


**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ  
Первый заместитель  
министра здравоохранения

  
\_\_\_\_\_ В.В. Колбанов  
24 марта 2003 г.  
Регистрационный № 165–1202

**КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА  
И ОРТОПЕДИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ  
ПАТОЛОГИИ СТОП**

Инструкция по применению

**Учреждение-разработчик:** Гродненский государственный медицинский университет

**Авторы:** д-р мед. наук, проф. С.И. Болтрукевич, д-р мед. наук, проф. В.Г. Тишковский, канд. мед. наук, доц. Б.А. Карев, канд. мед. наук В.В. Лашковский, канд. мед. наук С.В. Тишковский, В.В. Кочергин, А.А. Замилацкий, А.Г. Мармыш

Повреждения и заболевания стопы относятся к наиболее часто встречающейся патологии опорно-двигательной системы. По данным N. Gould и соавт. (1980), более 40% населения США имеет патологию стопы.

Среди ортопедических деформаций этой анатомической области наибольшую актуальность приобрело плоскостопие, частота которого у детей 4–6-летнего возраста составляет 44,1%, а 11–14-летнего — 53,6% относительно всей патологии костно-мышечной системы (Андрианов В.А. и соавт., 1988). В связи с этим создание скрининговой системы осмотра населения с использованием эффективных и доступных диагностических систем позволит на ранних стадиях осуществлять диагностику врожденных и приобретенных деформаций, а следовательно, повысит эффективность лечения.

Немаловажную медицинскую и социальную значимость приобрела проблема ранней диагностики ортопедических и хирургических декомпенсированных состояний диабетической стопы, так как затраты на лечение этого контингента пациентов занимают 3-е место после онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний, а поздняя диагностика в подавляющем большинстве заканчивается ампутацией конечностей. В то же время ранняя профилактика и лечение хирургических осложнений сахарного диабета дают высокий положительный эффект.

Предлагаемый в настоящей инструкции комплекс, кроме методов клинического исследования пациентов, включает диагностическую систему для компьютерного анализа распределения давления по всей подошвенной поверхности стопы в статике и динамике, а также оригинальную технологию изготовления ортопедических стелек, основанную на полученных данных. Характерной особенностью предлагаемой методики является то, что наряду с достоверной диагностикой она позволяет точно определить критические зоны на подошвенной поверхности стоп, подверженные опасности возникновения трофических кожных изменений, что дает возможность осуществления эффективной консервативной ортопедической коррекции.

Показанием к комплексной диагностике патологии стоп является доклиническое выявление врожденной и приобретенной аномалии и патологии развития стоп.

## **ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

1. Рентгенаппарат, электронно-оптический преобразователь, денситометр, компьютерный томограф, ядерный магнитно-резонансный томограф.

2. Подоскоп.

3. Плантограф.

4. Измерительные приспособления.

5. Специальное оборудование:

– корригирующие ортопедические стельки 3–4 типоразмеров и стельки индивидуального изготовления;

– система тензодатчиков и тензопреобразователей;

– регистрирующее устройство с блоком памяти;

– программное обеспечение;

– компьютерные системы приема, обработки изображения и анализа полученных данных.

## **КЛИНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАЦИЕНТА**

### **Анамнез**

При изучении анамнеза устанавливается давность появления патологических изменений со стороны стопы, специфические особенности профессии и характер выполняемой работы, возможность и регулярность занятий физкультурой и спортом, необходимость использования ортопедической обуви или вкладных ортопедических изделий, наличие особенностей износа повседневной обуви. Если до обращения за медицинской помощью проводилось ортопедическое лечение, необходимо уточнить характер консервативного лечения, его регулярность, продолжительность лечебного эффекта. У пациентов после хирургического лечения деформаций стопы уточняется объем и последовательность выполненных операций, достигнутый результат.

Следует также учитывать, что в ряде случаев изменения со стороны стопы могут быть обусловлены соматическими заболеваниями неврологического, эндокринного или сосудистого генеза, в связи с чем необходимо проанализировать имеющиеся у пациента медицинские документы, относящиеся к проблемам стопы.

## Жалобы

Большинство пациентов беспокоят боли в стопах, голених, реже в бедрах и поясничном отделе позвоночника.

Болевой синдром при статических изменениях стопы обусловлен избыточным напряжением мягких тканей (мышц, связок, капсул суставов) и обычно предшествует формированию деформации. При сформировавшейся деформации он определяется степенью и выраженностью перегрузок и деформаций на уровне сочленяющихся суставных поверхностей.

При клиническом обследовании пациента учитываются жалобы на утомляемость и боли в стопах, голених и бедрах, связанные со стоянием и ходьбой. Утомляемость и «статические боли» появляются постепенно и усиливаются к концу дня. Наиболее типичной и постоянной их локализацией являются вершины продольного, поперечного сводов стопы (пяточно-кубовидное, таранно-ладьевидное и соответствующие им участки тыла стопы). Боли возникают и по внутреннему краю подошвенного апоневроза, в области верхушки наружной лодыжки, головок плюсневых костей, а также в пяточном бугре. Постоянное мышечное перенапряжение сопровождается появлением диффузной местной болезненности на голени — по ходу икроножной мышцы, в проекции передней и задней большеберцовых мышц.

Вышеуказанный болевой синдром необходимо дифференцировать с болями, обусловленными другими патологическими процессами, локализующимися в стопе: болями при апофизитах, шпорой пяточной кости, остеопорозом, остеохондропатиями (болезни Келлера 1 и 2), невритами подошвенных нервов (невром Мортонa), артритами, сосудистыми заболеваниями, эндокринными нарушениями и инфекционными заболеваниями, протекающими с поражением стопы.

Функциональные изменения в виде снижения выносливости к длительности и интенсивности ходьбы, заметное снижение спортивной активности, периодически появляющуюся щадящую хромоту отмечают пациенты с уже сформировавшейся деформацией.

К косметическим дефектам пациенты относят появление омололостей, натоптышей, изъязвлений, изменения формы стопы, необычные деформации обуви и ее преждевременный износ.

## **Общий осмотр стопы**

Непременным условием проведения общего осмотра стоп является расположение последних на уровне глаз врача, то есть пациент должен стоять на высокой подставке. Сравнительный осмотр стоп спереди, сзади и сбоку с учетом анатомической оси всей конечности следует проводить при хорошем освещении и полном обнажении обеих конечностей, обращая внимание на имеющиеся различия. Он проводится без нагрузки в положении сидя и с функциональной физиологической нагрузкой. Пациент осматривается в покое и при ходьбе. Изменение формы и объема отдельных частей стопы или стопы в целом — признак искажения нормальных анатомических соотношений костно-суставных элементов, которые могут быть обусловлены как травматическими причинами, так и ортопедическими заболеваниями врожденного или приобретенного характера.

При проведении общего осмотра необходимо обращать внимание на следующие особенности:

1. Выраженность продольного и поперечного сводов стопы и особенность распределения нагрузки на подошвенную поверхность стопы пациента в положении стоя.

2. Взаимоотношения между задним, средним и передним отделами стопы (задний отдел стопы — таранная, пяточная и ладьевидная кости, средний представлен кубовидной и тремя клиновидными костями, передний — все плюсневые кости и фаланги пальцев).

3. Наличие выпячиваний и деформаций в области головки таранной и бугристости ладьевидной костей, переднего отдела и пальцев стопы.

4. Характер и локализация кожных трофических изменений на стопе, огрубение кожи, потертости, натоптыши, ороговелости, изъязвления.

5. Соотношение по длине внутренней и наружной колонн стопы.

6. Состояние мышц голени и стопы — наличие гипо- или атрофии.

7. Интенсивность и особенности износа, деформация повседневной обуви.

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ

### Рычажный тест I пальца

Пациент занимает положение стоя с полной физиологической нагрузкой (рис. 1, 3). При осмотре стопы обращается внимание на величину и расположение прогиба внутреннего продольного свода, который может быть обусловлен изменениями в таранно-ладьевидном или ладьевидно-клиновидном суставах, или в обоих суставах одновременно. Рукой врача выполняется пассивное разгибание I пальца (рис. 2, 4).

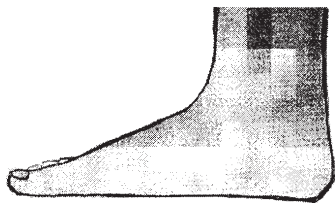


Рис. 1. Исходное положение

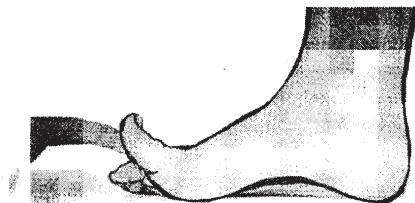


Рис. 2. Выполнение рычажного теста



Рис. 3. Рентгеноанатомия стопы в исходном положении



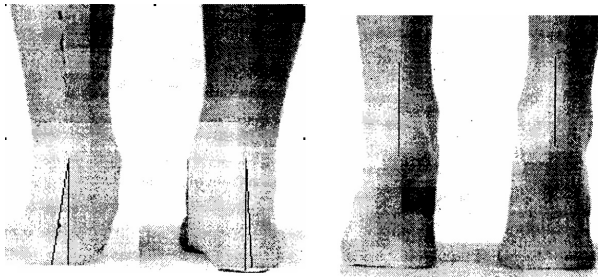
Рис. 4. Рентгеноанатомия стопы после выполнения рычажного теста

При этом происходит натяжение сухожилия длинного сгибателя I пальца и, если прогиб свода обусловлен ладьевидно-клиновидным суставом, формирование продольного свода стопы, наружная ротация большеберцовой кости. Тест расценивается как положительный. Прогиб внутреннего свода стопы на уровне таранно-ладьевидного сустава или обоих суставов при выполнении указанного теста не ведет к восстановлению продольного свода (тест — отрицательный). Формирование продольного свода стопы при выполнении рычажного теста является благоприятным признаком.

## Проба Штритер

Функциональное состояние заднего отдела стопы определяется по взаиморасположению продольной оси ахиллова сухожилия и вертикальной оси пяточного бугра. В норме линия, проходящая через середину ахиллова сухожилия и центр пяточного бугра, должна располагаться вертикально или иметь вальгусное отклонение в пределах  $6^\circ$ . Наружное вальгусное отклонение указанной осевой линии (свыше  $6^\circ$ ) или внутреннее варусное (менее  $0^\circ$ ) является патологическим.

Для выявления и определения степени недостаточности мышечно-связочного аппарата стопы и голени пациенту предлагается приподняться на носки одновременно на обеих ногах (рис. 5). При этом обращается внимание на изменение положения пяточной области как во время непосредственного подъема, так и после максимального подъема и фиксированного положения пятки. В норме пятка из вальгусного пронированного положения переходит в положение супинации и занимает нулевое положение или небольшое положение варуса.



*Рис. 5. Проба Штритер*

Штритер-1. При выполнении указанной пробы вертикальная ось пяточного бугра доходит только до средней линии.

Штритер-2. При подъеме на носки пятка сохраняет пронированное вальгусное положение, которое в некоторых случаях может несколько увеличиваться.

Штритер-3. Пациент без дополнительной помощи не может подняться на носки.

С целью определения функционального состояния мышц стопы и голени также может быть проведена проба с подсчетом количе-

ства подъемов на носок у пациента, стоящего на одной ноге. При этом устойчивое равновесие создается опорой руки о неподвижный предмет. Количественный результат фиксируется. Если обследуемый не в состоянии подняться на носочки 10–15 раз, это расценивается как ограничение функции сгибателей.

### **Тест гиперпронации стопы**

При гиперпронации наблюдается смещение оси пяточной кости (признак Хелбинга).

Положение бугристости ладьевидной кости относительно линии, проведенной от первого плюснефалангового сустава к медиальной лодыжке — линия Фейса. В норме бугорок ладьевидной кости находится на этой линии или близко к ней (рис. 6).



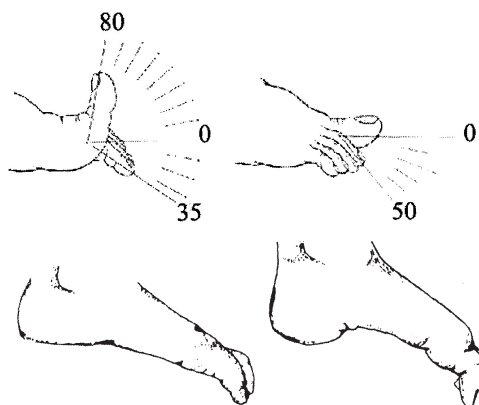
*Рис. 6. Линия Фейса. Головка таранной кости в норме лежит на линии Фейса*

При гиперпронации и (или) уплощении стопы наблюдается опущение ладьевидной кости: при плоскостопии I, II ст. выступ ладьевидной кости опущен соответственно на высоту  $1/3$  и  $2/3$  расстояния от линии Фейса до плоскости опоры. При плоскостопии III ст. бугристость ладьевидной кости почти касается плоскости опоры (Magee D.J., 1997).

### **Тест активного подошвенного сгибания пальцев стопы**

Деформации, сопровождающиеся изменением арочной системы стопы в сторону снижения продольного или поперечного свода, ведут к атрофии коротких мышц тыльной и подошвенной поверхности стопы, снижению их функционального состояния, формированию патологических установок и контрактур в плюсне-фаланговых суставах. На рис. 7 показаны физиологические пределы активной подвижности на уровне плюсне-фаланговых суставов.





*Рис. 7. Тест активного подошвенного сгибания пальцев стопы*

С помощью приведенного теста оценивается функциональное состояние мышц путем определения угла активного подошвенного сгибания пальцев в плюсне-фаланговых суставах. Ограничение подошвенного сгибания пальцев в указанных суставах говорит о функциональной недостаточности мышц стопы, принимающих участие в сгибании пальцев в плюсне-фаланговых суставах (короткий сгибатель пальцев стопы, червеобразные мышцы, квадратная мышца подошвы, длинный сгибатель пальцев). Этот симптом определяется до появления изменений со стороны скелета стопы. При уже сформированной деформации больной редко может согнуть пальцы более чем на  $40^\circ$ .

### **Тест активного разведения пальцев стопы**

При проведении данного теста оценивается способность активного разведения пальцев стопы тыльными и подошвенными межкостными мышцами. Если пациент самостоятельно разводит пальцы, тест расценивается как положительный (рис.8).



*Рис. 8. Тест активного разведения пальцев стопы*

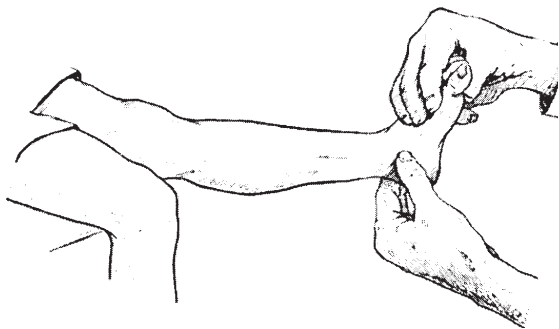
Функциональная недостаточность указанных мышц не позволяет пациенту выполнить активное разведение пальцев стопы.

## Определение укорочения ахиллова сухожилия

Укорочение ахиллова сухожилия сопровождается ограничением тыльного разгибания в голеностопном суставе и является одним из важных патогенетических моментов формирования плоской стопы. Поэтому важно своевременно выявить эту особенность развития стопы и голени.

Тыльное разгибание в голеностопном суставе определяется у сидящего пациента. Нога разогнута в коленном суставе до нулевого положения. Одна рука удерживает пятку, другая — передний отдел стопы в нейтральном положении, без пронации и супинации (рис.9).

Выполняется пассивное тыльное разгибание в голеностопном суставе с умеренным усилием при сохранении нулевого положения стопы. Если тыльное разгибание возможно только до прямого угла, констатируется укорочение ахиллова сухожилия.



*Рис. 9. Определение укорочения ахиллова сухожилия*

Другой вариант выполнения этого теста заключается в следующем: максимально сгибают ногу в коленном суставе, при этом происходит сближение точек прикрепления двухсуставной икроножной мышцы, и стопа разгибается даже при выраженном укорочении ахиллова сухожилия. На следующем этапе нога медленно полностью разгибается в коленном суставе и, при наличии укорочения ахиллова сухожилия, стопа сгибается до прямого угла или более (в зависимости от степени выраженности укорочения).

## Возможность одномоментной пассивной коррекции деформации стопы

Для определения стойкости деформации стопы выполняют попытку ручной коррекции всех имеющихся патологических отклоне-

ний. На ранних стадиях заболевания изменения происходят в мягких тканях и деформация исправляется руками врача одновременно, без особых усилий. Устранение многоплоскостных изменений происходит за счет сохранившейся подвижности в многочисленных суставах стопы. Деформация считается стойкой в том случае, если при ручной коррекции не удастся всей стопе или одной из ее частей придать правильную форму, так как к изменениям в мягких тканях присоединяются изменения костно-суставных структур. При выполнении этого исследования необходимо учитывать возможность ложной коррекции, особенно у детей младшего возраста, что обусловлено растяжимостью сумочно-связочного аппарата, когда редрессация сопровождается смещением не в суставах, удерживающих стопу в неправильном положении, а в смежных суставах.

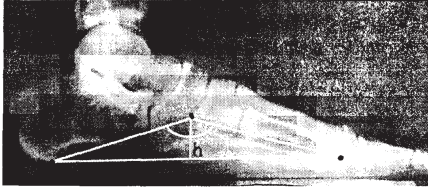
### **РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СТОПЫ**

Несмотря на то, что характер и основные компоненты деформации стопы, степень их выраженности определяются клинически, рентгенологические методы обследования являются чрезвычайно важными и информативными. Это обусловлено тем, что ведущими патогенетическими компонентами практически всех деформаций стопы являются нарушения анатомических взаимоотношений в суставах стопы. Они многовариантны как по виду и количеству вовлеченных в деформацию суставов, так и по степени тяжести поражения каждого из них. А определить вид и количество вовлеченных в деформацию суставов, динамику развития деформации, степень сохранения функциональных возможностей, составить план консервативной или оперативной коррекции можно только на основании данных рентгеноанатомического и рентгенофункционального обследования.

Основной и обязательный этап рентгенологического обследования пациента — стандартное исследование стопы в двух взаимно перпендикулярных проекциях стоя с физиологической нагрузкой. Боковая проекция выполняется стоя на стандартной подставке с вертикально расположенным кассетодержателем и захватом 4–5 см голени.

#### **Определение величины угла и высоты продольного свода стопы**

Определение величины угла и высоты продольного свода стопы производится после отметки на рентгенограмме трех точек (рис. 10):



*Рис. 10. Определение величины угла и высоты продольного свода стопы*

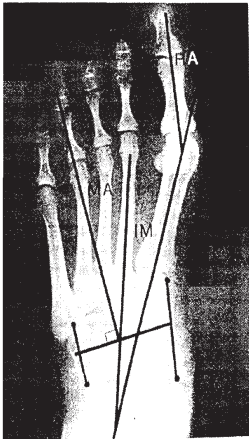
- нижняя точка бугра пяточной кости;
- нижняя точка головки I плюсневой кости;
- наиболее низкая точка ладьевидно-клиновидного сустава.

1. Угол продольного свода. Принятая норма данного угла составляет  $111\text{--}135^\circ$ . Первая степень плоскостопия — при угле продольного свода  $136\text{--}145^\circ$ , вторая —  $146\text{--}155^\circ$  и третья —  $156\text{--}180^\circ$  и более.

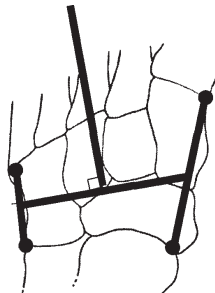
2. Высота продольного свода стопы (h) измеряется от наиболее низкой точки ладьевидно-клиновидного сустава до горизонтальной линии, соединяющей нижние точки бугра пяточной и головки I плюсневой костей.

### **Определение угловых показателей среднего и переднего отделов стопы в прямой проекции**

Прямая проекция выполняется стоя на кассете с центрацией луча на головку таранной кости. На полученной рентгенограмме определяются и анализируются следующие показатели (см. рис. 11):



*a)*



*б)*

*Рис. 11. Рентгенограмма угловых показателей среднего и переднего отделов стопы в прямой проекции*

– метатарзо-аддукционный угол (МА) — это угол между перпендикуляром к костям предплюсны и продольной осью II плюсневой кости. Он характеризует степень приведения переднего отдела стопы и в норме составляет 8–12°. Способ построения перпендикуляра к костям предплюсны показан на рис. 11б.

– интерметатарзальный угол (ИМ) — образован линиями, проведенными по оси I и II плюсневых костей, он составляет 8–12°.

– метатарзо-1-плюсневый угол (НА) — угол между продольными осями I плюсневой кости и проксимальной фалангой I пальца стопы. Он указывает на степень вальгусного отклонения I пальца и в норме составляет 10–15°.

### Определение уровня прогиба продольного свода стопы

Проводится по рентгенограммам, выполненным в боковой проекции стоя с физиологической нагрузкой.

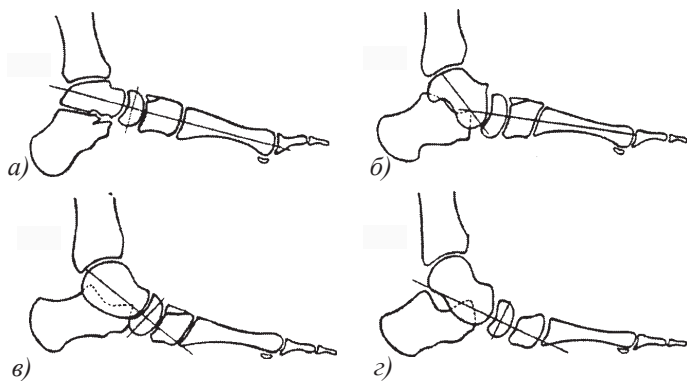


Рис. 12. Определение уровня прогиба продольного свода стопы: а) норма: продольная линия проведена через центры таранной, ладьевидной, медиальной клиновидной и первой метатарзальной кости (все указанные структуры расположены по одной осевой линии), вертикальная — по центру ладьевидной кости, параллельно проксимальной суставной поверхности, между этими линиями прямой угол; б) прогиб на уровне таранно-ладьевидного сустава; в) прогиб на уровне ладьевидно-клиновидного сустава; г) прогиб на уровне обоих суставов — таранно-ладьевидного и ладьевидно-клиновидного

### Угол наклона пяточной кости (опорно-пяточный угол)

Угол наклона пяточной кости (опорно-пяточный угол) характеризует положение одного из основных компонентов заднего отдела стопы. Он образован касательной к подошвенной поверхности пяточной кости и линией, соединяющей нижние точки головки I плюсневой кости и области бугра пяточной кости (рис. 13).

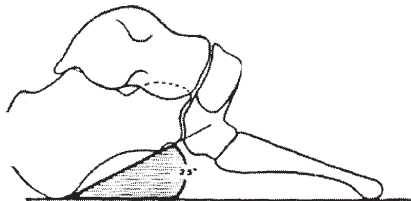


Рис. 13. Угол наклона пяточной кости (опорно-пяточный угол)

При измерении угла наклона пяточной кости (опорно-пяточного угла) норма равна  $20\text{--}25^\circ$ , плоская стопа — угол менее  $15^\circ$ , полая стопа — угол более  $30^\circ$ .

### Определение положения сесамовидных косточек в области головки I плюсневой кости в аксиальной и прямой проекциях

Аксиальная рентгенограмма выполняется в положении стоя с физиологической нагрузкой на специальной подставке, наклоняющей опорную подошвенную поверхность стопы под углом  $20^\circ$  и создающей доступ к рентгенологической визуализации головок плюсневых костей в осевой проекции. Трубка рентгеновского аппарата располагается сзади. Определение расположения сесамовидных косточек в прямой проекции проводится по стандартной передне-задней рентгенограмме, выполненной в положении стоя.



Рис. 14. Определение положения сесамовидных косточек в области головки I плюсневой кости в аксиальной и прямой проекциях

На рис. 14 показана методика выполнения рентгенологического обследования и правильное расположение сесамовидных косточек в области головки I плюсневой кости в осевой проекции. На последнем фрагменте указаны возможные варианты патологического смещения тибиальной сесамовидной косточки, 4-е положение является пограничным и требует хирургической коррекции.

## **ПЛАНТОГРАФИЯ**

Сравнительные исследования многих авторов показали, что плантограмма характеризует большинство особенностей строения стопы и очень тонко отражает морфофункциональные нарушения, которые коррелируются с малодоступными при проведении массовых обследований населения рентгенологическими исследованиями стопы.

Для получения плантограммы — отпечатка подошвенной поверхности стопы — используется плантограф и типографская краска, разведенная скипидаром (в соотношении 1:3). Плантограф представляет собой полиэтиленовую пленку, закрепленную в тонкой рамке. Обратную сторону пленки перед исследованием подкрашивают разведенной типографской краской. Под пленку помещают лист бумаги.

Перед снятием отпечатка обследуемый должен принять привычную осанку, ему предлагается занять удобное положение, стопу ставят на полиэтиленовую пленку и карандашом обводят контур края стопы так, чтобы карандаш находился в строго перпендикулярном положении по отношению к площади опоры. Во избежание произвольных движений стопой при выполнении очерчивания, особенно у детей младшего возраста, последнее нужно производить медленно.

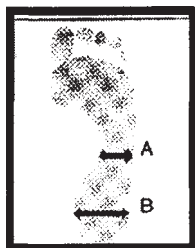
Оценка плантограмм выполняется не по контуру, а по отпечатку стопы и это очень важно, так как он правильно показывает все опорные поверхности, их взаимное расположение, характер деформаций стопы и многие другие особенности, в то время как контур стопы зависит от многих факторов, часто носящих временный характер, например, мозолей, бурситов и т. д.

В последние годы за рубежом с этой же целью используется подоскопия. При этом исследовании пациент стоит на прозрачной стеклянной платформе, снизу под углом располагается зеркало,

на котором видна подошвенная поверхность стопы и характер распределения нагрузки.

Из многочисленных методик анализа плантограмм нами выбраны следующие: индекс свода стопы, индекс Wejfloga (W), индекс Q.

1. Индекс свода стопы =  $A/B$  (рис. 15).



*Рис. 15. Индекс свода стопы: A — ширина поперечного свода стопы в среднем отделе; B — ширина поперечного свода стопы на уровне пяточной кости*

#### Значение индекса свода стопы в зависимости от возраста

Возраст, лет	-2δ	Среднее	+2δ	Возраст, лет	-2δ	Среднее	+2δ
1	0,7	1,0	1,4	10	0,32	0,63	0,91
2	0,62	0,97	1,33	11	0,31	0,61	0,9
3	0,58	0,9	1,25	12	0,3	0,6	0,89
4	0,5	0,84	1,12	13	0,28	0,6	0,87
5	0,47	0,78	1,1	14	0,27	0,6	0,87
6	0,43	0,77	1,06	15	0,3	0,61	0,89
7	0,41	0,7	1,0	30	0,3	0,61	0,89
8	0,38	0,69	0,98	50	0,35	0,7	1,04
9	0,36	0,66	0,93	70	0,41	0,78	1,12

2. Индекс  $W = S/P$  (Wejfloga — 195δ) — критерий оценки поперечного свода стопы, где S — длина стопы, W — ширина стопы (рис. 16). Оптимальное отношение длины стопы к ее ширине 3:1. На практике индекс чаще принимает значение от 2 до 3. Если его значение ближе к 2 (например, 2,1) — поперечное плоскостопие. При нормальном поперечном своде значение этого индекса ближе к 3 (например, 2,97).

3. Индекс  $Q = BC/AC$  — отношение длин отрезков, проведенных в центре продольного свода стопы (рис. 17).



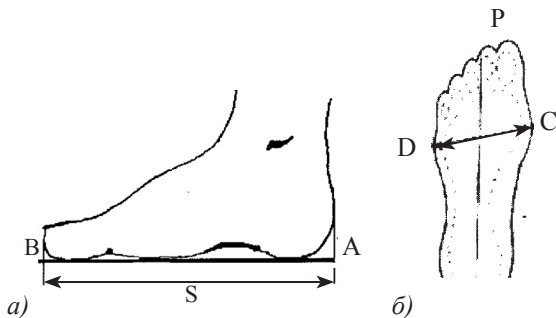


Рис. 16. Определение длины(а) и ширины(б) стопы: А — наиболее удаленная точка пятки; В — наиболее удаленная точка стопы спереди (верхушка I или II пальца); D — наиболее латеральная точка по наружной поверхности в области головки пятой плюсневой кости; С — наиболее медиальная точка по внутренней поверхности стопы в области головки первой плюсневой кости; Р — средняя линия, продольно делящая стопу пополам от пяточного бугра до межпальцевого промежутка между II и III пальцами

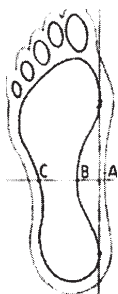


Рис. 17. Индекс Q: BC — длина отпечатанного контура стопы, AC — расстояние от наружного края отпечатка стопы до середины продольного свода

Индекс Q для взрослых:

- полая стопа — 0–0,25;
- нормальная — 0,26–0,45;
- уплощенная (I ст.) — 0,46–0,49;
- уплощенная (II ст.) — 0,5–0,75;
- плоская — 0,76–1.

Индекс Q для детей с учетом возраста:

- 8 лет — 0,44–0,54;
- 9 лет — 0,41–0,53;
- 10 лет — 0,4–0,53;
- 11 лет — 0,39–0,54.

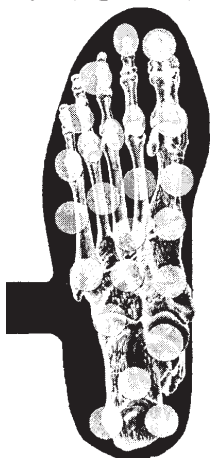
## БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТОП

Полученные результаты комплексных клинических и диагностических исследований стоп позволяют выявить различную их патологию на стадии развившихся патологических изменений, что не всегда дает возможность своевременно скорректировать выявленную патологию и получать положительные результаты.

В этой связи биомеханическое исследование стоп, по данным собственных исследований и литературных источников, позволяет на доклинической стадии выявить их функциональные изменения, осуществить ортопедическую коррекцию и профилактику осложнений и получить оптимальный (благоприятный) клинический эффект.

С этой целью нами разработана комплексная система ранней функциональной диагностики возможной патологии стоп путем определения критического давления на различных участках стоп с помощью измерительных стелек, размещаемых в обуви пациента.

В измерительные стельки вмонтированы сенсорные элементы (весом 0,7 г, толщиной до 2 мм, 8×8 мм), фиксирующие изменения давления в диапазоне от 0 до 70 N/cm<sup>2</sup>. Количество сенсорных датчиков — от 10 до 24 элементов на стельку (в зависимости от размера обуви) (рис. 18).



*Рис. 18. Биомеханическая карта подошвенной поверхности стопы*

Размер измерительной стельки позволяет проводить исследование при 3 стандартных обувных типоразмерах. Получаемые сигналы через тензопреобразователь поступают в блок регистрации и памяти.

Программное обеспечение позволяет оценить количественные и качественные параметры распределения зон давления на подошвенной поверхности, осуществить их анализ и определить конструктивные элементы ортопедической коррекции, на основании которых изготавливаются лечебно-корректирующие стельки, с последующим динамическим контролем реабилитационного процесса. Контрольное компьютерное исследование производится не реже одного раза в квартал или же по мере необходимости (рис. 19)

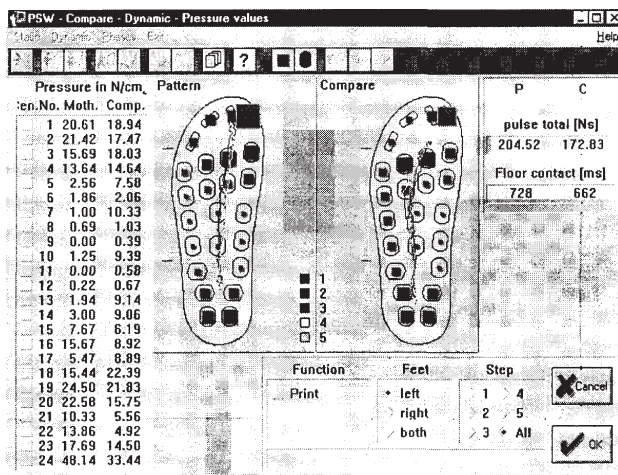


Рис. 19. Данные, полученные с помощью компьютерной системы

В зависимости от возраста и степени тяжести патологии комплекс реабилитации занимает от 2 до 6 лет. Диспансерное наблюдение и скрининг детских коллективов и групп риска осуществляется на протяжении всего учебного периода.

Диапазон применения компьютерных диагностических систем очень широк: от профилактических мероприятий на доклинических стадиях развития патологии, оптимизации реабилитационного режима после травм и хирургического лечения нижних конечностей до разнообразного использования в спортивной медицине. Компьютерная программа комплексной диагностической системы преобразует данные, полученные от сенсорных датчиков измерительной стельки в несколько типов цифровой и визуальной информации.

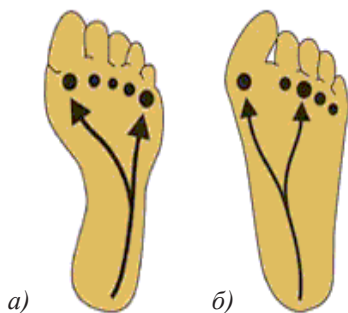
В то же время необходима определенная осторожность при оценке результатов подошвенной барографии, так как ее показатели имеют выраженный индивидуальный характер, и шаблонный подход к анализу полученных данных недопустим. Безусловно, имеются критерии стандартного типа, позволяющие исследовать качественные параметры функции опорно-двигательной системы, однако количественные характеристики в каждом конкретном случае слишком специфичны. Изучение данных, полученных у различных испытуемых, показало, что эти давления зависят от многих индивидуальных факторов, таких как вес, возраст, анатомические особенности и даже от типа темперамента.

Исследование конкретного пациента позволяет оценить состояние опорно-двигательной системы по многим параметрам и представляет целый ряд возможностей для диагноста. Прежде всего необходимо оценить распределение давления по подошвенным поверхностям обеих стоп. При этом определяются зоны избыточного давления и участки с низкими показателями. Если относительно низкое давление регистрируется в опорных зонах стопы, то это свидетельствует о наличии патологического очага и указывает на необходимость дополнительных диагностических мероприятий. Анализ распределения подошвенного давления — наиболее перспективный метод функциональной диагностики диабетической стопы на этапах до развития клинических проявлений болезни и представляет оптимальное ортопедическое решение профилактической и лечебной задачи. Соотношение зон с избыточным и пониженным давлением позволяет определить расположение на корригирующей ортопедической стельке разгружающих и поддерживающих пелотов и супинаторов.

При опоре тела на одну конечность, даже при спокойном движении по горизонтальной поверхности, возникающие избыточные отклонения структур стопы трансформируются в увеличение двигательной ассиметрии таза и позвоночного столба. Это обстоятельство имеет важнейшее значение в клинике и позволяет определять направления ортопедического решения задачи лечения пациента. Диагностическая система представляет информацию о расположении общего центра массы пациента, локализации центра тяжести на каждой стопе, процентное распределение нагрузочных зон.

Продуманная коррекция установки стопы дает возможность в большинстве случаев устранить или же значительно уменьшить патологические проявления во всех отделах опорно-двигательного аппарата. В основе ортопедической коррекции лежит принцип биомеханической и анатомической компенсации двигательных и поструральных нарушений. При этом необходимо учитывать не только статическую (анатомическую), а в первую очередь динамическую или биомеханическую составляющую патологического процесса.

Важнейшим показателем при динамическом исследовании подошвенного давления принято считать вектор перемещения общего центра массы пациента. При нормальной установке стопы основная нагрузка распространяется по подошве от пяточного бугра по наружному краю до проекции основания IV плюсневой кости, после чего разделяется в направлении головок I и V плюсневых костей (рис. 20а). При пронационном отклонении стопы опорный вектор смещается медиально (рис. 20б), что является причиной дисфункций как самой стопы, так и вышележащих опорных структур тела. Изучение динамического вектора позволяет детализировать структуру патологического процесса и объективизирует ортопедическое решение при самых различных вариантах патологии.



*Рис. 20. Вектор перемещения общего центра массы пациента*

## **ОРТОПЕДИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ПАТОЛОГИИ СТОП**

Оптимальная ортопедическая коррекция патологии стоп должна учитывать следующие принципиальные элементы конструкции корригирующих стелек:

- индивидуальность;
- реконструкция свода;
- разгрузка болезненных участков;
- обеспечение оптимальной терморегуляции;
- энергосберегающая амортизация.

Для решения этой комплексной задачи разработана технология изготовления ортопедических стелек из полимерного материала, позволяющая в соответствии с результатами компьютерной диагностики создавать индивидуальную конструкцию и структуру ортопедической коррекции.

Особенностью технологии является возможность локального уплотнения структуры материала, что обеспечивает эффективную поддержку свода. В зависимости от массы пациента и размера стопы можно усиливать или же ослаблять выкладку свода.

При изготовлении стельки изначально задается толщина пористой поверхности (не менее 5 мм), для того чтобы на примерке и при обработке изделия можно было отметить участки локальной болезненности и чрезмерного давления и уменьшить в этих местах толщину. В то же время структура и толщина материала обеспечивает достаточный амортизационный эффект. Существенным элементом стельки является пяточная часть, выполненная в форме чашки, что позволяет оптимально распределить нагрузку с подошвенной части пяточного бугра (3/5 всей нагрузки на стопу) и дает благодаря амортизации дополнительный энергосберегающий эффект.

Пористая структура кроме амортизационных свойств придает материалу воздухо- и паропроницаемость, а также капиллярность. Это значительно улучшает сорбционные и теплофизические характеристики ортопедических стелек. Опытные образцы стелек при медико-клинических испытаниях обеспечивали быструю миграцию влаги, тем самым улучшая гигиеничность обуви, что чрезвычайно важно для профилактики хирургических осложнений диабетической стопы.

При изготовлении стелек важно учитывать характер используемой пациентом обуви. Очевидно, что даже идеально подобранные стельки позволяют решить только горизонтально-опорный компонент коррекции. Поэтому при наличии вальгусных отклонений, для

исправления косолапости необходимо сочетание стелек с эффективной боковой фиксацией стопы и голеностопного сустава. Для плосковальгусной деформации обязательным условием является твердый и высокий жесткий задник обуви, а также по возможности фигурный каблук, продленный по внутреннему краю до уровня головки I плюсневой кости, скошенный наружу для увеличения медиальной опорной поверхности. При косолапости, когда имеются приведение передней части и варусная установка стопы, целесообразно не только прониравать подошвенную поверхность при помощи стельки, а укреплять внутренний берц обуви с продлением его до носочной части, располагать фигурный каблук снаружи с выносом его за край обуви на 1–1,5 см.

При поперечном плоскостопии, когда патологический процесс развивается в переднем отделе стопы, применяется разгрузочно-направляющая коррекция на уровне плюсневых костей. Для этого используются поперечные супинаторы высотой от 10 до 20 мм каплеобразной или овальной формы, расположенные широким концом вперед. С помощью такого элемента удастся добиться физиологического расположения плюсневых костей в переднем отделе и пропорционально распределить нагрузочные зоны плюснефаланговых суставов. Обычно поперечный супинатор устанавливается в проекции второго межплюсневого промежутка на расстоянии 20 мм кзади от головок плюсневых костей. Однако в зависимости от клинической картины и выраженности патологического процесса расположение супинатора, а также его размеры могут меняться.

Различные виды варусной деформации стоп и нижних конечностей в целом регулируются применением в ортопедических стельках пронаторов-вкладышей, расположенных на латеральной стороне стельки. Амортизирующе-разгрузочные стельки являются одним из самых эффективных методов лечения экзостозов пяточных костей (пяточных шпор). При укорочении нижних конечностей более чем на 0,5 см для профилактики вторичной тазобедренной и позвоночной симптоматики целесообразно назначение компенсаторных стелек с высотой компенсации до 3,5–5 см. При более выраженных укорочениях рекомендуется использование наружной компенсации

при помощи ортопедической обуви с утолщением подошвы по всему следу или танкеткой.

Если ортопедическая стелька стесняет передний отдел стопы, может быть изготовлена полустелька, оканчивающаяся на уровне проекции головок плюсневых костей. В большинстве случаев нефиксированного плоскостопия полустелька, как правило, достаточно эффективна.

В рамках государственной научно-технической программы предусматривается дальнейшая разработка комплексной системы, позволяющей создавать конструкцию ортопедической корригирующей стельки по результатам динамической компьютерной диагностики. Программное обеспечение системы даст возможность оценить весь комплекс деформации стопы с учетом динамической составляющей и в результате анализа информации определить особенности построения ортопедической коррекции, зоны и участки на стельке, требующие поддерживающего укрепления или разгружающего смягчения. В соответствии с заданием, полученным от компьютерно-диагностического комплекса, производится изготовление ортопедической полимерной стельки.

Одним из перспективных направлений применения разрабатываемого комплекса является превентивное лечение хирургических осложнений диабетической стопы. Сочетание уникальных гигиенических и функциональных свойств полимерной ортопедической стельки и возможности компьютерно-диагностической системы определять и локализовать зоны риска на диабетической стопе до начала развития клинических проявлений позволяют осуществлять массовую эффективную профилактику язвенно-некротических поражений, нередко приводящих к ампутации конечностей.