставах умеренное ограничение движений (дорзифлексия  $40^\circ$ , плантафлексия  $10^\circ$ ) и хруст, нестабильность, при движении I пальца умеренная боль в крайних положениях.



Рисунок 11. Результаты обследования больной Т. 48 лет через 19 лет после операции Мейо - Вредена. А – рентгенография стоп. Б – вид стоп с тыльной и В – с подошвенной сторон.

Несмотря на положительный косметический результат операции – сохранение ширины переднего отдела стопы и отсутствие hallux valgus (рисунок 11Б) развитие осложнения в виде выраженной метатрзалгии, умеренной артралгии и контрактуры I плюснефалангового сустава привело к низкой оценке результата: неудовлетворительный по шкале AOFAS (39 баллов) и

удовлетворительный по шкале Грулье (46 баллов).

Биомеханическое обследование через 19 лет после операции выявило патологические изменения статических и динамических показателей функции оперированных стоп (рисунок 12).

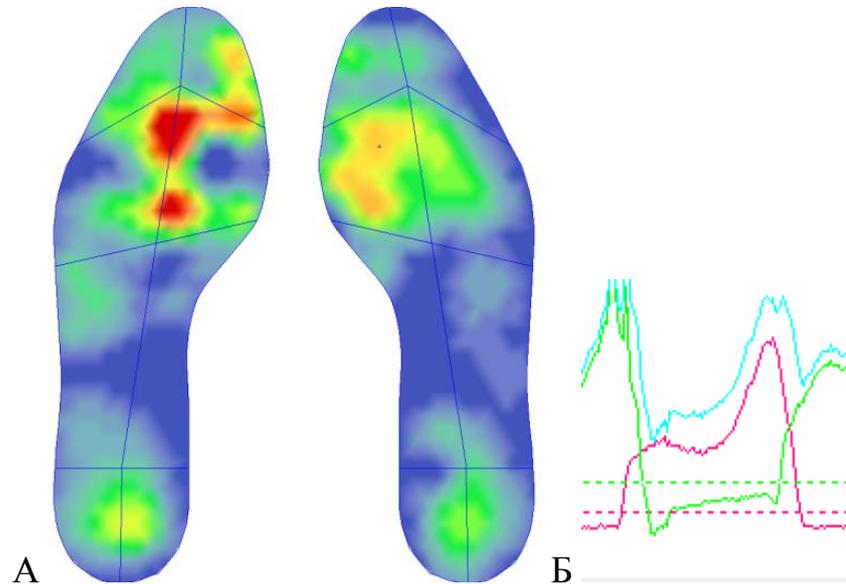


Рисунок 12. Динамограмма (А) и подограмма опорного периода правой стопы (Б) больной Т. 48 лет при ходьбе.

В статике при стабิโลграфии ОЦМ смещен влево на 7%, центр масс правой стопы смещен медиально на 6% относительно средней линии стопы, при динамометрии выявляется концентрация нагрузки в области середины поперечного свода переднего отдела стопы.

При ходьбе амплитуда траектории центров масс ограничивалась слева до 42% и справа до 45%. При динамометрии на стопе вместо 4 основных опорных зон остались 3: область пятки, область основания головок средних плюсневых костей и область I пальца (рисунок 12А). При этом давление на область I пальца и, соответственно, его толчковая функция существенно снижены.

Основной коэффициент медио-латерального соотношения увеличен (слева - 1,15; справа - 1,18), что свидетельствует о пронационной установке стоп, перегрузке их медиальных отделов и об ухудшении балансировочной функции.

Уменьшено значение соотношения сил переднего и заднего толчков (слева - 0,67; справа - 0,66), что говорит о чрезмерном увеличении заднего толчка и

является проявлением высокой энергоемкости ходьбы из-за снижения амортизационной функции вследствие анатомических изменений и болевого синдрома (рисунок 12Б).

При подографии длительность двойного шага близка к предоперационному значению (слева – 1,21 сек; справа – 1,22 сек). При этом период опоры уменьшен (слева – 0,69 сек; справа – 0,7 сек), период переноса компенсаторно увеличен (слева – 0,52 сек; справа – 0,52 сек). В структуре опорного периода существенно увеличено время переднего толчка (слева – 0,23 сек; справа – 0,24 сек) по сравнению с задним (слева – 0,12 сек; справа – 0,16 сек) при увеличении межтолчкового периода (слева – 0,34 сек; справа – 0,30 сек).

Имеется асимметрия мощности шагов правой и левой нижних конечностей на 2,5%, что говорит об асимметрии походки и нарушении двигательной функции.

Таким образом, данные биомеханического обследования больной объективизируют клинико-рентгенологическую картину и демонстрируют значительное нарушение опорной, балансирующей, амортизационной и толчковой функций стоп после операции предложенной Мейо - Вреденым.

Наблюдение 2. В качестве демонстрации отдаленного результата операции, предложенной Шеде – Келлером / Брандесом приводим следующее клиническое наблюдение. Больной К. 31 г. по поводу hallux valgus I ст. и комбинированного плоскостопия левой стопы выполнена операция Шеде – Келлера / Брандеса (рисунок 13). До операции предъявляла жалобы на дискомфорт в виде легкой боли в основании головок средних плюсневых костей и легкий косметический дефект в виде отклонения I пальца кнаружи и расширения переднего отдела стопы.

Через 5 лет после хирургического вмешательства обратилась с жалобами на значительную боль в переднем отделе стопы при стоянии и ходьбе преимущественно в области I плюсне-фалангового сустава, выраженное ограничение движений I пальца, вследствие чего испытывала трудности при стоянии и ходьбе. При клиническом обследовании имеются признаки снижения сводов, гиперкератоз в области основания головок II-III плюсневых костей, выраженная ригидность I плюсне-фалангового сустава (дорзифлексия 20°, плантафлексия 5°) и

боль в нем при движениях. Вес тела не повышен (62 кг).

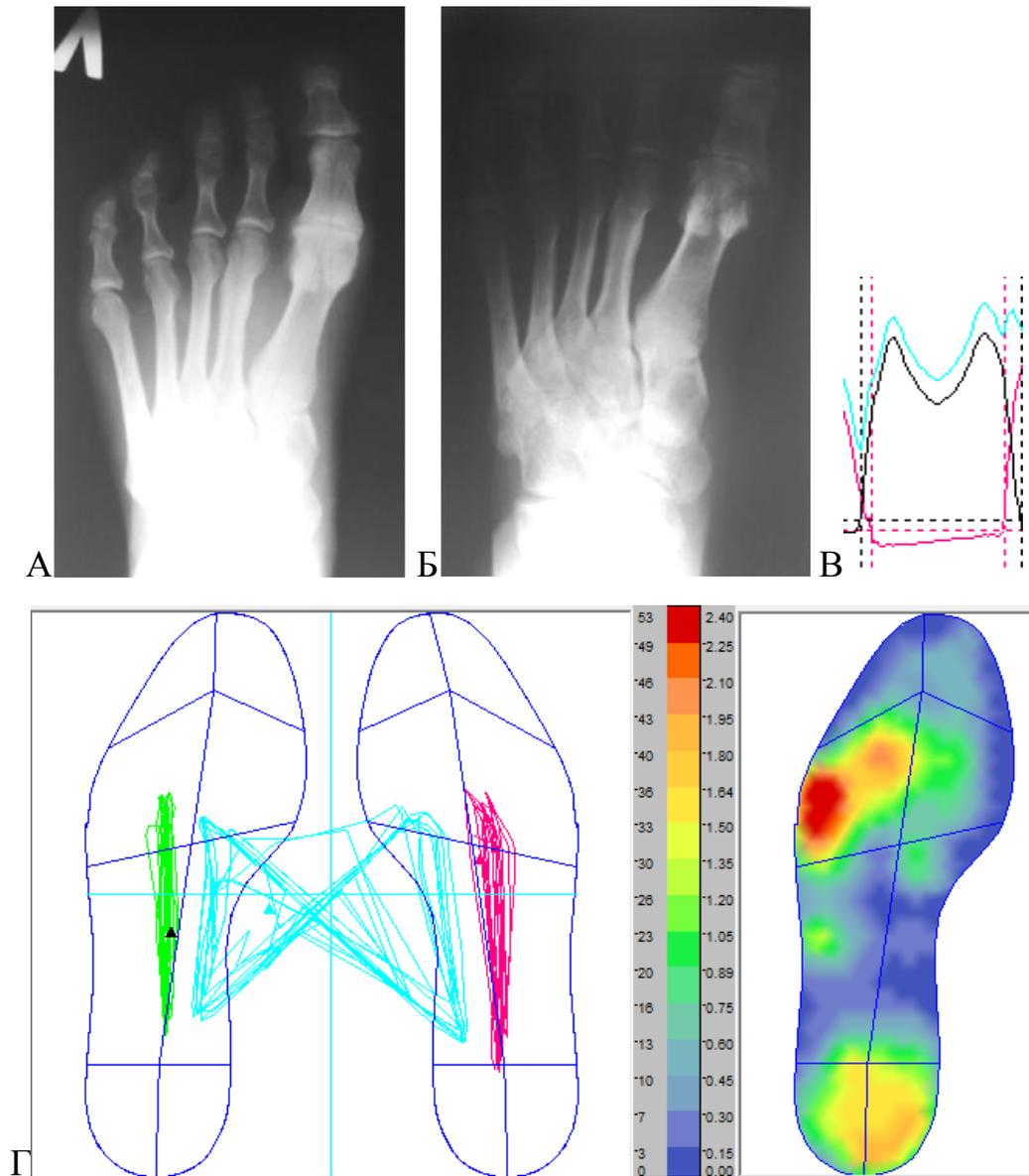


Рисунок 13. Результаты обследования больной К. Рентгенограммы: А –до операции, Б - через 5 лет. В – график интегральной нагрузки левой стопы в период опоры. Г – стабилграмма (слева) и динамограмма (справа).

Рентгенологически стойкое устранение деформации hallux valgus подтверждено значительным улучшением угла отклонения I пальца кнаружи с  $17^\circ$  до  $7^\circ$ . В то же время ширина переднего отдела стопы практически не изменилась (угол дивергенции I-V плюсневых костей до операции -  $26^\circ$ , после -  $26^\circ$ ; угол дивергенции I-II плюсневых костей до операции -  $7^\circ$ , после -  $7^\circ$ ). После операции имеются выраженные рентгенологические признаки деформирующего артроза I плюснефалангового сустава (рисунок 13Б).

Несмотря на положительный косметический результат операции – сохранение ширины переднего отдела стопы и отсутствие hallux valgus (рисунок 13Б) развитие осложнения в виде выраженной артралгии и ригидности I плюснефалангового сустава, а также остаточной метатрзалгии привело к низкой оценке результата: неудовлетворительный по шкале AOFAS (44 балла) и удовлетворительный по шкале Грулье (47 баллов).

Биомеханическое обследование через 5 лет после операции выявило патологические изменения статических и особенно динамических показателей функции оперированной стопы.

В статике при стабิโลграфии ОЦМ смещен вправо на 2%, центр масс левой стопы смещен латерально на 4% относительно средней линии стопы, при динамометрии в переднем отделе нагрузка концентрировалась в средне-латеральной области продольного свода.

При ходьбе амплитуда траектории центра масс левой нижней конечности ограничена до 42%. При динамометрии на стопе вместо 4 основных опорных зон остались 3: область пятки, области основания головок средних II – IV плюсневых костей (рисунок 13Г). При этом давление на область I пальца и, соответственно, его толчковая функция были значительно снижены.

Основной коэффициент медио-латерального соотношения уменьшен (0,87), что свидетельствовало о перегрузке латерального отдела и об ухудшении балансировочной функции (рисунок 13Г).

Значение коэффициента соотношения сил переднего и заднего толчков оставалось увеличенным (0,92), что говорит об ограничении заднего толчка вследствие болевого синдрома (рисунок 13В).

При подографии длительность двойного шага (1,08 сек), периода опоры (0,62 сек) и периода переноса (0,46 сек) аналогичны значениям контрольной группы. В структуре опорного периода при соответствии длительности переднего толчка (0,14 сек) контрольным показателям наблюдалось увеличение заднего толчка за счет (0,16 сек) уменьшения межтолчкового периода (0,32 сек).

Имеется асимметрия мощности шагов правой и левой нижних конечностей на

7,8%, причем мощность левой нижней конечности больше, чем правой, что говорит об асимметрии походки и нарушении двигательной функции.

Таким образом, данные биомеханического обследования больной объективизируют клинико-рентгенологическую картину и демонстрируют менее выраженное нарушение опорной, балансирующей, амортизационной и толчковой функций стоп после операции предложенной Шеде – Келлером / Брандесом, по сравнению с состоянием после операции Мейо - Вредена.

Наблюдение 3. В качестве иллюстрации эффективности методики SCARF приводим следующее клиническое наблюдение (рисунок 14). Больной П. 54 г. по поводу hallux valgus III ст. и комбинированного плоскостопия левой стопы выполнена операция по методике SCARF. До лечения предъявляла жалобы на боль в области I плюснефалангового сустава из-за сдавливания расширенного переднего отдела стопы обувью, боль под головками II-III плюсневых костей после нагрузки, утомляемость ног после непродолжительного стояния и ходьбы, значительный косметический дефект в виде отклонения I пальца кнаружи и расширение переднего отдела стопы, трудность подбора обуви и неудобство ее ношения из-за деформации стопы.

Через 5 лет после операции отмечает улучшение - боль в области I плюснефалангового сустава при стоянии и ходьбе практически не беспокоит, деформация большого пальца значительно уменьшилась, справляется с подбором обуви.

Однако, результатом удовлетворена не полностью, так как испытывает боль под головками II-III плюсневых костей и утомляемость ног после стояния и ходьбы, наблюдается остаточный косметический дефект в виде легкого отклонения I пальца кнаружи и расширения переднего отдела стопы, имеется необходимость использования ортопедических стелек для облегчения стояния и ходьбы. При клиническом обследовании в I плюснефаланговом суставе боль легкая в крайних положениях, сустав стабилен, дорзифлексия 65°, плантафлексия 25°, гиперкератоз в середине основания поперечного свода.

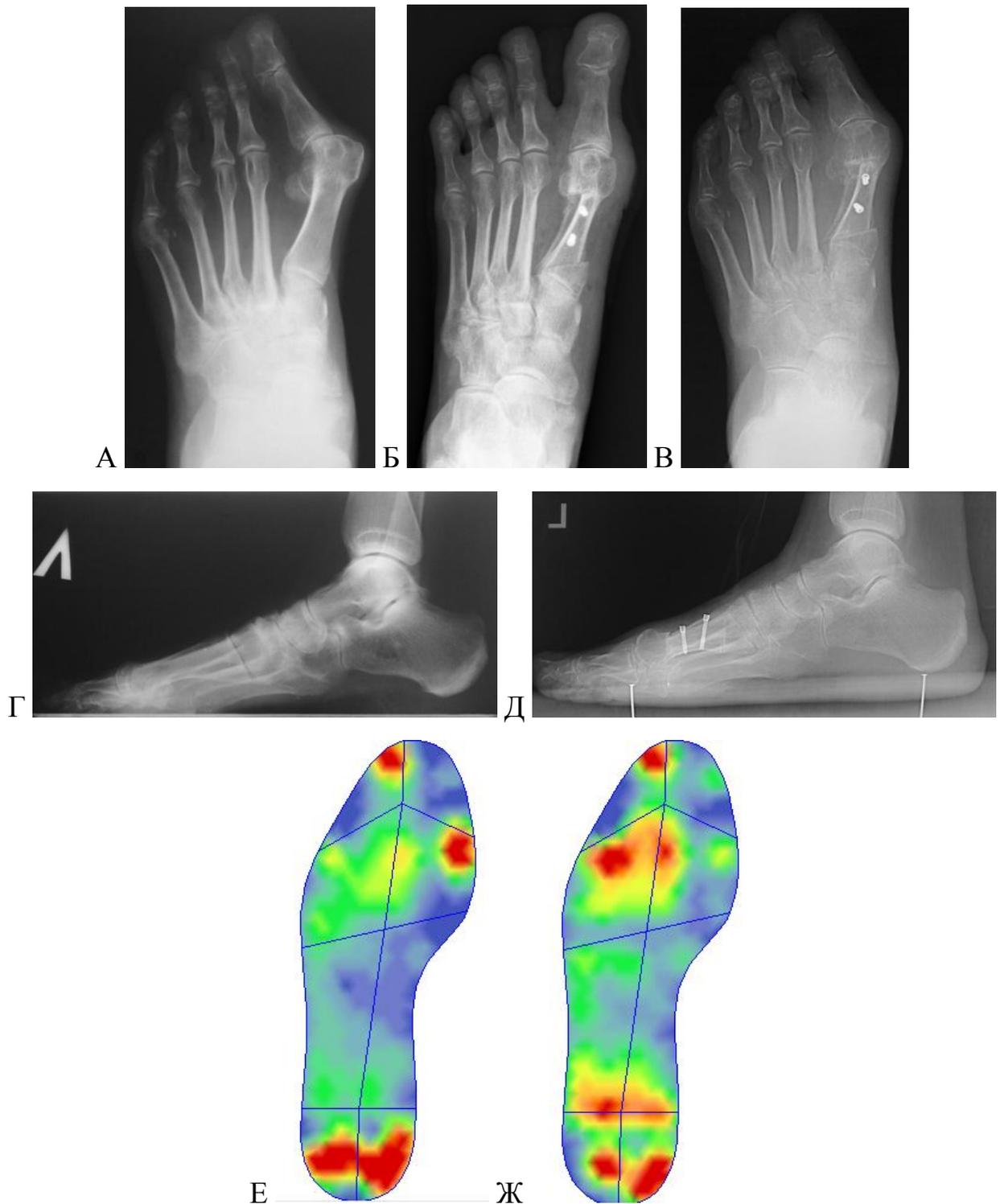


Рисунок 14. Больная П. 54 г. Р-гр: с нагрузкой до операции (А, Г), в отдаленные сроки (В, Д); после операции (Б). Динамограммы до операции (Е) и через 5 лет (Ж).

Рентгенологически стойкое уменьшение деформации hallux valgus через 5 лет подтверждено уменьшением угла отклонения I пальца кнаружи (до операции  $54^\circ$ , после -  $34^\circ$ ), уменьшением ширины переднего отдела стопы (до операции 117 мм, после – 108 мм), уменьшением углов дивергенции I-V плюсневых костей (до

операции -  $36^\circ$ , после –  $29^\circ$ ) и I-II плюсневых костей (до операции -  $20^\circ$ , после -  $11^\circ$ ). Продольный свод стопы уменьшился (до операции -  $144^\circ$ , после -  $138^\circ$ , рисунок 14Г, Д). После операции имеются легкие признаки деформирующего артроза I плюснефалангового сустава (рисунок 14В).

Положительный косметический результат операции в виде уменьшения hallux valgus и ширины переднего отдела стопы (рисунок 14Б, В) при наличии остаточной метатарзалгии и неполного восстановления функциональной активности пациента привели к положительной, но ограниченной оценке результата: удовлетворительный по шкале AOFAS (67 баллов) и шкале Грулье (48 баллов).

Биомеханическое обследование через 5 лет после операции выявило неполное восстановление и наличие остаточных патологических изменений статических и особенно динамических показателей функции оперированной стопы.

В статике при стабิโลграфии ОЦМ смещен вправо на 2%, центр масс левой стопы смещен латерально на 4% относительно средней линии стопы, при динамометрии в переднем отделе давление концентрировалась в средне-латеральной области.

При ходьбе амплитуда траектории центра масс левой нижней конечности ограничена до 42%. При динамометрии на стопе вместо 4 основных опорных зон в норме остались 2: область пятки и область основания головок средних II – IV плюсневых костей (рисунок 14Е, Ж). При этом давление на область основания I плюсневой кости значительно уменьшилось, а на область I пальца легко увеличилась, но оставалось сниженным, что свидетельствовало об ограничении их роли в формировании заднего толчка.

Основной коэффициент медио-латерального соотношения ухудшился (0,7) относительно предоперационного значения (0,77), что свидетельствовало об увеличении перегрузки латерального отдела и об ухудшении балансирующей функции стопы (рисунок 14Е, Ж).

Коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков улучшился (0,92) относительно предоперационного значения (1,11), но оставался увеличенным по сравнению с контрольной группой, что говорит о неполном

восстановлении заднего толчка.

При подографии длительность двойного шага (1,05 сек), периода опоры (0,62 сек) и периода переноса (0,43 сек) восстанавливались до значений контрольной группы. Однако, в структуре опорного периода наблюдалось увеличение длительности переднего толчка (0,17 сек) и особенно заднего (0,20 сек) за счет уменьшения межтолчкового периода (0,25 сек) относительно показателей контрольной группы.

Имеется асимметрия мощности шагов правой и левой нижних конечностей (на 14,6%), причем мощность левой (оперированной) ноги больше, чем правой, что говорит о снижении амортизационной функции левой стопы и асимметрии походки.

Таким образом, данные биомеханического обследования больной дополняют клинико-рентгенологическую картину, объективизируют функциональный исход и демонстрируют неполное восстановление опорной, балансирующей, амортизационной и толчковой функций стоп после операции SCARF.

Наблюдение 4. В качестве иллюстрации эффективности новой предложенной методики (патент РФ №2565374) приводим следующее клиническое наблюдение (рисунок 15). Больной Р. 66 лет по поводу hallux valgus III ст. и комбинированного плоскостопия правой стопы выполнена операция по новой методике. До лечения предъявляла жалобы на значительный косметический дефект в виде отклонения I пальца кнаружи и расширение переднего отдела стопы, боль в области I плюснефалангового сустава и под головками II-III плюсневых костей, утомляемость ног после непродолжительного стояния и ходьбы, трудность подбора обуви и неудобство ее ношения из-за деформации стоп. После лечения в течение 5 лет жалоб не предъявляет, косметическим результатом довольна, пользуется обычной обувью, трудностей при ходьбе и в подборе обуви не испытывает. В I плюснефаланговом суставе дорзифлексия  $75^\circ$ , плантафлексия  $30^\circ$ , сустав стабилен.

Стойкое устранение деформации стопы подтверждено значительным улучшением рентгенологических показателей: угол отклонения I пальца кнаружи с  $52^\circ$  до  $10^\circ$ , угол дивергенции I-V плюсневых костей с  $46^\circ$  до  $27^\circ$ , угол дивергенции I-II плюсневых костей с  $22^\circ$  до  $8^\circ$ , восстановлена конгруэнтность суставных

поверхностей в I плюснефаланговом суставе (рисунок 15А).

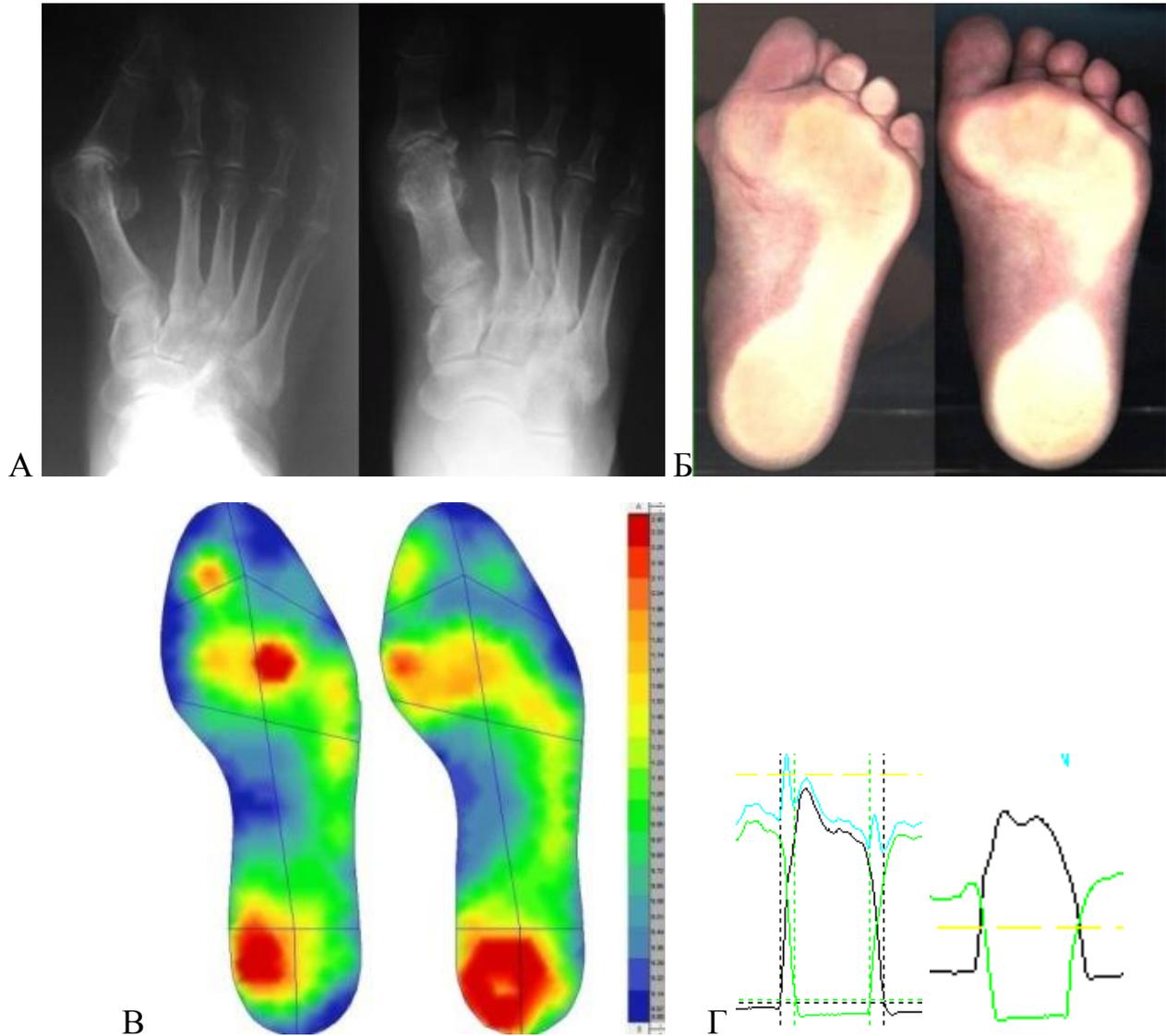


Рисунок 15. Результаты обследования больной Р. 66 лет. Слева – до операции, справа – результат через 5 лет: А – рентгенография с нагрузкой; Б – плантография с нагрузкой; В – динамометрия при ходьбе; Г – график интегральной нагрузки на правую стопу в период опоры.

Положительный косметический результат операции в виде исправления *hallux valgus* и восстановления ширины переднего отдела стопы (рисунок 15А, Б) при отсутствии метатрзалгии и полном восстановлении функциональной активности пациента привели к положительной оценке результата: отличный по шкале AOFAS (97 баллов) и по шкале Грулье (81 балл).

Биомеханическое обследование через 5 лет показало значительное восстановление статических и особенно динамических показателей функции стопы.

Восстановление опорной функции при ходьбе подтверждено улучшением распределения нагрузки на отделы стопы.

В статике при стабилографии ОЦМ смещен влево на 2%, центр масс правой стопы смещен медиально на 1% относительно средней линии стопы, при динамометрии в переднем отделе наибольшее давление наблюдалось в проекции головок средних плюсневых костей (рисунок 15В).

При ходьбе амплитуда траектории центра масс правой нижней конечности до операции была ограничена (49%), а в отдаленные сроки отмечено ее восстановление (57%). Динамометрия показала существенное улучшение распределения давления в области основных опорных зон переднего отдела стопы: давление в области середины поперечного свода значительно уменьшалось и восстанавливалось в области головок V и особенно I плюсневых костей, что способствовало устранению метатарзалгии (рисунок 15В).

Увеличился до нормы основной коэффициент медио-латерального соотношения (до операции – 0,92, через 5 лет – 1,02), что свидетельствовало о физиологическом распределении нагрузки на медиальный и латеральный отделы стопы и о восстановлении балансирующей функции.

До операции задний толчок практически отсутствовал, а в отдаленном периоде восстановилось соотношение сил переднего и заднего толчков (до операции – 1,18, после – 0,91), что является проявлением восстановления толчковой функции и энергосберегающей походки (рисунок 15Г).

При подографии длительность двойного шага уменьшалась (до операции - 1,18 сек, после - 1,11 сек) преимущественно за счет периода опоры (до операции - 0,71 сек, после - 0,66 сек), а в структуре опорного периода улучшение наблюдалось за счет сокращения времени заднего толчка (до операции - 0,31 сек, после – 0,17 сек) и увеличения межтолчкового периода (до операции - 0,23 сек, после – 0,34 сек) при одинаковой длительности переднего толчка (до и после операции 0,17 сек).

Уменьшилась мощность шага правой ноги на 13,88%, что говорит о восстановлении амортизационной функции стопы и энергосберегающей походки.

Таким образом, данные биомеханического обследования больной дополняют клинико-рентгенологическую картину, объективизируют функциональный исход и демонстрируют значительное восстановление опорной, балансирующей, амортизационной и толчковой функций стопы после новой предложенной операции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным проявлением деформации hallux valgus является нарушение опорной и двигательной функций стопы, нижней конечности и опорно-двигательной системы в целом. Значительное ограничение возможности поддержания статической позы и ходьбы у больных с такой патологией требует проведения сложной и нередко дорогостоящей хирургической коррекции деформации hallux valgus. Такая операция должна восстанавливать опороспособность стопы, добиваться достаточной амплитуды движений I пальца, избавлять пациента от боли и хромоты, возвращать его к активному образу жизни.

В то же время не все пациенты удовлетворены функциональными результатами хирургического лечения. Это связано со следующими обстоятельствами. 1) Несмотря на постоянное совершенствование технологий операций, их качество во многом зависит от «человеческого» фактора. 2) Существует много хирургических методик, а на практике используются отдельные, при этом, как правило, выбранные хирургом на основании субъективного предпочтения. 3) Нередко после операции у пациентов выявляется разная длина конечностей и часто специалисты не уделяют достаточного внимания этой проблеме. 4) Процесс реабилитации часто ограничен и, как правило, не сопровождается применением объективных методов контроля его эффективности. 5) Часто пациенты страдают комплексной ортопедической патологией, когда заболевания других отделов опорно-двигательной системы могут снижать общий функциональный результат. 5) У ряда пациентов после операции наблюдаются осложнения.

Сегодня в клинической практике для оценки статической и динамической функций в основном используются клинические приемы, которые по своей природе субъективны и недостаточно точны. Рентгенологические методы лишь косвенно отражают функциональное состояние больного. Часто применяющиеся бальные системы и «шкалы» так же недостаточно точны, так как несут в себе

долю субъективизма врача и пациента, представляют суммарную оценку неоднородных параметров. В настоящее время практически не используются современные точные биомеханические методы, что делает существующую оценку состояния опорной и двигательной функций недостаточно информативной и не позволяет полноценно выявить причинно-следственные взаимосвязи «лечебные мероприятия - функциональный результат» на этапах определения показаний к операции и выбору методики хирургической коррекции hallux valgus, последующей реабилитации и дальнейшего динамического наблюдения.

В связи с этим в настоящем исследовании для улучшения результатов обследования и прогнозирования эффективности лечения больных до и после хирургического лечения hallux valgus разработан алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций с использованием современных высокоинформативных биомеханических методов.

В результате биомеханической оценки статической и динамической функций с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» в группе 34 здоровых людей (68 стоп) выявлены усредненные нормативные показатели.

Статическое положение характеризуется оптимальным биомеханическим балансом: при стабилографии нагрузка на нижние конечности распределяется поровну во фронтальной плоскости и сопровождается легкой перегрузкой задних отделов стоп и в сагиттальной плоскости; при динамометрии на опорной поверхности стопы выделено 3 основные опорные зоны – область пятки и области основания головок V и I плюсневых костей.

Наименьшее давление на всю стопу и на поперечный свод наблюдается при опоре на две ноги, при стоянии на одной ноге давление увеличивается, а при ходьбе – возрастает еще больше.

При ходьбе шагательные движения нижних конечностей имеют достаточную амплитуду и одинаковую величину, что на стабилограмме отражается в виде значительной и симметричной амплитуды траекторий центров масс нижних конечностей и общего центра масс тела человека. При динамометрии на стопе выделено 4 основные опорные зоны, последовательно

нагружаемые при ходьбе: область пятки, основания головок V и I плюсневых костей и область I пальца. Устойчивость стопы во фронтальной плоскости подтверждена оптимальным значением основного коэффициента медио-латерального соотношения. Асимметрия мощности шага характеризуется минимальным значением. Длительность шага непродолжительна для обеспечения физиологической скорости передвижения. Одинаковые периоды шага симметричны для правой и левой нижних конечностей. Длительность периода опоры конечности незначительно преобладает над временем периода переноса. В структуре периода опоры выделяются экстремумы: передний толчок при опоре на пятку и задний при опоре на передний отдел стопы, причем последний преобладает (по данным коэффициента соотношения сил переднего и заднего толчков), создавая физиологическую перегрузку переднего отдела стопы при ходьбе. Периоды толчков непродолжительны и разделены межтолчковым интервалом, более чем в 2 раза превышающем длительность толчков.

Анализ результатов обследования позволяет следующим образом охарактеризовать состояние опорной и двигательной функций здоровых людей: в статике положение общего центра масс по оси X равно  $-0,8 \pm 3,0\%$ , на опорной поверхности стопы имеется 3 основные опорные зоны (область пятки и области основания головок V и I плюсневых костей); при ходьбе стопа подвергается более выраженной нагрузке, чем в статике, при этом амплитуда центров масс нижних конечностей –  $59,3 \pm 10,0\%$ , на стопе имеется 4 основные опорные зоны, последовательно нагружаемые в период опоры (область пятки, основания головок V и I плюсневых костей и область I пальца), коэффициент медио-латерального соотношения –  $1,0 \pm 0,2$ , коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков –  $0,87 \pm 0,13$ , асимметрия мощности шага –  $3,2 \pm 0,3\%$ , длительность двойного шага –  $1,08 \pm 0,09$  сек, длительность периода переноса –  $0,46 \pm 0,04$  сек, длительность периода опоры –  $0,62 \pm 0,06$  сек, передний толчок –  $0,14 \pm 0,01$  сек, межтолчковый период –  $0,35 \pm 0,03$  сек, задний толчок –  $0,13 \pm 0,01$  сек, коэффициент ритмичности –  $0,96 \pm 0,03$ .

На основании изучения опубликованных данных и собственного опыта

предложен новый «способ лечения вальгусной деформации I пальца и варусной деформации I плюсневой кости стопы» - патент РФ №2565374. Предлагаемая методика позволяет улучшить результаты лечения за счет улучшения косметического вида стопы после операции, более полной и стойкой коррекции деформации, исключения остаточного болевого синдрома и метатарзалгии, улучшения опорной и динамической функций оперированных стоп, уменьшения вероятности осложнений и необходимости повторных операций.

Клинико-рентгенологическое обследование больных по шкалам AOFAS и Грулье до хирургической коррекции hallux valgus продемонстрировало значительное нарушение функции стопы, которое улучшалось в отдаленные сроки в меньшей степени после резекционной артропластики (подгруппа I) и более значительно после реконструктивных операций (подгруппы II и III).

Изучение статической и динамической функций у 113 больных (138 стоп) с hallux valgus до операции и в отдаленном периоде с помощью диагностического комплекса «ДиаСлед» выявило ряд особенностей.

В статике у больных перед хирургическим лечением hallux valgus наблюдалось увеличение смещения общего центра масс от нейтрального положения по оси X относительно показателей контрольной группы (на 5,2%), что говорило об увеличении асимметрии нагрузки на ноги, после операции Мейо – Вредена этот показатель ухудшался (на 3%), а после других операций улучшался (на 2-3%).

Положение центра масс конечности до операции смещалось латерально от средней линии стопы (на 5%). Очевидно, этот эффект наблюдался вследствие элевации I плюсневой кости и компенсаторного перераспределения нагрузки на латеральный отдел стопы. В отдаленные сроки в подгруппе I-I центр масс конечности смещался медиально от средней линии стопы (на 3%), что свидетельствовало о перегрузке медиального отдела. В подгруппах I-II, II наблюдалось незначительное улучшение, а в подгруппе III – достоверное приближение его к значению контрольной группы.

Качественный тест распределения опорных зон стопы до операции показал

наибольшую нагрузку пятки, основания головки V плюсневой кости, но нагрузка из области основания головки I плюсневой кости перемещалась в область основания головок II-III плюсневых костей. У больных после операции Шеде - Брандеса распределение нагрузки не улучшалось, а после операции Мейо - Вредена даже ухудшалось, в подгруппе II наблюдалось незначительное увеличение нагрузки в области головки I плюсневой кости, и только в подгруппе III основание головки I плюсневой кости полноценно вовлекалось в опорный процесс.

При ходьбе больного амплитуда шагов уменьшается преимущественно на стороне поражения, на стабилограмме это отражается в виде ограничения амплитуды траекторий центров масс преимущественно больной нижней конечности, а также значительной асимметрии и ограничении амплитуды траектории общего центра масс. Амплитуда траектории центра масс нижней конечности у больных с hallux valgus до операции уменьшалась по сравнению с контрольной группой (на 11%). После операции наблюдалось существенное восстановление этого показателя у всех, кроме больных подгруппы I-I после операции Мейо - Вредена.

Качественный тест распределения нагрузки по опорной поверхности стопы при ходьбе у больных до операции показал ухудшение относительно контрольной группы: на стопе вместо 4 основных опорных зон остаются 3 - пятка, основание головок средних плюсневых костей и область I пальца, при этом давление на область I пальца и, соответственно, его толчковая функция существенно снижаются. В отдаленном периоде у больных подгруппы I-I после операции Мейо - Вредена наблюдается отрицательная динамика - увеличивается нагрузка на головки средних плюсневых костей и значительно снижается толчковая функция I пальца. У больных подгруппы I-II после операции Шеде - Брандеса распределение давления существенно не меняется. В подгруппе II после операции SCARF наблюдается неполное восстановление опороспособности зоны под головкой I плюсневой кости. В группе III после «шарнирной остеотомии» наблюдается существенное и практически полное восстановление опороспособности головки I

плюсневой кости).

Для определения устойчивости стопы и равномерности нагрузки на ее медиальный и латеральный отделы при ходьбе использовался коэффициент медио-латерального соотношения. У больных с hallux valgus до операции наблюдалось его уменьшение по сравнению с контрольной группой (на 0,12), что свидетельствовало о перегрузке латерального отдела стопы. После операции у больных подгруппы I-I наблюдалось его увеличение (1,15), демонстрирующее перегрузку медиального отдела. В подгруппе I-II и подгруппе II наблюдалось уменьшение коэффициента (на 0,06 и 0,09) показывающее перегрузку латерального отдела стопы. В подгруппе III наблюдалось наиболее полное восстановление коэффициента (до 1,0) и, соответственно, наиболее равномерное нагружение медиального и латерального отделов стоп.

Коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков у больных с hallux valgus до операции превышал значение этого показателя в контрольной группе (на 0,19) вследствие снижения толчковой функции поперечного свода и пальцев, особенно первого. После операции в подгруппе I-I наблюдалось выраженное уменьшение коэффициента (на 0,4), что свидетельствовало о чрезмерном увеличении заднего толчка и перегрузке переднего отдела стопы при ходьбе. В подгруппе I-II улучшение относительно предоперационного значения было небольшое (на 0,09), в подгруппе II и особенно в подгруппе III наблюдалось более выраженное улучшение коэффициента (на 0,13 и 0,17) и приближение к значению показателя контрольной группы.

Временная структура шага при ходьбе больного с hallux valgus перед операцией характеризуется ухудшением по сравнению с состоянием контрольной группы за счет увеличения длительности двойного шага (на 0,14 сек) и выраженного изменения структуры периода опоры в виде увеличения длительности переднего (на 0,08 сек) и заднего (на 0,13 сек) толчков вследствие ограничения межтолчкового периода (на 0,1 сек).

После операции Мейо - Вредена показатели подографии ухудшаются по сравнению с исходным предоперационным состоянием преимущественно за счет

увеличения длительности двойного шага (на 0,05 сек) и изменения структуры периода опоры в виде компенсаторного увеличения длительности переднего толчка (на 0,08 сек).

После операции Шеде - Брандеса данные подографии улучшаются относительно предоперационных значений и предыдущей подгруппы за счет уменьшения длительности двойного шага (на 0,1 сек) преимущественно вследствие сокращения периода опоры (на 0,08 сек) и улучшения его структуры в виде увеличения межтолчкового интервала (на 0,02 сек), но не восстанавливаются до значений контрольной группы.

После операции SCARF данные подографии улучшаются относительно предоперационных значений и предыдущих подгрупп за счет восстановления длительности двойного шага и сокращения периода опоры до показателей контрольной группы, но структура опорного периода не восстанавливается до значений контрольной группы - уменьшаются передний (на 0,06 сек) и задний (на 0,08 сек) толчки и увеличивается межтолчковый интервал (на 0,04 сек).

У больных подгруппы III данные подографии значительно улучшаются относительно предоперационных значений и приближаются к значениям контрольной группы, а значения показателей лучше, чем у пациентов после операции Мейо - Вредена, Шеде - Брандеса и SCARF за счет восстановления длительности двойного шага и более выраженного улучшения структуры периода опоры вследствие более равномерного сокращения времени переднего (на 0,07 сек) и заднего (на 0,11 сек) толчков, что говорит о лучшем восстановлении толчковой функции, более значимого увеличения межтолчкового периода (на 0,07 сек), что свидетельствовало о более выраженном улучшении амортизационной функции стопы.

Коэффициент ритмичности у больных до операции был меньше показателя контрольной группы (на 0,05), а в отдаленном периоде в подгруппе I-I он ухудшался (на 0,12), в подгруппе I-II существенно не изменялся, а в подгруппах II и III значение коэффициента ритмичности существенно не отличалось от контрольной группы.

Из общего числа больных, обследованных после операции, у 24 наблюдалось укорочение до 1,5 см как оперированной конечности – 50%, так и контрлатеральной – 50%. Биомеханические тесты показали, что у большинства этих пациентов происходит перегрузка оперированной стопы. Так как повышенная нагрузка оперированной конечности может быть предпосылкой для развития осложнений, мы считаем необходимой мерой компенсацию разницы длины нижних конечностей на основании биомеханического контроля, направленную на устранение перегрузки оперированной конечности. Установлено, что одним из наиболее информативных биомеханических показателей, отражающих перегрузку стопы при ходьбе, является оценка мощности шага. На основании использования этого показателя предложен новый «способ оценки функционального укорочения нижней конечности» (патент на изобретение РФ №2532880, не имеет аналогов – «пионерский»). Использование предложенного способа для контроля точности коррекции разной длины ног позволило достичь эффективной биомеханической компенсации в виде устранения перегрузки (оперированной) конечности и уменьшить асимметрию мощности шага до уровня контрольной группы (с  $10,7 \pm 4,8\%$  до  $2,4 \pm 0,6\%$ ).

Таким образом, биомеханические исследования позволяют получить полную объективную картину функциональных изменений статики и походки у больных после хирургического лечения hallux valgus.

Проведенное исследование позволяет предложить алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций у больных с hallux valgus до и после хирургического лечения, позволяющий улучшить результаты их комплексного обследования (таблица 18).

Алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций у больных до и после хирургического лечения hallux valgus

Задача исследования	Вид исследования	Применение полученных данных
<b>1. Дооперационный период.</b>		
Оценка исходного статуса.	Тесты в статике. Тест при разной длине нижних конечностей. Тесты походки.	Оценка исходного статуса. Обоснование показаний к операции. Определение целесообразности применения хирургических приемов для коррекции разных элементов деформации hallux valgus.
<b>2. Ранний этап реабилитации (до 3-6 недель).</b>		
Оценка послеоперационного статуса.	Тесты в статике. Тесты при разной длине нижних конечностей. Тест походки с дополнительной опорой (костылями, ортопедической обувью).	Оценка раннего функционального результата. Оценка устойчивого навыка стояния, ходьбы с костылями или в ортопедической обуви. Определение лечебно-реабилитационных мероприятий, в том числе для исключения перегрузки оперированной конечности, переднего отдела стопы и восстановления стереотипа ходьбы.
<b>3. Основной этап реабилитации (до 1 года).</b>		
Контроль эффективности реабилитации.	Тест в статике. Тест при разной длине нижних конечностей. Тест походки с дополнительной опорой. Тест походки.	Контроль за эффективностью лечебно-реабилитационных мероприятий, в том числе для исключения перегрузки оперированной стопы и восстановления стереотипа ходьбы. Решение вопроса о полном переходе на ходьбу без дополнительной опоры и возможности приступить к трудовой деятельности.
<b>4. Поддерживающий амбулаторный этап реабилитации (позже 1 года). Динамическое наблюдение.</b>		
Оценка стабильности функционального результата.	Тест в статике. Тест при разной длине нижних конечностей. Тест походки.	Решение вопроса о повышении физической активности. Разработка индивидуальной поддерживающей программы реабилитации. При отрицательной динамике – назначение дополнительного обследования.

## ВЫВОДЫ

1. Состояние опорной и двигательной функций стопы у здоровых людей характеризуется следующими основными показателями: в статике положение общего центра масс по оси X  $-0,8\pm 3,0\%$ , центр масс конечности располагается на продольной оси стопы ( $0,5\pm 1,0\%$ ), нагрузка осуществляется на 3 основные опорные зоны (пятку, основания головок V и I плюсневых костей); при ходьбе амплитуда центров масс нижних конечностей  $59,3\pm 10,0\%$ , нагрузка осуществляется на 4 основные последовательно нагружаемые опорные зоны (пятку, основания головок V и I плюсневых костей и I палец), коэффициент медио-латерального соотношения  $1,0\pm 0,2$ , коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков  $0,87\pm 0,13$ , асимметрия мощности шага  $3,2\pm 0,3\%$ , длительность двойного шага  $1,08\pm 0,09$  сек, длительность периода переноса  $0,46\pm 0,04$  сек, длительность периода опоры  $0,62\pm 0,06$  сек, передний толчок  $0,14\pm 0,01$  сек, межтолчковый период  $0,35\pm 0,03$  сек, задний толчок  $0,13\pm 0,01$  сек, коэффициент ритмичности  $0,96\pm 0,03$ .

2. Для мониторинга больных с hallux valgus наиболее информативными являются биомеханические показатели двигательной функции: амплитуда центров масс нижних конечностей, распределение нагрузки по основным опорным зонам стопы, коэффициент медио-латерального соотношения, коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков, длительность двойного шага, периодов переноса и опоры, переднего и заднего толчков, межтолчкового периода.

3. Предложенный «способ лечения вальгусной деформации I пальца и варусной деформации I плюсневой кости» позволяет выполнять эффективную коррекцию выраженных деформации hallux valgus и получать положительный клинико-рентгенологический и функциональный результат.

4. Сравнительный анализ результатов обследования здоровых людей и больных перед хирургическим лечением hallux valgus свидетельствует об ухудшении биомеханических показателей у больных: амплитуда траектории центра масс нижней конечности уменьшается на 11%, на стопе вместо 4 основных опорных зон остаются 3 - пятка, основание головок средних плюсневых костей и ограниченно

I палец, коэффициент медио-латерального соотношения уменьшается на 0,12, коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков увеличивался на 0,19, длительность двойного шага увеличивается на 0,14 сек за счет периода опоры (на 0,11 сек) и периода переноса (на 0,03 сек), передний и задний толчки увеличиваются на 0,08 и 0,13 сек, межтолчковый период сокращается на 0,1 сек. В отдаленные сроки в подгруппе I после операции Мейо - Вредена почти все показатели ухудшаются, после операции Шеде - Брандеса большинство показателей незначительно улучшается, только после реконструктивных операций в подгруппах II и особенно III наблюдается значительное улучшение и приближение к показателям здоровых людей.

5. Предложенный «способ оценки функционального укорочения нижней конечности» является высокоинформативными в комплексной оценке двигательной функции пациентов с разной длиной нижних конечностей, страдающих hallux valgus.

6. Предложенный алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций у больных до и после хирургического лечения hallux valgus позволяет объективизировать результаты комплексного обследования по сравнению с традиционными клинико-рентгенологическими методиками и прогнозировать эффективность лечения пациентов с hallux valgus.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для мониторинга пациентов после хирургического лечения hallux valgus следует учитывать значения следующих биомеханических показателей, характерных для людей без патологии стоп и опорно-двигательной системы в целом в качестве контрольных: в статике положение общего центра масс по оси X  $-0,8 \pm 3,0\%$ , центр масс конечности располагается на продольной оси стопы ( $0,5 \pm 1,0\%$ ), нагрузка осуществляется на 3 основные опорные зоны (пятку, основания головок V и I плюсневых костей); при ходьбе амплитуда центров масс нижних конечностей  $59,3 \pm 10,0\%$ , нагрузка осуществляется на 4 основные последовательно нагружаемые опорные зоны (пятку, основания головок V и I плюсневых костей и I палец), коэффициент медио-латерального соотношения  $1,0 \pm 0,2$ , коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков  $0,87 \pm 0,13$ , асимметрия мощности шага  $3,2 \pm 0,3\%$ , длительность двойного шага  $1,08 \pm 0,09$  сек, длительность периода переноса  $0,46 \pm 0,04$  сек, длительность периода опоры  $0,62 \pm 0,06$  сек, передний толчок  $0,14 \pm 0,01$  сек, межтолчковый период  $0,35 \pm 0,03$  сек, задний толчок  $0,13 \pm 0,01$  сек, коэффициент ритмичности  $0,96 \pm 0,03$ .

2. После хирургического лечения больных с hallux valgus для мониторинга показано использование следующих наиболее информативных биомеханических показателей двигательной функции: амплитуды центров масс нижних конечностей, распределения нагрузки по основным опорным зонам стопы, коэффициента медио-латерального соотношения, коэффициента соотношения сил переднего и заднего толчков, длительности двойного шага, периодов переноса и опоры, переднего и заднего толчков, межтолчкового периода.

3. Для эффективной коррекции выраженных деформаций hallux valgus и получения положительных клинико-рентгенологических и функциональных результатов следует применять предложенный «способ лечения вальгусной деформации I пальца и варусной деформации I плюсневой кости».

4. При определении показаний к хирургическому лечению больных с hallux valgus, а также для последующего мониторинга результатов следует учитывать, что

выраженное нарушение опорной и двигательной функций стоп характеризуется следующими основными биомеханическими показателями: при ходьбе амплитуда траектории центра масс нижней конечности  $48\pm 9\%$ , на стопе вместо 4 основных опорных зон остаются 3 - пятка, основание головок средних плюсневых костей и ограниченно I палец, коэффициент медио-латерального соотношения  $0,88\pm 0,14$ , коэффициент соотношения сил переднего и заднего толчков  $1,06\pm 0,15$ , длительность двойного шага  $1,22\pm 0,11$  сек, период опоры  $0,73\pm 0,07$  сек, период переноса  $0,49\pm 0,04$  сек, передний и задний толчки  $0,22\pm 0,02$  и  $0,26\pm 0,02$  сек, межтолчковый период  $0,25\pm 0,02$  сек. После операции для контроля за процессом реабилитации и профилактики возможных осложнений следует осуществлять мониторинг состояния опорной и двигательной функций стоп по данным биомеханического компьютерного комплекса «ДиаСлед». Для получения положительных функциональных результатов не следует использовать операцию Мейо - Вредена, методику Шеде - Брандеса следует использовать ограниченно в случаях невысокого требования пациента к функциональному исходу. Реконструктивные операции SCARF и особенно новая методика показаны для значительного восстановления функции при выраженной деформации (II – III ст.).

5. В комплексной оценке двигательной функции пациентов с hallux valgus, имеющих разную длину нижних конечностей, для ее эффективной коррекции следует применять предложенный «способ оценки функционального укорочения нижней конечности».

6. Предложенный алгоритм оценки и мониторинга опорной и двигательной функций у больных до и после хирургического лечения hallux valgus, позволяющий улучшить результаты их комплексного обследования, может быть рекомендован для клинического использования в учреждениях здравоохранения, осуществляющих данный вид медицинской помощи и последующее наблюдение за этим контингентом больных.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абеленцев, В.В. Хирургическое лечение поперечного плоскостопия и hallux valgus: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 777 / Абеленцев В.В. – Алма Ата, 1970. – 19 с.
2. Алинагиев, Б.Д. Оперативное лечение вальгусной деформации первого пальца стопы с применением устройства наружной фиксации: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Алинагиев Бабек Джебраил оглы. – М., 2011. – 27 с.
3. Альбрехт, Г.А. К патологии и лечению hallux valgus / Г.А. Альбрехт // Русский врач. – 1911. – Т. 10. – №1. – С.14–19.
4. Андрианов, В.Л. Организация ортопедической и травматологической помощи детям / В.Л. Андрианов, Н.Г. Веселов, И.И. Мирзоева. – Л.: Медицина, 1988. – 240 с.
5. Апштейн, З.В. Исследование опорной функции переднего отдела стопы при ходьбе / З.В. Апштейн, Г.Г. Потиханова // Ортопед., травматол. – 1964. – №4. – С.60.
6. Аржанникова, Е.Е. Лечение распластанности переднего отдела стопы у женщин / Е.Е. Аржанникова, И.К. Горелова, Е.И. Скирмонт // Ортопедия, травматология и протезирование. – Харьков. – 1991. – №4. – С.71–73.
7. Аржанникова, Е.Е. Конструирование и технология ортопедической обуви: учебное пособие / под ред. Е.Е Аржанниковой, И.К. Гореловой. – СПб., 1996. – 342 с.
8. Аржанникова, Е.Е. Ортопедическое обеспечение при деформациях стоп / Е.Е. Аржанникова, И.К. Горелова // Руководство по протезированию и ортезированию / под ред. А.Н. Кейера, А.В. Рожкова. – СПб., 1999. – С.450–488.
9. Аруин, А.С. Эргономическая биомеханика ходьбы и бега / А.С. Аруин, В.М. Зациорский. – М.: ГЦОЛИФК, 1983. – 52 с.
10. Ауди, К. Применение биомеханической САПР в практике обучения / К. Ауди, Ю.А. Безгодков, Г.Д. Дмитриевич, М.В. Марков // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2011. – Т. 2. – С. 222-223.
11. Балакирев, В.П. Статические деформации стоп грузчиков и возчиков /В.П. Балакирев // Вестн. хирург. – 1930. – №58–60. – С.320–328.
12. Батенкова, Г.И. Основные принципы ортопедического лечения при распластанности переднего отдела стопы и hallux valgus : автореф. дис. ... канд.

мед. наук: 14.00.22 / Батенкова Генриетта Ивановна. – М., 1975. – 22 с.

13. Батенкова, Г.И. Перечень деформаций стоп, при которых может быть изготовлена ортопедическая обувь на протезно-ортопедических предприятиях: метод. рекомендации / Г.И. Батенкова, Т.Е. Старцева, Л.И. Сысоева, В.И. Шептун. – Л., 1983. – 12 с.

14. Батышева, Т.Т. Организация лаборатории клинического анализа движений и её работы в условиях поликлиники восстановительного лечения / Т.Т. Батышева, Д.В. Скворцов, А.Н. Бойко. – М.: Радио и связь, 2002. – С.3–4.

15. Безгодков, Ю.А. Биомеханические показатели стояния и походки больных после тотального эндопротезирования коленного сустава с использованием компьютерной навигации / Ю.А. Безгодков [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – №4 (62). – С.11–17.

16. Безгодков, Ю.А. Использование биомеханических методов в системе комплексной оценки состояния пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава / Ю.А. Безгодков, Т.Н. Воронцова, К. Ауди // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2011. – Т. XVIII. – № 3. – С. 5-14.

17. Безгодков, Ю.А. Различные методы объективной оценки состояния пациентов, перенесших эндопротезирование тазобедренного сустава / Ю.А. Безгодков, Т.Н. Воронцова, К. Ауди // Профилактическая и клиническая медицина. – 2011. – № 2 (39). – С. 93-103.

18. Безгодков, Ю.А. Применение биомеханических методов в комплексной оценке и мониторинге состояния больных после эндопротезирования тазобедренного сустава / Ю.А. Безгодков, К. Ауди, Т.Н. Воронцова, А.Л. Кудяшев. – СПб.: ЦМТ СПбГПМА, 2012. – 88 с.

19. Безгодков, Ю.А. Исследование и моделирование биомеханических процессов в тазобедренных суставах / Ю.А. Безгодков [и др.] // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2012. – № 2. – С. 88-91.

20. Безгодков, Ю.А. Современный подход к биомеханической оценке эффективности применения эндопротезов / Ю.А. Безгодков [и др.] // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2012. – Т. XIX. – №4. – С.68-72.

21. Беленький, А.Г. Плоскостопие: проявления и диагностика / А.Г. Беленький // *Consilium medicum*. – 2005. – Т.7. – №8. – С.618–622.
22. Бережной, С.Ю. Чрескожная модификация артродеза первого плюснеклиновидного сустава: проспективное исследование / С.Ю. Бережной // *Травматология и ортопедия России*. – 2012. – №4(66). – С.51–58.
23. Бережной, С.Ю. Фиксированная смещенная дистальная чрескожная остеотомия первой плюсневой кости в хирургической коррекции *metatarsus primus varus* / С.Ю. Бережной // *Травматология и ортопедия России*. – 2013. – №3(69). – С.37–44.
24. Бережной, С.Ю. Чрескожные операции в лечении статических деформаций переднего отдела стопы: автореф. дис. ... доктора мед. наук:14.01.15 / Бережной Сергей Юрьевич. – М., 2014. – 48 с.
25. Бережной, С.Ю. Комментарий к статье Бойченко А.В. с соавт. «Сравнение результатов односторонней и двусторонней хирургической коррекции *hallux valgus*» (*Травматология и ортопедия России*. 2014; (3):44–51) / С.Ю. Бережной // *Травматология и ортопедия России*. – 2014. – №4(74). – С.135–136.
26. Бернштейн, Н.А. О построении движений / Н.А. Бернштейн. – М.: Медгиз, 1947. – 255 с.
27. Бернштейн, Н.А. Физиология движений и активность / Н.А. Бернштейн. – М.: Наука, 1990. – С. 373–392.
28. Богданов, С.В. Лечение больных с поперечным плоскостопием и вальгусной деформацией первого пальца стопы: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Богданов Сергей Владимирович. – Ленинск-Кузнецкий, 2006. – 22 с.
29. Бойченко, А.В. Сравнение результатов односторонней и двусторонней хирургической коррекции *hallux valgus* / А.В. Бойченко [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. – 2014. – №3 (73). – С.44–51.
30. Болотова, А.Ф. Инструкция по рентгенологической оценке качества ортопедической обуви и вкладных приспособлений при плоскостопии у детей и взрослых / А.Ф. Болотова, Т.А. Лукашевич, Г.И. Батенкова. – Л.: МСО РСФСР ЛНИИПП, 1976. – 16 с.
31. Болотова, А.Ф. Методические рекомендации по рентгенологической оценке

- качества ортопедической обуви при плоскостопии, полой стопе и ампутационных дефектах стоп / А.Ф. Болотова. – Л.: ЛНИИП: Ленуприздат, 1978. – 39 с.
32. Болтрукевич, С.И. Биомеханические подходы к ортопедической коррекции патологии стоп / С.И. Болтрукевич, В.В. Кочергин, В.В. Лашковский // I Международная конференция по патологии стопы и голеностопного сустава. – М., 2006. – С.19.
33. Веденина, А.С. Оценка функционального состояния стопы с использованием плантографии / А.С. Веденина, Л.М. Смирнова // Известия Южного федерального университета. Технические науки: тематический выпуск «Медицинские информационные системы». – 2008. – Вып. 5. – С.136–139.
34. Веденина, А.С. Выбор способа регистрации изображений стоп при плантоподографическом обследовании с применением биомеханических тестов / А.С. Веденина, Л.М. Смирнова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – №4. – С.13–19.
35. Веденина, А.С. Скрининг функциональных нарушений стоп с помощью компьютерной плантографии и подометрии / А.С. Веденина [и др.] // Медицинская техника. – 2014. – №2. – С.21–24.
36. Витензон, А.С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека / А.С. Витензон. – М.: Зеркало-М, 1998. – 271 с.
37. Витензон, А.С. Руководство по применению метода искусственной коррекции ходьбы и ритмических движений посредством программируемой электростимуляции мышц // А.С. Витензон, К.А. Петрушанская, Д.В. Скворцов; под ред. А.С. Витензона. – М.: Научно-медицинская фирма МБН, 2005. – 312 с.
38. Волошин, Я.М. Материалы к оперативному вмешательству при hallux valgus / Я.М. Волошин // Ортопед., травматол. – 1936. – №4. – С.132–136.
39. Волкова, З.А. Гигиеническое обоснование необходимости специальной обуви для некоторых категорий медицинских работников / З.А. Волкова, В.И. Недвига // Стопа и вопросы построения рациональной обуви. – М., 1980. – С.50–51.
40. Воронцов, А.В. Оперативное лечение вальгусной деформации большого пальца стопы / А.В. Воронцов, Т.Ф. Поликарпова // Вестн. хирургии. – 1976. –

№6. – С.61–63.

41. Вреден, Р.Р. Практическое руководство по ортопедии / Р.Р. Вреден. – Л.–М.: Гос. Мед. Издат., 1930. – 269 с.

42. Вреден, Р.Р. Практическое руководство по ортопедии / Р.Р. Вреден. – Л.: ОГИЗ, 1936. – С.380–400.

43. Высоцкая, В.И. Некоторые аспекты в изучении биомеханики и кинематики движения при паралитической деформации стоп / В.И.Высоцкая [и др.] // Биомеханика. – Рига: Циня, 1975. – С.257–261.

44. Гаджиев, М.Г. Математическое моделирование разгрузки в ортезе / М.Г. Гаджиев, Н.Г. Никитин, С.И. Душин // Тезисы Юбилейной научно-практической конференции «ЦНИИП - 50, СПбНИИП - 75». – М., 1994. – С. 28.

45. Гамолин, С.В. Совершенствование хирургической тактики при лечении больных с поперечным плоскостопием: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Гамолин Сергей Викторович. – СПб., 2011 – 24 с.

46. Герасимов, С.Г. Новое в диагностике и лечении поперечной распластанности стопы : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.22 / Герасимов Сергей Геннадьевич. – Самара, 1998. – 17 с.

47. Гохаева, А.Н. Анализ эффективности лечения Hallux valgus методом чрескостного остеосинтеза по результатам компьютерной подографии / А.Н. Гохаева, В.А. Щуров // Гений ортопедии. – 2008. – №3. – С.95–97.

48. Гурфинкель, В.С. Регуляция позы человека / В.С. Гурфинкель, Я.Н. Кац, М.Л. Шин. – М.: Наука, 1965. – 70 с.

49. Дегтярь, Н.И. Хирургическое лечение поперечной распластанности и связанных с ней вторичных деформаций переднего отдела стопы: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.22 / Дегтярь Нелли Ивановна. – Киев, 1976. – 20 с.

50. Диваков, М.Г. Биомеханические аспекты этиологии и патогенеза поперечного плоскостопия и вальгусного отклонения I пальца стопы / М.Г. Диваков // Здравоохр. Минск. – 1999. – № 12. – С. 6–8.

51. Дубовик, Г.О. Таранно-ладьевидный артродез в сочетании с медиализирующей остеотомией пяточной кости в лечении плоско-вальгусной

- деформации стопы / Г.О. Дубовик [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2012. – №3(65). – С.83–88.
52. Ежов, М.Ю. Биомеханическая оценка результатов оперативного лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний стопы / М.Ю. Ежов, Н.Н. Рукина // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №6. – С.1–8.
53. Ефимов, А.П. Информативность биомеханических параметров походки для оценки патологии нижних конечностей / А.П. Ефимов // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т.16. – №1(55). – С.80–88.
54. Ильминский, А.В. Комбинированная реконструктивная операция при лечении больных с поперечной распластанностью стоп / А.В. Ильминский, А.И. Колесник // Травматология и ортопедия России. – 2007. – №2(44). – С.32–37.
55. Иоффе, Р.Я. Комплексная оценка состояния стопы на системе «Скан» / Р.Я. Иоффе, Л.М. Смирнова, О.Л. Белянин // Вестник всероссийской гильдии протезистов - ортопедов. – 2004. – № 2(16). – С.36–40.
56. Карапетян, С.В. Клинико-биомеханическое обоснование совершенствования ортезирования беременных / С.В. Карапетян [и др.] // IV Междисциплинарная конференция по акушерству, перинатологии, неонатологии «Здоровая женщина - здоровый новорожденный». – СПб., 2009. – С.59–60.
57. Карапетян, С.В. Современные принципы ортезирования беременных и родильниц / С.В. Карапетян, К.К. Щербина, Д.А. Ниаури // Вестн. С.-Петерб. унта. – 2010. – Сер.11.– №3. – С.113–118.
58. Карданов, А.А. Модифицированная малоинвазивная шевронная остеотомия при лечении hallux valgus у молодых пациентов / А.А. Карданов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2007. – №4(46). – С.9–14.
59. Карданов, А.А. Оперативное лечение деформаций первого луча стопы: история и современные аспекты / А.А. Карданов, Л.Г. Макинян, М.П. Лукин.// – М.: ИД «Медпрактика-М», 2008. – 24 с.
60. Карданов, А.А. Наш опыт хирургического лечения вальгусного отклонения первого пальца стопы посредством остеотомии SCARF / А.А. Карданов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2008. – №2(48). – С.37–43.

61. Карданов, А.А. Оперативное лечение деформаций и заболеваний костей и суставов первого луча стопы: дис. ... доктора мед. наук: 14.01.22 / Карданов Андрей Асланович. – М., 2009. – 170 с.
62. Карданов, А.А. О связи системной гипермобильности суставов и вальгусного отклонения первого пальца / Карданов А.А. [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2015. – №3(77). – С.5–11.
63. Карданов, А.А. Хирургическая коррекция деформаций стопы / А.А. Карданов. – М.: Издательский Дом «Медпрактика-М», 2016. – 220 с.
64. Кикачеишвили Т.Т. Применение устройств из сплавов TiNi для коррекции некоторых деформаций стопы / Т.Т. Кикачеишвили, Ю.А. Безгодков // Материалы докладов международной конференции «Сверхэластичные материалы с памятью формы в медицине». – Томск, 1998. – С.179–180.
65. Кикачеишвили, Т.Т. Система документации в международном обществе травматологов и ортопедов / Т.Т. Кикачеишвили, И.П. Соболев, Ю.А. Безгодков // Травматология и ортопедия России. – 1998. – №1. – С.79–81.
66. Колонтай, Ю.Ю. Оперативное лечение поперечного плоскостопия путем укрепления связочного аппарата переднего отдела стопы / Ю.Ю. Колонтай, С.Г. Поддубняк // Ортопед. травматол. – 1977. – №1. – С.60–61.
67. Комаров, С.П. Сравнительный анализ заболеваемости при обследовании на программно-апаратном комплексе «ДиаСлед-Скан» / С.П. Комаров, А.М. Комарова // Вестник всероссийской гильдии протезистов - ортопедов. – 2002. – №4(10). – С. 47.
68. Коновал, В.П. Изменение электрической активности мышц голени при ходьбе в обуви с различной высотой каблука / В.П. Коновал // Стопа и вопросы построения рациональной обуви. – М., 1968. – С.105–106.
69. Константинов, В.М. Тензометрия переднего отдела стопы в оценке отдаленных результатов оперативного лечения поперечного плоскостопия и деформаций пальцев стопы / В.М. Константинов // Ортопед., травматол. – 1973. – №9. – С.63–66.
70. Корнилов, Н.В. Травматология и ортопедия. Руководство для врачей / под ред. Н.В.Корнилова в 4 томах. – СПб.: Гиппократ, 2006. – Т.3. – 896 с.

71. Корнилов, Н.В. Система документации и оценки результатов эндопротезирования тазобедренного сустава: Пособие для врачей / Н.В. Корнилов, Т.Т. Кикачеишвили, Ю.А. Безгодков, И.П. Соболев. – СПб.: Прогресс, 1997. – 16 с.
72. Коробко, Л.Т. Искривления пальцев стопы (кроме Hallux Valgus): дис. ... канд. мед. наук / Коробко Л.Т. – Л., 1958. – 176 с.
73. Коршунова, А.Л. Плоскостопие как признак системного вовлечения соединительной ткани / А.Л. Коршунова [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2013. – №1. – С.33–36.
74. Костюшев, С.М. Современные методы хирургического лечения поперечного плоскостопия с вальгусной деформацией первого пальца стопы: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.22 / Костюшев Сергей Михайлович. – М., 2002. – 141 с.
75. Котельников, Г.П. Травматология и ортопедия: учебник / Г.П. Котельников, С.П. Миронов, В.Ф. Мирошниченко – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 400 с.
76. Кох, А.А. Отклонение первого пальца стопы кнаружи. Этиология, клиника, хирургическое лечение и профилактика: автореф. дис... канд. мед. наук / Кох А.А. – Куйбышев, 1964. – 17 с.
77. Крутицкий, И.К. Исследование функции стопы при последствиях закрытых переломов пяточной кости / И.К. Крутицкий, А.С. Малыхин, Л.М. Смирнова, В.А. Кудрявцев // Вестн. Гильдии протезистов ортопедов. – 1999. – №1. – С.37–39.
78. Крюков, П.Т. Еще о поздних осложнениях операции - устранения поперечного плоскостопия по методу М.И. Куслика / П.Т. Крюков // Ортопед., травматол. – 1960. – №8. – С.67–68.
79. Кудинский, Ю.Г. Ближайшие и отдаленные результаты оперативного лечения hallux valgus по способу Шанц - Брандеса / Ю.Г. Кудинский // Ортопед., травматол. – 1967. – №5. – С.32–36.
80. Кудрявцев, В.А. Ортопедические приспособления для обуви при распластанности переднего отдела стопы / В.А. Кудрявцев, В.И. Киселев, М.О. Калужская // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2000. – №2. – С.28–31.
81. Кудрявцев, В.А. Ортопедическое обеспечение при деформациях стоп / В.А. Кудрявцев, Е.Е. Аржанникова, И.К. Горелова // Травматология и ортопедия:

руководство для врачей / под ред. Н.В. Корнилова и Э.Г. Грязнухина. – СПб.: Гиппократ, 2006. – Т.3. – С.582–591.

82. Кудрявцев, В.А. Назначение ортопедической обуви и обувных ортопедических изделий при различных деформациях стоп: метод. пособие ФГУ «СПб НЦЭПР им. Альбрехта Росздрава» / В.А. Кудрявцев, Е.Е. Аржанникова, Ю.Б. Голубева, И.К. Горелова. – СПб., 2009. – 52 с.

83. Кузьмин, В.И. Оперативное лечение больных с поперечным плоскостопием и hallux valgus: проектирование медицинского технологического процесса / В. И. Кузьмин // Вестник травматологии и ортопедии. – 2003. – №1. – С.67–72.

84. Кузнецов, И.А. Сберегательная тактика при неполных повреждениях передней крестообразной связки коленного сустава / И.А. Кузнецов, Ю.А. Безгодков, М.В. Рябинин, А.В. Рыбин // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № 4 (50). – С. 85-89.

85. Куслик, М.И. Плоскостопие: дис. ... доктора мед. наук / Куслик Михаил Исаакович. – Ленинград, 1935. – 92 с.

86. Куслик, М.И. Операция «стяжка» в лечении hallus valgus и поперечного плоскостопия / М.И. Куслик // Вестн. хирург. – 1949. – Т.69. – №4. – С.57.

87. Макинян, Л.Г. Шевронная остеотомия в хирургическом лечении вальгусного отклонения первого пальца стопы: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Макинян Левон Гагикович. – М., 2009. – 19 с.

88. Мухамадеев, А.А. Биомеханическое обоснование применения аппарата внешней фиксации в профилактике ошибок и осложнений при оперативном лечении врожденной косолапости у взрослых / А.А.Мухамадеев [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии Урала. – 2012. – №3–4. – С.76–79.

89. Малаш, Б.М. Реконструктивное хирургическое лечение поперечного плоскостопия: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Малаш Биалал Мухамед Хасан. – СПб., 2008. – 18 с.

90. Мармыш, А.Г. Возможности педобарографии в диагностике и ортопедической коррекции продольного плоскостопия / А.Г. Мармыш, В.Н. Горбузов, С.И. Болтрукевич, В.С. Аносов // Журнал ГрГМУ. – 2010. – №2. – С.59–64.

91. Машков, В.М. Хирургическая коррекция продольного свода стопы: : дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Машков Владимир Михайлович. – Л., 1978. – 16 с.
92. Машков, В.М. Коррекция варусной деформации первого пальца стопы, возникшей в результате хирургического лечения hallux valgus / В.М. Машков [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2010. – №1(55). – С.21–27.
93. Машков, В.М. Опыт хирургической коррекции вальгусного отклонения первого пальца стопы у пациентов с поперечным плоскостопием и деформирующим артрозом первого плюснефалангового сустава / В.М. Машков [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2013. – №1(67). – С.72–78.
94. Менделевич, И.А. Подографическое исследование ходьбы при статической недостаточности стоп / И.А. Менделевич, Т.Е. Старцева // Протезирование и протезостроение: сборник трудов ЦНИИПП. – М.: ЦНИИПП, 1971. – Вып. XXVI. – С.48–53.
95. Менделевич, И.А. Биомеханические принципы ортопедического обеспечения при патологии стопы / И.А. Менделевич // Протезирование и протезостроение. – М., 1989. – С. 48–52.
96. Мерков, А.М. Санитарная статистика / А.М. Мерков, Л.Е. Поляков. – Л.: Медицина, 1974. – 378 с.
97. Минасов, Б.Ш. Способ реконструкции переднего отдела стопы при вальгусной деформации I пальца / Б.Ш. Минасов, С.П. Гутов, А.Р. Билялов // Травматология и ортопедия России. – 2007. – №2(44). – С.84–88.
98. Несенюк, Е.Л. Хирургическая коррекция вторичных послеоперационных деформаций переднего отдела стопы: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Несенюк Евгения Леонидовна. – СПб., 2000. – 174 с.
99. Никитин, Г.Д. Аллотендопластика в комплексной операции восстановления поперечного свода плоской стопы / Г.Д. Никитин, Т.А. Набиева // Вестн. хирург. – 1982. – №2. – С.146–147.
100. Огородников, В.И. Клинико-рентгенологические и функциональные особенности опорно-двигательного аппарата при статической недостаточности стоп и способы ее коррекции: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 /

Огородников Владимир Игоревич. – Л., 1988. – 20 с.

101. Петросян, А.С. Эндопротезирование проксимальных межфаланговых суставов при молоткообразной деформации пальцев стопы / А.С. Петросян [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2012. – №2(64). – С.54–59.

102. Петросян, А.С. Хирургическое лечение послеоперационных осложнений и вторичных деформаций переднего отдела стопы: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Петросян Арменак Серажевич. – М., 2013. – 24 с.

103. Поликарпова, Т.Ф. Радикальный метод оперативного лечения отклонения большого пальца стопы кнаружи: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Поликарпова Тамара Федоровна. – Л., 1980. – 16 с.

104. Попов, А.В. Современная система оперативной коррекции поперечно-распластанной стопы с вальгусным отклонением первого пальца / А.В. Попов, В.И. Зоря // Травматология и ортопедия России. – 2000. – №2–3. – С.55–59.

105. Прозоровский Д.В. Избранные лекции по ортопедии и травматологии / Д.В. Прозоровский. – Харьков: Прапор, 2007. – 336 с.

106. Прозоровский, Д.В. Оценка результатов хирургического лечения деформаций переднего отдела стопы / Д.В. Прозоровский // Украинский морфологический альманах. – 2010. – №3(8). – С.114–116.

107. Процко, В.Г. Выбор оптимального хирургического метода лечения вальгусной деформации первого пальца стопы: дис. ... канд.мед.наук: 14.00.22 / Процко Виктор Геннадьевич. – М., 2004. – 20 с.

108. Савинцев, А.М. Хирургическая коррекция молоткообразной деформации пальцев в комплексном лечении поперечного плоскостопия: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Савинцев Александр Михайлович. – Л., 1992. – 22 с.

109. Савинцев, А.М. Реконструктивно-пластическая хирургия поперечного плоскостопия / А.М. Савинцев. – СПб.: Фолиант, 2006. – 199 с.

110. Савинцев, А.М. Пластическая хирургия деформированных пальцев при поперечном плоскостопии / А.М. Савинцев, Б.М. Малаш // Травматология и ортопедия России. – 2006. – №3(41). – С.33–37.

111. Свириденко, А.И. Результаты выполнения в рамках европейской программы

«Добрососедство Польша – Беларусь – Украина» Польско - Белорусского проекта по биомеханическому исследованию и коррекции дисфункций детских стоп / А.И. Свириденко [и др.] // Биомеханика стопы человека: материалы I международ. науч.-практич. конф. – Гродно: ГрГУ, 2008. – С.12–16.

112. Свириденко, А.И. Биомеханика и коррекция дисфункций стоп / под ред. А.И. Свириденко, В.В. Лашковского. – Гродно: ГрГУ, 2009. – 279 с.

113. Скворцов, Д.В. Клинический анализ движений, анализ походки / Д.В. Скворцов. – М.: НМФ МБН, 1996. – 344 с.

114. Скворцов, Д.В. Клинический анализ движений. Стабилометрия / Д.В. Скворцов. – М.: Антидор, 2000. – 189 с.

115. Смирнова, Л.М. Использование компьютерного комплекса для оценки корригирующего влияния ортопедических изделий при распластанности переднего отдела стопы и вальгусной деформации первого пальца / Л.М. Смирнова, В.А. Кудрявцев, Н.Л. Минченко // Тезисы Юбилейной науч.-практич. конф. ЦНИИП - 50 СПбНИИП – 75. – М., 1994. – С.40–41.

116. Смирнова, Л.М. Оценка взаимодействия стопы с опорой при распластанности переднего отдела стопы и вальгусной деформации первого пальца / Л.М. Смирнова, В.А. Кудрявцев, Д.И. Козлов // Травматология и ортопедия России. – 1994. – №1. – С.79–84.

117. Смирнова, Л.М. Нарушение динамики переката через стопы у пациентов с артрозами суставов стоп (Опыт применения комплекса «ДиаСлед» в подиатрической клинике Салфордского университета) / Л.М. Смирнова, G.H. Heath, C. Nester, A. Williams // Вестник всероссийской гильдии протезистов - ортопедов. – 2002. – № 1(7). – С.66–69.

118. Смирнова, Л.М. Использование аппаратно-программного комплекса «Плантоскан» для объективной оценки анатомо-функционального состояния стопы / Л.М. Смирнова, Е.Е. Аржанникова, В.А. Кудрявцев, Л.Е. Войнова // Вестник всероссийской гильдии протезистов - ортопедов. – 2002. – №2 (8). – С.55–58.

119. Смирнова, Л.М. Качественный анализ динамоплантограммы в оценке функционального состояния стопы / Л.М. Смирнова // Вестник всероссийской

гильдии протезистов-ортопедов. – 2006. – №3–4 (25–26). – С.74–81.

120. Смирнова, Л.М. Методология и унифицированная технология оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования пациентов с патологией нижних конечностей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.11.17 / Смирнова Людмила Михайловна. – СПб., 2010. – 34 с.

121. Смирнова, Л.М. Основные характеристики матричных измерителей давления для динамоплантографии и зональной динамографии / Л.М. Смирнова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – №4. – С.25–31.

122. Смирнова, Л.М. Игнорирование фактора скорости локомоции как причина снижения точности динамоплантографического исследования / Л.М.Смирнова, С.Е. Никулина // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – №5. – С.19–25.

123. Смирнова, Л.М. Компьютерная подоплантография на программно-аппаратном комплексе «Скан-М» при скриннинговых обследованиях детей дошкольного возраста / Л.М. Смирнова, З.М. Юлдашев, Р.Я. Иоффе, Е.А. Иоффе // Мед. техника. – 2010. – №2. – С.1–5.

124. Смирнова, Л.М. Биотехнические измерительно-информационные системы в практике ортезирования и протезирования нижних конечностей / Л.М. Смирнова, З.М. Юлдашев. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 190 с.

125. Смирнова, Л.М. Организация инструментального обследования для оценки функциональной эффективности ортезирования и протезирования при патологии нижних конечностей / Л.М. Смирнова // Вестник всероссийской гильдии протезистов - ортопедов. – 2013. – №3(53). – С.12–17.

126. Сорокин, Е.П. Хирургическое лечение вальгусного отклонения первого пальца стопы и его возможные осложнения (обзор литературы) / Е.П. Сорокин, А.А. Карданов, С.А. Ласунский, Ю.А. Безгодков // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 4 (62). – С. 123-130.

127. Сорокин, Е.П. Клинико-биомеханическая оценка эффективности различных методик оперативного лечения вальгусного отклонения первого пальца стопы: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Сорокин Евгений Петрович. – СПб., 2013. – 176 с.

128. Степанова, В.А. Хирургическое лечение вальгусного отклонения I пальца стопы:

- автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Степанова Вероника Александровна. – Пермь, 2006. – 20 с.
129. Тамоев, С.К. Современные методы хирургической коррекции плосквальгусной деформации стоп у пациентов с добавочной *os tibiale externum* / С.К. Тамоев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – №2(60). – С.70–75.
130. Ткаченко, С.С. Военная травматология и ортопедия / С.С. Ткаченко. – Л.: ВмедА., 1985. – 599 с.
131. Третьяков, А.С. Комбинированный способ лечения молоткообразных пальцев / А.С. Третьяков, Д.И. Черкес-Заде // Ортопед., травматол. – 1967. – №5. – С.68–71.
132. Турнер, Г.И. О плоской и вальгусной стопе / Г.И. Турнер // Журн. соврем. хирург. – 1926. – Т.1. – №.5.–6. – С.417–439.
133. Турнер, Г.И. О большом пальце ноги и об оперативном лечении *hallux valgus* / Г.И. Турнер // Врачебная газета. – 1929. – №17–18. – С.2259–2267.
134. Усольцев, И.В. Оперативное лечение тяжелой деформации переднего отдела стопы / И.В. Усольцев, С.Н. Леонова, М.А. Косарева // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2015. – №3. – С.84–86.
135. Филатов, В.И. Клиническая биомеханика / Под ред. В.И.Филатова. – Л.: Медицина, 1980. – 200 с.
136. Холин, А.В. Возможности ультразвуковой диагностики патологии стопы и голеностопного сустава / А.В. Холин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2006. – №3(41). – С.65–72.
137. Черкес-Заде, Д.И. Хирургия стопы / Д.И. Черкес-Заде, Ю.Ф. Каменев. –М.: Медицина, 2002. – 250 с.
138. Шаповалов, В.М. Хирургическая коррекция тяжелых степеней поперечного плоскостопия / В.М. Шаповалов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2008. – №2 прилож. – С.129.
139. Шаповалов, В.М. Военная травматология и ортопедия / В.М. Шаповалов. – СПб.: ООО «Морсар», 2004. – 672 с.
140. Шевцов, В.И. Результаты дифференцированного использования методик чрескостного остеосинтеза при лечении *hallux valgus* различной степени тяжести /

В.И. Шевцов, Л.А. Попова, А.Н. Гохаева // Травматология и ортопедия России. – 2007. – №4(46). – С.15–20.

141. Шибанов, М.В. Использование фиксаторов с памятью формы в хирургии стопы: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Шибанов Михаил Вадимович. – М., 2007. – 19 с.

142. Шохман, Я.Д. Ортопедическое лечение и протезирование детей с вальгусной деформацией стоп после полиомиелита: автореф. ... дис. канд. мед. наук / Шохман Яков Давыдович. – Л., 1962. – 19 с.

143. Эпштейн, Г.Г. Оперативное лечение и ортопедическое снабжение при поллой стопе после полиомиелита: автореф. дис.канд мед. наук / Эпштейн Геннадий Григорьевич. – Л., 1964. – 18 с.

144. Юсевич, Я.С. Оперативная стабилизация скелета переднего отдела стопы при поперечном плоскостопии / Я.С. Юсевич, А.В. Кисельков // Ортопед., травматол. – 1966. – №6. – С.39–44.

145. Янсон, Х.А. Биомеханика нижней конечности человека / Х.А. Янсон. – Рига: Зинатне, 1975. – 324 с.

146. Яременко, Д.А. Клинико-биомеханическое обоснование и методика оперативного лечения больных с поперечнораспластанной деформацией стопы / Д.А. Яременко // Биомеханика. – Рига: Циня, 1975. – С.417–421.

147. Яременко, Д.А. Тензоподографическое исследование больных со статическими деформациями стоп / Д.А. Яременко, Р.Е. Народицкая // Биомеханика. – Рига; 1975. – С.421–424.

148. Яременко, Д.А. Диагностика и классификация статических деформаций стоп / Д.А. Яременко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1985. – №11. – С.59–67.

149. Acevedo, J.I. Mechanical comparison of cyclic loading in five different first metatarsal shaft osteotomies / J.I. Acevedo [et al.] // Foot ankle int. – 2002. №23(8). – P.711–716.

150. Akin, O. The treatment of hallux valgus - a new operative procedure and its results / O. Akin // Med. sentinel. – 1925. – Vol.33. – P.678–679.

151. Angin, S. Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus / S. Angin [et al.] // *Gait & posture*. – 2014. – №40. – P.48–52.
152. Arnold, H. Biomechanical in vitro - stability testing on human specimens of a locking plate system against conventional screw fixation of a proximal first metatarsal lateral displacement osteotomy / H.Arnold [et al.] // *The open orthopedics journal*. – 2012. – №6. – P.133–139.
153. Athanatos, L. The role of pedobarographic assessment of flatfoot and it's place as an outcome measure / L. Athanatos [et al.] // *Gait & posture*. – 2013. – №38. – P.35–36.
154. Austin, D.W. A new osteotomy for hallux valgus / D.W. Austin, E.O. Leventen // *Clin. orthop. relat. res.* – 1981. – №157. – P.25.
155. Balacescu, J. Un caz de hallux valgus simetric / J. Balacescu // *Rev. chir.* – 1903. – №7. – P.128–135.
156. Barouk, L.S. Hallux valgus congenital symposium / L.S. Barouk, P. Diebold // *Med. chir. pied.* – 1991. – №7. – P.65–112.
157. Barouk, L.S. Osteotomies of the great toe / L.S. Barouk // *J. foot surg.* – 1992. – №31. – P.388–99.
158. Barouk, L.S. SCARF osteotomy for hallux valgus correction. Local anatomy, surgical technique, and combination with other forefoot procedures / L.S. Barouk // *Foot ankle clin.* – 2000. – №5. – P.525–558.
159. Barouk, P. Recurrent metatarsalgia / P. Barouk // *Foot ankle clin. Am.* – 2014. – 19. – P.407–424.
160. Beischer, A.D. Three-dimensional computer analysis of the modified Ludloff osteotomy / A.D. Beischer [et al.] // *Foot ankle int.* – 2005. – №26(8). – P.627–632.
161. Birch, R. Iatrogenous lesions of nerves and arteries in the leg and foot / R. Birch // *Foot and ankle surgery*. – 2008. – №14. – P.130–137.
162. Duan, X. Salvage of recurrence after failed surgical treatment of hallux valgus / X. Duan, A.R. Kadakia // *Arch. orthop. trauma surg.* – 2012. – №132. – P.477–485
163. Benedetti, M.G. Clinically relevant parameters in foot functional evaluation of hallux valgus during gait / M.G. Benedetti [et al.] // *Gait & posture*. – 2009. – №30. – P.12.
164. Berti, L. A pressure-force-kinematics integrated approach for the functional

- evaluation of the flat foot / L. Berti [et al.] // *Gait & posture*. – 2014. – №40. – P.13–14.
165. Bonney, G. Hallux valgus and hallux rigidus. A critical survey of operative results / G. Bonney, I. MacNab // *J. bone joint surg. br.* – 1952. – №34. – P.366–385.
166. Brandes, M. Zur operation therapie des hallux valgus / M. Brandes // *Zentralbl chir.* – 1924. – №56. – P.243–244.
167. Bosch, P. Hallux valgus correction by the method of Bosch: a new technique with a seven-to-ten-year follow-up / P. Bosch, S. Wanke, R. Legenstein // *Foot ankle clin.* – 2000. – №5. – P.485–498.
168. Budny, A.M. The opening base wedge osteotomy and subsequent lengthening of the first metatarsal: an in vitro study / A.M. Budny [et al.] // *J. foot ankle surg.* – 2009. – №48(6). – P.662–667.
169. Canale, S.T. Campbell's core orthopaedic procedures / S.T. Canale, J.H. Beaty, F.M. Azar. – Elsevier, 2016. – 480 p.
170. Chang, B.C. Plantar pressure analysis of accommodative insole in older people with metatarsalgia / B.C.Chang [et al.] // *Gait & posture*. – 2014. – №39. – P.449–454.
171. Chao, E.Y.S. Orthopaedic biomechanics. The past, present and future / E.Y.S. Chao // *Int. orthopaed.* – 1996. – V.20. – №4. – P.239–243.
172. Chow, F.Y. Plate fixation for crescentic metatarsal osteotomy in the treatment of hallux valgus: an eight-year followup study / F.Y. Chow [et al.] // *Foot ankle int.* – 2008. – №29(1). – P.29–33.
173. Clarkson, H.M. Valutazione cinesiologia. Esame della mobilita articolare e della forza muscolare / H.M. Clarkson, G.B. Gilewich. – Milano: Edi.Ermes, 1991. – P.306.
174. Coetzee, J.C. SCARF osteotomy for hallux valgus repair: the dark side / J.C. Coetzee // *Foot ankle int.* – 2003. – №24(1). – P.29–33.
175. Coughlin, M.J. Hallux valgus and first ray mobility: A cadaveric study / M.J. Coughlin [et al.] // *Foot ankle int.* – 2004. – №25. – P.537–544.
176. Coughlin, M.J. Mann's surgery of the foot and ankle / editors M.J. Coughlin, C.L. Saltzman, R.B. Anderson. – Elsevier Mosby, 2014. – 2186 p.
177. Crosbie, J. Pressure characteristics in painful pes cavus feet resulting from Charcot – Marie – Tooth disease / J. Crosbie, J. Burns, R.A. Ouvrier // *Gait & posture*. – 2008. –

№28. – P.545–551.

178. Deschamps, K. The impact of hallux valgus on foot kinematics: a cross-sectional, comparative study / K. Deschamps [et al.] // *Gait & posture*. – 2010. – №32. – P.102–106.

179. DuVries, H. Static deformities / H. DuVries. – St. Louis: Mosby, 1959. – P.392–398.

180. Gallentine, J.W. Bunion surgery using locking-plate fixation of proximal metatarsal chevron osteotomies / J.W. Gallentine, J.K. Deorio, M.J. Deorio // *Foot ankle int.* – 2007. – №28(3). – P.361–368.

181. Gill, L.H. Fixation with bioabsorbable pins in chevron bunionectomy / L.H. Gill [et al.] // *J. bone joint surg. am.* – 1997. – №79. – P.1510–1518.

182. Glasoe, W.M. The reliability and validity of a first ray measuring device / W.M. Glasoe, J. Yack, C.L. Saltzman // *Foot ankle int.* – 2000. – №21. – P.240–246.

183. Gutteck, N. Immediate fullweightbearing after tarsometatarsal arthrodesis for hallux valgus correction - does it increase the complication rate? / N. Gutteck [et al.] // *Foot and ankle surg.* – 2015. – №21. – P.198–201.

184. Hamid, K.S. Clinical presentation and management of hallux rigidus / K.S. Hamid, S.G. Parekh // *Foot ankle clin. N. Am.* – 2015. – №20. – P.391–399.

185. Hensl, H.E. Hallux valgus / H.E. Hensl, A.K. Sands // *Core knowledge in orthopaedics: foot and ankle* / editors C.W. DiGiovanni, J. Greisberg – Elsevier Mosby, 2007. – p.104–118.

186. Hillstrom, H.J. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot / H.J. Hillstrom [et al.] // *Gait & posture*. – 2013. – №37. – P.445–451.

187. Hoefnagels, E.M. The effect of posture on the osseous relations in the foot / E.M. Hoefnagels [et al.] // *Foot and ankle surg.* – 2016. – №22. – P.35–40.

188. Hofstaetter, S.G. Biomechanical comparison of screws and plates for hallux valgus opening-wedge and Ludloff osteotomies / S.G. Hofstaetter [et al.] // *Clin. biomech. Bristol avon.* – 2008. – №23(1). – P.101–108.

189. Hohmann, G. Symptomatische oder physiologische behandlung des hallux valgus / G. Hohmann // *Munch. med. wochenschr.* – 1921. – №33. – P.1042–1045.

190. Horak, F. Clinical assessment of balance disorders / F. Horak // *Gait & posture*. – 1997. – №6. – Vol.1. – P.76–84.

191. Jeremin, P.J. Closing base wedge osteotomy: an evaluation of twenty-four cases / P.J. Jeremin, A. DeVincentis, W. Goller // *J. foot surg.* – 1982. – №21(4). – P.316–323.
192. John, M.M. Dynamic splinting for hallux valgus and hallux varus: a pilot study / M.M. John, F.B. Willis // *The foot and ankle online journal.* – 2010. – V.3. – №1; URL: <http://faoj.org/2010/01/01/dynamic-splinting-for-hallux-valgus-and-hallux-varus-a-pilot-study/> (дата обращения: 20.02.2016).
193. Jones, C. Mechanical comparison of two types of fixation for proximal first metatarsal crescentic osteotomy / C. Jones [et al.] // *Foot ankle int.* – 2005. – №26(5). – P.371–374.
194. Joseph, T.N. Decision making in the treatment of hallux valgus / T.N. Joseph, K.J. Mroczek // *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases.* – 2007. – №65(1). – P.19–23.
195. Jung, H.G. Supplementary axial Kirschner wire fixation for crescentic and Ludloff proximal metatarsal osteotomies: a biomechanical study / H.G. Jung [et al.] // *Foot ankle int.* – 2005. – №26(8). – P.620–626.
196. Karasick, D. Hallux valgus deformity: preoperative radiologic assessment / D. Karasick, K.L. Wapner // *American journal of roentgenology.* – 1990. – №1. – P.119–123.
197. Keller, W.L. The surgical treatment of bunions and hallux valgus / W.L. Keller // *NY med. j.* – 1904. – №80. – P.741–742.
198. Kendalla, J.C. Foot posture, leg length discrepancy and low back pain – their relationship and clinical management using foot orthoses – An overview / J.C. Kendalla, A.R. Birdb, M.F. Azaria // *The foot.* – 2014. – 24.– P.75–80.
199. Kerr, C.M. Normalized ground reaction force peaks are reduced in symptomatic flatfoot / C.M. Kerr [et al.] // *Gait & Posture.* – 2014. – №39. – P.71.
200. Kessel, L. Hallux rigidus in the adolescent / L. Kessel, G. Bonney // *J. bone joint surg. Br.* – 1958. – №40. – P.668–673.
201. King, C.M. Effects of the Lapidus arthrodesis and chevron bunionectomy on plantar forefoot pressures / C.M. King, G.A. Hamilton, L.A. Ford // *J. foot ankle surg.* – 2014. – 53.– P. 415–419.
202. Kitaoka, H.B. Simple bunionectomy with medial capsulorrhaphy / H.B. Kitaoka [et al.] // *Foot ankle.* – 1991. – №12. – P.86–91.
203. Kowalski, C. Remarks on the role of the short gastrocnemius muscle in the

- etiology of metatarsalgia / C. Kowalski // The journal of orthopaedics trauma surgery and related research. – 2007. – №1(5). – P.99–108.
204. Kristen, K.H., The SCARF osteotomy for the correction of hallux valgus deformities / K.H. Kristen [et al.] // Foot ankle int. – 2002. – №23. – P.221–229.
205. Kuster, H.H. The Weil osteotomy in metatarsalgia / H.H. Kuster // The journal of orthopaedics trauma surgery and related research. – 2007. – №1(5). – P.94–98.
206. Lapidus, P.W. The operative correction of the metatarsus primus varus in hallux valgus / P.W. Lapidus // Surg. gynecol. obstet. – 1934. – №58. – P.183–190.
207. Lian, G.J. Strength of fixation constructs for basilar osteotomies of the first metatarsal / G.J. Lian, K. Markolf, A. Cracchiolo // Foot ankle. – 1992. – №13(9). – P.509–514.
208. Loison, M. Note sur le traitement chirurgical du hallux valgus d'après l'étude radiographique de la déformation / M. Loison // Bull. soc. chir. Paris. – 1901. – №27. – P.528–531.
209. Lorei, T.J. Pedographic, clinical, and functional outcome after SCARF osteotomy / T.J. Lorei [et al.] // Clinical orthopaedics and related research. – 2006. – №451. – P.161–166.
210. Ludloff, K. Die beseitigung des hallux valgus durch die schräge planta-dorsale osteotomie des metatarsus / K. Ludloff // I. arch. klin. chir. – 1918. – №110. – P.364–387.
211. Maceira, E. Transfer metatarsalgia post hallux valgus surgery / E. Maceira, M. Monteagudo // Foot ankle clin. Am. – 2014. – 19. – P.285–307.
212. Mau, C. Die operative behandlung des hallux valgus / C. Mau, H. Lauber // Dtsch zeit. orthop. – 1926. – №197. – P.361–377.
213. Mayo, C.H. The surgical treatment of bunion / C.H. Mayo // Ann. surg. – 1908. – №48. – P.300–302.
214. McBride, E.D. A conservative operation for bunions / E.D. McBride // J. bone joint surg. – 1928. – №10. – P.735–739.
215. Mann, R.A. Hallux valgus - etiology, anatomy, treatment and surgical considerations / R.A. Mann, M.J. Coughlin // Clin. orthop. – 1981. – №157. – P.31–41.
216. Mann, R.A. Distal soft tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy for

- correction of hallux valgus deformity / R.A. Mann // *Orthopedics*. – 1990. – №13. – P.1013–1018.
217. Mann, R.A. Bunion surgery: decision making / R.A. Mann // *Orthopedics*. – 1990. – №13. – P.951–957.
218. Mann, R.A. Hallux valgus repair. DuVries modified McBride procedure / R.A. Mann, L. Pfeffinger // *Clin. orthop.* – 1991. – №272. – P.213–218.
219. Mann, R.A. Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up / R.A. Mann, S. Rudicel, S.C. Graves // *J. bone joint surg. am.* – 1992. – №74(1). – P.124–129.
220. Mariani, B. Quantitative estimation of foot-flat and stance phase of gait using foot-worn inertial sensors / B. Mariani [et al.] // *Gait & posture*. – 2013. – №37. – P.229–234.
221. Marks, R.M. Hallux Rigidus: Surgical Treatment with the crescentic oblique basilar resection arthroplasty (COBRA) / R.M. Marks // *Foot and ankle clinics*. – 2009. – Vol.14(1). – P.23–32
222. Moberg, E. A simple operation for hallux rigidus / E. Moberg // *Clin. orthop.* – 1979. – №5–6. – P.142.
223. Mow, V.C. Basic orthopaedic biomechanics and mechano-biology / editors V.C. Mow, R. Huiskes. – Lippincott Williams & Wilkins, 2005. – 720 p.
224. Martinez-Nova, A. Plantar pressures determinants in mild hallux valgus / A. Martinez-Nova [et al.] // *Gait & Posture*. – 2010. – №32. – P.425–427.
225. McCluskey, L.C. Comparison of stability of proximal crescentic metatarsal osteotomy and proximal horizontal “V” osteotomy / L.C. McCluskey [et al.] // *Foot ankle int.* – 1994. – №15(5). – P.263–270.
226. Michaud, T.C. Foot orthosis and other form of conservative footcare / T.C. Michaud. – Newton Massachusetts, 1997. – 249 p.
227. Mickle, K.J. Gait, balance and plantar pressures in older people with toe deformities / K.J. Mickle [et al.] // *Gait & posture*. – 2011. – №34. – P.347–351.
228. Miller, J.M. The inverted Z bunionectomy: quantitative analysis of the SCARF and inverted SCARF bunionectomy osteotomies in fresh cadaveric matched pair specimens / J.M. Miller [et al.] // *J. foot ankle surg.* – 1994. – №33. – P.455–462.

229. Mitchell, C. Osteotomy-bunionectomy for hallux valgus / C. Mitchell [et al.] // *J. bone joint surg. am.* – 1958. – №40. – P.41–60.
230. Muller, M.E. International documentation and evaluation system in orthopaedic surgery. Part 1: Total hip arthroplasty / M.E. Muller et al. // 61st AAOS meet. – NY.: Springer-Verlag., 1994. – 36 p.
231. Murrel, P. Leg-lengths discrepancy: effect on the amplitude of postural sway / P. Murrel, M.W. Cornwall, S.K. Doucent // *Arch. phys. med. rehabil.*, 1991. – №72. – Vol.9. – P.646–648.
232. Nilsson, H. Hallux rigidus and its treatment / H. Nilsson // *Acta orthop. scand.* – 1930. – №1. – P.295–303.
233. Novak, B. 3D laser measurements of bare and shod feet during walking / B. Novak, J. Mozina, M. Jezersek // *Gait & posture.* – 2014. – №40. – P.87–93.
234. Peabody, C.W. The surgical cure of hallux valgus / C.W. Peabody // *J. bone joint surg.* – 1931. – №13. – P.273–282.
235. Petratos, D.V. Correction of adolescent hallux valgus by proximal crescentic osteotomy of the first metatarsal / D.V. Petratos [et al.] // *Acta orthop. belg.* – 2008. – Vol.74. – №4. – P.496–502.
236. Pfeffer, G.B. Operative techniques: foot and ankle surgery / Editors G.B. Pfeffer [et al.]. – Saunders Elsevier, 2010. – 735 p.
237. Pinsker, E. AOFAS position statement regarding the future of the AOFAS clinical rating systems / E. Pinsker, T. Daniels // *Foot ankle int.* – 2011. – №32. – P.841–882.
238. Plotkin, G. Flatfoot reconstruction with shape memory devices / G. Plotkin, I. Bezgodkov // 5th congress of the European federation of national associations of orthopaedics and traumatology. Abstracts of posters. – London: The journal of bone and joint surgery, 2001. – P. 113.
239. Pollack, R.A. Critical evaluation of the short "Z" bunionectomy / R.A. Pollack [et al.] // *J. foot surg.* – 1989. – 28. – 158–161.
240. Putti, A.B. Normal pressure values and repeatability of the Emed ST4 system / A.B. Putti [et al.] // *Gait & posture.* – 2008. – №27. – P.501–505.
241. Raikin, S.M. Recurrence of hallux valgus. A review / S.M. Raikin, A.G. Miller, J.

- Daniel // *Foot ankle clin. Am.* – 2014. – №19. – P.259–274.
242. Rao, S. The effect of foot structure on 1st metatarsophalangeal joint flexibility and hallucal loading / S. Rao [et al.] // *Gait & posture.* – 2011. – №34. – P.131–137.
243. Reverdin, J. De la deviation en dehors du gros orl (hallux valgus) et son traitement chirurgical / J. Reverdin // *Trans. int. med. congress.* – 1881. – №2. – P.408–412.
244. Richardson, E.G. Disorders of hallux valgus / E.G. Richardson // *Campbell's operative orthopaedics* / editors S.T. Canale, J.H. Beaty. - Elsevier Mosby, 2013. – P.3805-3906.
245. Richter, M. Is intraoperative pedography helpful in clinical use - preliminary results of 100 cases from a consecutive, prospective, randomized, controlled clinical study / M. Richter, S. Zech // *Foot and ankle surgery.* – 2009. – №15. – P.198–204.
246. Rosenberg, G.A. Plate augmentation of screw fixation of proximal crescentic osteotomy of the first metatarsal / G.A. Rosenberg, B.G. Donley // *Foot ankle int.* – 2003. – №24(7). – P.570–571.
247. Sammarco, G.J. Bunion correction using proximal Chevron osteotomy / G.J. Sammarco, B.J. Brainard, V.J. Sammarco // *Foot ankle.* – 1993. – №14(1). – P.8–14.
248. Samson, W. A portable system for foot biomechanical analysis during gait / W. Samson [et al.] // *Gait & posture.* – 2014. – №40. – P.420–428.
249. Saragas, N.P. Proximal opening-wedge osteotomy of the first metatarsal for hallux valgus using a low profile plate / N.P. Saragas // *Foot ankle int.* – 2009. – №30(10). – P.976–980.
250. Saro, C. Outcome after distal metatarsal osteotomy for hallux valgus: a prospective randomised controlled trial of two methods / C. Saro [et al.] // *Foot ankle int.* – 2007. – №28. – P.778–787.
251. Saxena A. International advances in foot and ankle surgery / editor A. Saxena. – Springer, 2012. – 548 p.
252. Schede, F. Die operation des plattfusses / F. Schede // *Ztschr. orthop. chir.* – 1928. – №50(3/4). – P.528–538.
253. Scott, G. Age-related differences in foot structure and function / G. Scott, H.B. Menz, L. Newcombe // *Gait & posture.* – 2007. – №26. – P.68–75.

254. Shurnas, P.S. Proximal first metatarsal opening wedge osteotomy with a low profile plate / P.S. Shurnas, T.S. Watson, T.W. Crislip // *Foot ankle int.* – 2009. – №30(9). – P.865–872.
255. Siclari, A. Hallux metatarsophalangeal arthroscopy: indications and techniques / A. Siclari, M. Piras // *Foot ankle clin. Am.* – 2015. – №20. – P.109–122.
256. Silver, D. The operative treatment of hallux valgus / D. Silver // *J. bone joint surg.* – 1923. – № 5. – P.225–232.
257. Singley, J.D. The operative treatment of hallux valgus and bunion /J.D. Singley // *J. amer. med. assoc.* – 1913. – Vol.61. – P.1871–1872.
258. Stebbins, J. Relationship between plantar pressure and perceived quality of life in clubfoot / J. Stebbins [et al.] // *Gait & posture.* – 2013. – №38. – P.35.
259. Shaw, N. A mechanical comparison of first metatarsal diaphyseal osteotomies for the correction of hallux abducto valgus / N. Shaw [et al.] // *J. Foot ankle surg.* – 2001. – №40(5). – P.271–276.
260. Shih, K.S. Gait changes in individuals with bilateral hallux valgus reduce first metatarsophalangeal loading but increase knee abductor moments / K.S. Shih [et al.] // *Gait & posture.* – 2014. – №40. – P.38–42.
261. Swaminathan, V. The effect of leg length discrepancy upon load distribution in the static phase (standing) / V. Swaminathan [et al.] // *Gait & posture.* – 2014. – №40. – P.561–563.
262. Theken, R. Basilar crescentic osteotomy. A three-dimensional computer simulation / R.Theken [et al.] // *Orthopedic clinics of North America.* – 1989. – V.20. – №4. – P.571–582
263. Trethowan J. Hallux valgus / J. Trethowan // *A system of surgery* [ed. C.C. Choyce]. – New York: Hoeber PG, 1923. – P.1046–1049.
264. Trnka, H.J. Six first metatarsal shaft osteotomies: mechanical and immobilization comparisons / H.J. Trnka [et al.] // *Clin. orthop. relat. res.* – 2000. – №381. – P.256–265.
265. Trott, A.W. Hallux valgus in the adolescent / A.W. Trott // *Instr. course lect.* – 1972. – №21. – P.262–268.
266. Varner, K.E. Screw versus plate fixation of proximal first metatarsal crescentic

- osteotomy / K.E. Varner [et al.] // *Foot ankle int.* – 2009. – №30(2). – P.142–149.
267. Vogler, H.W. Shaft osteotomies in hallux valgus reduction / H.W. Vogler // *Clin. podiatr. med. surg.* – 1989. – №6. – P.47–50.
268. Vorontsova, T. New electronic documentation and evaluation system in orthopaedics and traumatology / T. Vorontsova [et al.] // 5th congress of the European federation of national associations of orthopaedics and traumatology. Abstracts of posters. – London: The journal of bone and joint surgery, 2001. – P.4.
269. Watanabe, K. Posterior tibial tendon dysfunction and flatfoot: Analysis with simulated walking / K. Watanabe [et al.] // *Gait & posture.* – 2013. – №37. – P.264–268.
270. Weil, L.S. SCARF osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results / L.S. Weil // *Foot ankle clin. german.* – 2000. – №5. – P.559–580.
271. Wena, J. Adaptive changes of foot pressure in hallux valgus patients / J. Wena [et al.] // *Gait & posture.* – 2012. – №36. – P.344–349.
272. Wester, J.U. Open wedge metatarsal osteotomy versus crescentic osteotomy to correct severe hallux valgus deformity – A prospective comparative study / J.U. Wester // *Foot and ankle surgery.* – 2016. – V.22(1). – P.26–31.
273. Wu, K.K. Foot orthoses: principles and clinical applications / K.K. Wu // – Baltimore etc.: Williams & Wilkins, 1990. – 379 p.
274. Wylde, V. Prevalence and functional impact of patient-perceived leg length discrepancy after hip replacement / V. Wylde [et al.] // *International orthopaedics (SICOT).* – 2009. – Vol.33. – №4. – P. 905–909.
275. Yavuz, M. Forefoot plantar shear stress distribution in hallux valgus patients / M. Yavuz [et al.] // *Gait & posture.* – 2009. – №30. – P.257–259.