

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОГО  
ВОСПИТАНИЯ И СПОРТА УКРАИНЫ

**А.Н. Лапутин, В.А. Кашуба, К.Н. Сергиенко**

ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ  
ФУНКЦИИ СТОПЫ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ  
ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ

КИЕВ – 2003

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И  
СПОРТА УКРАИНЫ**

КАФЕДРА КИНЕЗИОЛОГИИ

А.Н. Лапутин, В.А. Кашуба, К.Н. Сергиенко

«Утверждено»  
заседанием кафедры  
кинезиологии  
(протокол № 1 от 29.08.02 г.)

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ  
ФУНКЦИИ СТОПЫ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ  
ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ II КУРСА ФАКУЛЬТЕТА СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ И  
ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

КИЕВ – 2003

Технология контроля двигательной функции стопы школьников в процессе физического воспитания. Методическое пособие для студентов II курса факультета спортивной медицины и физической реабилитации / А.Н. Лапутин, В.А. Кашуба, К.Н. Сергиенко.— К.: НУФВСУ, 2003. — 65 с.

**Утверждено и рекомендовано к изданию ученым советом  
Национального университета физического воспитания и спорта Украины  
(протокол. № 4 от 25 декабря 2002 г)**

**Рецензенты:**

доктор медицинских наук, профессор Г.Е. Верич

доктор педагогических наук, профессор С.С. Ермаков

доктор медицинских наук, профессор Л.Г. Шахлина

кандидат медицинских наук, доцент А.И. Новохатский

Качественный педагогический контроль двигательной функции стопы человека в онтогенезе дает возможность объективно определить влияние физических упражнений на опорно-рессорные свойства двигательного аппарата школьников. Поэтому он рассматривается в пособии как один из основных резервов совершенствования процесса физического воспитания.

Для студентов и преподавателей институтов спортивного и медицинского профилей, тренеров, специалистов спортивной медицины, реабилитации и кинезитерапии.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	
Глава I. Двигательная функция стопы человека	6
Глава II. Инструментальные и аналитические способы измерения опорно-рессорной функции стопы человека	23
Глава III. Методика педагогического контроля опорно-рессорных свойств стопы школьников	47
Контрольные вопросы	63
Список использованной литературы	64

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Опорно-двигательный аппарат, как известно, имеет множество функций, важнейшими из которых являются обеспечение опоры, защиты и движений тела человека. Каждая из этих функций обеспечивается различными биологическими, и, в частности, морфологическими структурами. В связи с этим многие морфологические образования скелета и мышечной системы, как правило, участвуют в реализации целого комплекса морфофункциональных механизмов различных органов и систем.

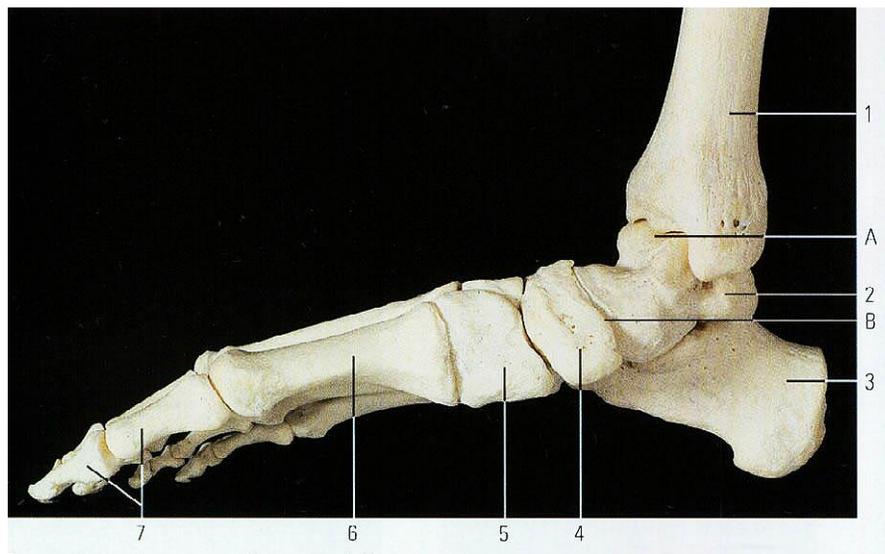
Человек как биологический вид относится к разряду приматов, которые являются прямоходящими и стопоходящими. В связи с этим особую важность для оценки его биологического развития приобретают такие двигательные способности, как стояние и локомоции. Они являются показателями его адаптационных механизмов к условиям окружающей среды. Это имеет важное значение как в филогенетическом, так и в онтогенетическом плане.

Стопа как один из важнейших органов прямохождения человека в условиях естественных локомоций выполняет не только функцию опоры, но и при этом обеспечивает организацию рессорных взаимодействий тела человека с опорной поверхностью. Это означает, что в двигательных механизмах стопы заложены весьма существенные потенциалы упруговязких свойств всей нижней конечности.

Большое значение при оценке функционально-морфологических свойств стопы имеет изучение изменений ее адаптационных возможностей в процессе занятий спортом и физической культурой. Под влиянием физических упражнений стопа может значительно деформироваться, что часто приводит к нежелательным последствиям как в динамике обычной ходьбы, так и в развитии ее патологий. Именно поэтому детальное и углубленное изучение двигательных возможностей стопы в различных условиях организации ее двигательной функции приобретает большое методологическое значение. Это требует организации специализированного контроля морфо-функционального состояния стопы в период активных занятий спортом и физической культурой.

## ГЛАВА I ДВИГАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ СТОПЫ ЧЕЛОВЕКА

Стопа является очень сложным структурным образованием. Она состоит из трех частей: предплюсны, плюсны и пальцев (рис. 1).



**Рис. 1** Кости стопы.

*1-большеберцовая кость, 2-блок таранной кости, 3-пяточная кость, 4-ладьевидная кость, 5-медиальная клиновидная кость, 6-1-я плюсневая кость 7-дистальная и проксимальная фаланги I-го пальца стопы. А- голеностопный сустав, В- таранно-пяточно-ладьевидный сустав*

Область предплюсны представлена следующими костями: таранной, пяточной, ладьевидной, кубовидной и тремя клиновидными костями. Кости предплюсны располагаются в две группы: проксимальную, к которой относятся таранная и пяточная кости, и дистальную, образованную ладьевидной, кубовидной и тремя клиновидными костями. Кости предплюсны соединяются с костями голени. Ориентиром для определения костей предплюсны является пяточная кость, самая крупная из них. Она находится в задненижнем отделе стопы, сверху к ней прилежит таранная кость, а спереди — кубовидная; к головке таранной кости присоединяется ладьевидная кость, с которой соединяются три клиновидные кости: медиальная, промежуточная и латеральная. Основания плюсневых костей примыкают к костям предплюсны, а головки обращены к проксимальным фалангам пальцев.

Плюсневые кости представлены пятью трубчатыми костями, расположенными впереди. В каждой плюсневой кости различают тело и два конца: задний, проксимальный – основание, и передний, дистальный – головка. Счет костей ведется со стороны медиального края стопы. Из пяти плюсневых костей первая короче

остальных, а вторая — самая длинная. Тела плюсневых костей имеют трехгранную форму. Верхняя тыльная поверхность несколько выпуклая, остальные поверхности сходятся внизу, образуя заостренный гребешок. Основания плюсневых костей представляют наиболее массивную их часть. Они имеют форму клина, который своей расширенной частью направлен у I-IV плюсневой костей вверх, а у V плюсневой кости — в медиальную сторону. Боковые поверхности имеют суставные площадки, посредством которых смежные плюсневые кости сочленяются между собой. Задняя поверхность оснований имеет суставные поверхности, сочленяющиеся с костями предплюсны. На нижней поверхности основания первой плюсневой кости расположена бугристость. У пятой плюсневой кости латеральный отдел основания также имеет бугристость, которая хорошо прощупывается через кожу.

Передние концы, или головки, плюсневых костей сдавлены с боков. Передний отдел головок имеет суставные поверхности сферической формы, сочленяющиеся с фалангами пальцев. На нижней поверхности головки первой плюсневой кости по бокам располагаются две небольшие гладкие площадки к которым прилегают сесамовидные кости.

Все кости плюсны с тыльной стороны легко прощупать, так как они покрыты сравнительно тонким слоем мягких тканей; с подошвенной стороны они лежат глубоко под большим количеством мышц и подкожной жировой клетчаткой.

Первый палец стопы имеет две фаланги, а остальные — по три. Нередко фаланги V пальца срастаются между собой, образуя две фаланги. Различают проксимальную, среднюю и дистальную фаланги. На стопе, как и на кисти, имеются сесамовидные кости. Здесь они выражены значительно лучше и расположены в области соединения первых и пятых плюсневых костей с проксимальными фалангами. Сесамовидные кости увеличивают поперечную сводчатость плюсны в ее переднем отделе.

Кроме того, иногда встречаются мелкие сесамовидные косточки между проксимальной и дистальной фалангами 1 пальца. Основным отличием от фаланг кисти является то, что они короткие, особенно дистальные.

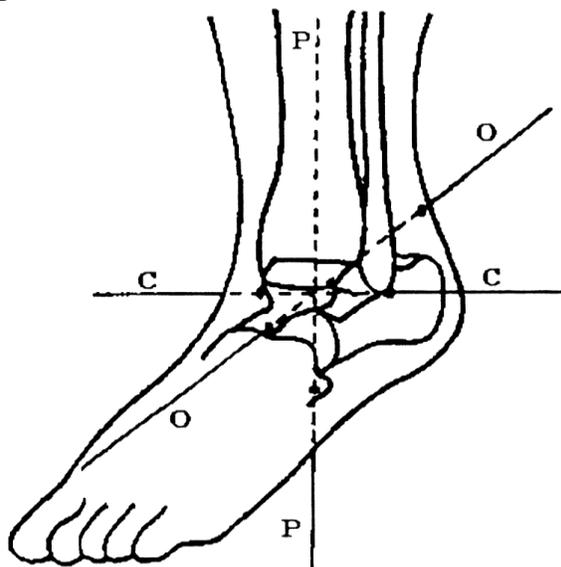
В суставах стопы следует отметить специфичность костей расположения голени, охватывающих наподобие вилки таранную кость, значительное число плоских суставов с мощным связочным аппаратом и твердой основой стопы, которую образуют соединяющиеся между собой 5 костей предплюсны и 5 плюсневых костей.

### **Соединения костей стопы**

Соединение голени со стопой имеет более сложную структуру, чем изолированные крупные суставы нижней конечности (НК). *Голеностопный сустав* (сустав стопы) — самый крупный сустав заднего отдела стопы. Он образован суставными поверхностями дистальных концов большеберцовой и малоберцовой костей и суставной поверхностью блока таранной кости (см. рис.1)

Долгое время существовали взгляды, что это простой блоковидный сустав с одной осью вращения. С помощью стереорентгенограмметрического исследования установили, что голеностопный сустав, как и другие суставы заднего отдела стопы, является многоосевым, т.е. имеет “плавающую” ось вращения.

Вокруг фронтальной оси, проходящей через блок, в нем возможны сгибание (движение в сторону подошвенной поверхности стопы, и разгибание (движение в сторону тыльной поверхности стопы) (рис.2). Ввиду того, что этот блок сзади суживается, по мере сгибания стопы становятся возможными некоторое приведение и отведение вокруг вертикальной оси. Стабильность этого сустава обеспечивается, как правило, его связочным аппаратом.



**Рис. 2** Положение теоретических осей движения в голеностопном суставе, где: С- фронтальная ось (сгибание- разгибание), О-сагиттальная ось (отведение-приведение), Р- вертикальная ось( ротация), (Скворцов, 1999)

Сустав укреплен связками, расположенными на его медиальной и латеральной сторонах (рис.3). С медиальной стороны расположена медиальная (дельтовидная) связка треугольной формы, идущая от медиальной лодыжки к ладьевидной, таранной и пяточной костям. С латеральной стороны сустав укреплен пяточной-малоберцовой, передней и задней таранно-малоберцовой связками. Связки голеностопного сустава обладают достаточной прочностью, однако латеральная группа связок слабее дельтовидной. Это обстоятельство, а также то, что стабильность костных структур латеральной стороны сустава превышает таковую медиальной, приводит к тому, что сустав предрасположен к инверсии (супинации). Последнее имеет существенное значение, так как подавляющее число всех травм связочного аппарата голеностопного сустава составляют супинаторные растяжения (включая разрывы латеральных коллатеральных связок).



**Рис. 3** Медиальный и латеральный вид связок голеностопного сустава  
(Donnelly, 1982)

Вращательная стабильность сустава стопы возрастает при увеличении вертикальной нагрузки на сустав и уменьшается при повреждении связок.

Диапазон движения голеностопного сустава зависит от его костной структуры, суставного сочленения, поддержки со стороны капсулы, связок, мышц и сухожилий. Ткани сустава способны растягиваться и, как показывают результаты исследований, их гибкость может увеличиваться.

Одной из характеристик возрастных особенностей голеностопного сустава является то, что у взрослых он имеет большую подвижность в сторону подошвенной поверхности стопы, а у детей, особенно у новорожденных, - в сторону тыла стопы, что связано с онтогенетическими особенностями её развития.

Сгибание стопы в голеностопном суставе осуществляется мышцами-сгибателями стопы, пересекающими фронтальную ось сустава и расположенными кзади от нее на задней и латеральной поверхности голени. К этим мышцам принадлежат: трехглавая мышца голени, задняя большеберцовая, длинный сгибатель большого пальца, длинный сгибатель пальцев, длинная и короткая малоберцовые мышцы.

Диапазон сгибания колеблется от 0 до 50°. Факторами, ограничивающими его, являются недостаточная сократимость мышц-сгибателей, пассивное напряжение таранно-малоберцовой и передней большеберцово-таранной связки, пассивное напряжение мышц-разгибателей стопы и соприкосновение задней части таранной с большеберцовой костью.

Разгибание голеностопного сустава предполагает движение дорсальной поверхности стопы вверх и по направлению к передней части голени (т.е. физиологическое, или дорсальное, сгибание). Движение осуществляется передней

большеберцовой мышцей, длинным разгибателем пальцев и длинным разгибателем большого пальца. Диапазон сгибания колеблется от 0 до 20°. Ограничивающими его факторами являются недостаточная сократительность мышц-разгибателей, пассивное напряжение сгибателей (особенно икроножной и камбаловидной мышц), пассивное напряжение ахиллова сухожилия, напряжение дельтовидной и таранно-малоберцовых связок, тугоподвижность заднего отдела суставной капсулы и соприкосновение таранной кости с передним краем поверхности большеберцовой кости.

Следует отметить, что диапазон разгибания оказывается больше в положении, когда нога согнута в коленном суставе, вследствие влияния двухсуставной икроножной мышцы, пересекающей как голеностопный, так и коленный суставы. Когда нога согнута в коленном суставе, эта мышца в участке колена провисает, что способствует значительно большему растягиванию ее в голеностопном суставе. Если же нога выпрямлена в коленном суставе, икроножная мышца оказывается растянутой в этом участке, что не позволяет ее в такой же степени растянуть при движении в голеностопном суставе (пассивная недостаточность).

Эверсия, или пронация, в суставе стопы представляет собой такой поворот подошвы стопы, при котором она движется наружу, приподнимая при этом свой латеральный край. Это движение осуществляется преимущественно двумя мышцами: длинной и короткой малоберцовой. Диапазон эверсии составляет приблизительно 0-20°. Факторами, ограничивающими диапазон эверсии, являются недостаточная сократимость эвертора, пассивное напряжение дельтовидной связки, пассивное напряжение передней и задней большеберцовых мышц, тугоподвижность медиальной части суставной капсулы и латеральное соприкосновение таранной кости с большеберцовой.

Инверсия, или супинация, голеностопного сустава представляет собой поворот подошвы стопы, обеспечивающий ее медиальное движение, сопровождаемое приподниманием ее медиального края. Движение осуществляется мышцами-инверторами, главным образом передней и задней большеберцовой, которым помогают длинный сгибатель пальцев и длинный сгибатель большого пальца. Диапазон инверсии голеностопного сустава колеблется от 0 до 45°. Факторами, ограничивающими ее диапазон, являются сократительная недостаточность мышцы-инвертора, пассивное напряжение связок, пассивное напряжение мышц-эверторов, тугоподвижность латеральной части суставной капсулы и соприкосновение таранной кости с большеберцовой костью (медиальное).

Чрезмерные нагрузки могут привести к изменениям костной структуры голеностопного сустава и стопы. При этом могут возникать структурные изменения в предплюсневых костях, которые приводят к более высокой подвижности и гибкости передней части стопы. Вместе с тем чрезмерные нагрузки могут привести и к снижению диапазона движения. Образование костных шпор на передних и задних краях таранной кости ограничивает ее движение кзади, а также подошвенное сгибание стопы в целом. Чрезмерные нагрузки могут также привести к образованию остеофитов

(небольших костных шпор) на большеберцовой кости, что приводит к ограничению диапазона движения кзади таранной кости.

**Подтаранный сустав** образован задней суставной поверхностью пяточной кости и задней пяточной суставной поверхностью таранной кости. Суставные поверхности соединяющихся костей конгруэнтны и образуют сустав спиралевидной формы. Сустав имеет сложную пространственную ориентацию оси вращения: ось идет косо из наружной части пяточного бугра в шейку таранной кости (рис.4). У здоровых людей положение оси его довольно вариабельно. Несмотря на то, что подтаранный сустав анатомически включает в себя несколько суставных поверхностей между таранной и пяточной костью, это цельная функциональная единица. Движения в нем носят винтообразный характер. На правой стопе сустав подобен правовращающемуся винту, а на левой – левовращающемуся.

Подтаранный сустав, соединяясь с другими, образуют систему, в которой возможно функциональное заклинивание суставов, что способствует уменьшению нагрузки на мышечный и связочный аппарат. Такой своеобразный механизм дает возможность стопе при определенном взаимодействии суставов многократно увеличивать свою жесткость.

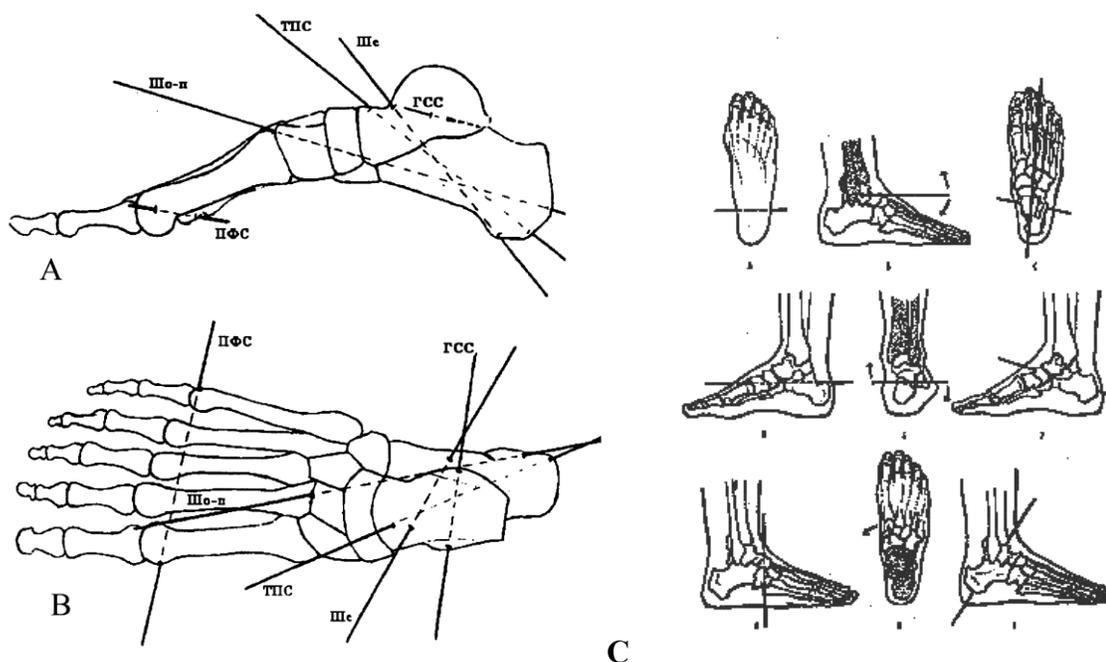
К связкам, укрепляющим этот сустав, относятся следующие: межкостная тараннопяточная связка, латеральная тараннопяточная связка, медиальная тараннопяточная связка.

**Таранно-пяточно-ладьевидный сустав** образован суставными поверхностями таранной (своей головкой), пяточной (передневерхней суставной поверхностью) и ладьевидной (задней поверхностью) костей. Это сложный сустав шаровидной формы. Между таранной и пяточной костями в передне-заднем направлении идет общая ось вращения, вокруг которой возможны пронация и супинация стопы. При пронации медиальный край стопы опускается, а латеральный поднимается, при супинации – наоборот. Среди связок, укрепляющих сустав, наибольшее значение имеет межкостная таранно-пяточная связка. Подтаранный и таранно-пяточно-ладьевидный суставы, функционируя одновременно, образуют комбинированный сустав.

Голеностопный, подтаранный и таранно-пяточно-ладьевидный суставы, дополняя друг друга, позволяют производить в стопе сгибание и разгибание, приведение и отведение, пронацию и супинацию, а также круговое движение. Величина подвижности относительно фронтальной оси достигает  $90^\circ$ , а сагиттальной —  $55^\circ$ .

**Пяточно-кубовидный сустав** – образован пяточной и кубовидной костями. Он простой по строению, плоский по форме. Сустав укреплен рядом связок, которые сильнее развиты на подошвенной стороне — длинная подошвенная и пяточно-кубовидная связки. Этот сустав вместе с таранно-ладьевидным суставом составляют один общий поперечный сустав предплюсны, подвижность в котором невелика.

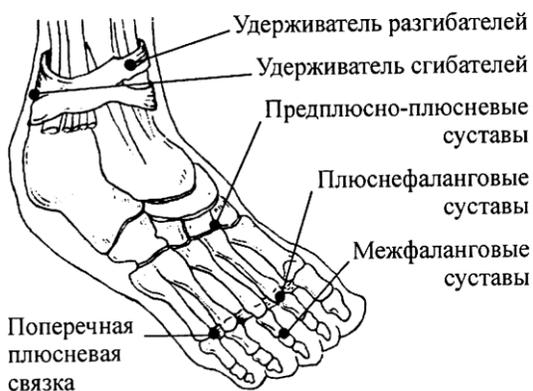
Суставы между клиновидными, ладьевидной и кубовидной костями имеют плоскую форму и малоподвижны, они хорошо укреплены связками, расположенными главным образом на тыльной подошвенной стороне стопы.



**Рис. 4** Пространственная ориентация осей движения в суставах стопы по данным различных авторов: **А** - вид относительно сагиттальной оси, **В** - вид относительно горизонтальной оси; **С** - возможные движения стопы относительно различных плоскостей. Обозначения осей: **ТПС** – подтаранный сустав, **ГСС** – голеностопный сустав, **ПФС** – плюснефаланговый сустав, **Шс** – ось сгибания-разгибания Шопарова сустава, **Шо-п** – ось отведения-приведения Шопарова сустава

**Предплюсно-плюсневые суставы** соединяют кости предплюсны с костями плюсны и имеют плоскую форму, за исключением сустава между медиальной клиновидной и 1-ой плюсневой костями, который по форме иногда может быть отнесен к седловидным суставам (рис.5). Предплюсно-плюсневые суставы хорошо укреплены связками, расположенными как на тыльной, так и на подошвенной стороне стопы.

**Плюснефаланговые и межфаланговые суставы пальцев.** Межфаланговые (МФ) суставы находятся между сегментами каждого пальца и соединяют проксимальные фаланги со средними и средние – с дистальными, имеют блоковидную форму (см. рис.5). Каждый палец имеет два МФ сустава, за исключением большого пальца, у которого один такой сустав. Плюснефаланговые (ПФ) суставы находятся в месте прикрепления каждого пальца к плюсне и образованы суставными поверхностями головок плюсневых костей и оснований проксимальных фаланг. Головки вторых – третьих плюсневых костей имеют неправильную шаровидную форму: их тыльный отдел несколько сужен. Кроме того, между головками плюсневых костей натянута глубокая поперечная плюсневая связка. А особенностью 1-го плюснефалангового сустава является наличие двух сесамовидных косточек, расположенных с его подошвенной стороны. Каждый палец имеет один ПФ сустав. Сгибание этих суставов включает движение пальца по направлению к подошве.



*Рис. 5 Кости и суставы стопы (Donnelly, 1982)*

Диапазон сгибания МФ суставов может колебаться от 0 до 90°, в то время как диапазон сгибания ПФ суставов — от 0 до 35°. Сгибание обеспечивается действием как длинных, так и коротких сгибателей пальцев. Факторами, ограничивающими диапазон движения пальцев, являются сократительная недостаточность мышц-сгибателей, пассивное напряжение сухожилий мышц-разгибателей пальцев и соприкосновение мягких частей фаланг.

Разгибание МФ и ПФ суставов предусматривает подъем фаланг от плоскости подошвы. Диапазон разгибания колеблется от 0 до 80°. Это движение производится главным образом длинным разгибателем пальцев. Факторами, ограничивающими диапазон этих движений являются: тонус мышц сгибателей, сократительная недостаточность мышц, выполняющих это движение, и напряжение подошвенных и коллатеральных связок суставов пальцев.

Одной из возрастных особенностей положения костей и их движений в суставах стопы является то, что с возрастом происходит некоторая пронация стопы и опускание медиальной части ее продольного свода. Стопа ребенка, особенно в первый год жизни, имеет отчетливое супинаторное положение, в результате чего, начиная ходить, дети нередко ставят стопу не на всю подошвенную поверхность, а только на ее латеральный край.

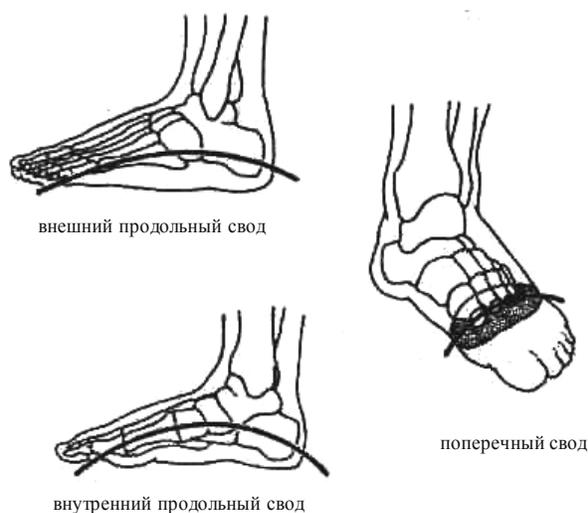
### **Функциональные особенности стопы**

Стопа человека как важная часть его тела претерпела в течение филогенетического развития значительные изменения вследствие своего приспособления к его прямоному хождению. Благодаря относительному удлинению предплюсны и укорочению плюсны, и особенно пальцев, стопа превратилась в орган опоры. Этому способствовало развитие продольных и поперечных сводов, укрепленных мощными связками и удерживаемых тонусом подошвенных мышц. Благодаря наличию сводов стопа обладает характерной пружинностью, которая значительно смягчает толчки стопы о землю во время ходьбы, бега и прыжков.

Поэтому важнейшей конструктивной особенностью стопы человека является ее сводчатое строение.

Костная система, будучи пассивным элементом в строении стопы, имеет своеобразную внешнюю и внутреннюю архитектуру, которая обеспечивает как удержание тяжести тела, так и способность приспосабливаться к изменениям рельефа почвы, нагрузки, движения и т.п. Внешнюю архитектуру составляет система продольных и поперечных дуг, называемая сводом, которые являются как бы рессорами, растягивающимися под воздействием давления (нагрузки) и возвращающимися в изначальное состояние благодаря своим специфическим особенностям.

Различают два основных свода стопы: продольный и поперечный (рис. 6).



**Рис. 6** Своды стопы

Продольный свод имеет две части – внутреннюю и наружную. Внутренняя часть продольного свода образована пяточной, таранной, ладьевидной, тремя клиновидными и первыми тремя плюсневыми костями. Наружная часть продольного свода образована пяточной, кубовидной и двумя наружными плюсневыми костями. Внутренний продольный свод именуется рессорным, а наружный свод – опорным. Высота рессорного свода равна в среднем 5-7 см, опорного – 2 см. Всего выделяют 5 продольных сводов. Продольные своды начинаются из одного пункта пяточной кости и расходятся вперед по выпуклым кверху радиусам соответственно пяти плюсневым костям. Поэтому в состав каждого продольного свода входит одна плюсневая кость и расположенные между ней и пяточным бугром части костей предплюсны. Вершина дуги припадает на ладьевидную кость, которая отдалена от плоскости приблизительно на 2,5 см. Наиболее латеральная дуга соединяет пяточный бугор с головкой пятой плюсневой кости, проходя через кубовидную кость, которая составляет ее вершину и отдалена от плоскости примерно на 0,5 см.

Продольные своды стопы, соединенные в своей передней части в виде параболы, образуют поперечный свод стопы. Она идет главным образом через

клиновидные и кубовидную кости, включая и основания плюсневых костей. При значительной нагрузке на стопу эта дуга подвергается сплющиванию, опираясь при этом всеми головками плюсневых костей.

Так как продольные и поперечные своды стопы обращены выпуклостью кверху, то при вертикальной позе давление на подошву распределяется в основном на 3 точки (пяточный бугор, головки I и V плюсневых костей) и наружный край подошвы. Поэтому площадь эффективной опоры стопы оказывается меньше, чем площадь ее подошвы.

Структуры, поддерживающие свод стопы, делятся на костные, связочные и мышечные. Подошвенная фасция является ведущим механизмом поддержания свода, она прогрессивно увеличивает модуль эластичности при увеличении нагрузки. Стоит обратить внимание на углубление свода стопы при пассивном разгибании первого пальца, это происходит в силу того, что часть пучков подошвенного апоневроза, перекидываясь через сесамовидные кости, фиксируется на основной фаланге первого пальца. В результате первый палец играет роль рычага, натягивающего подошвенный апоневроз. Данный феномен нашел клиническое применение в виде теста разгибания пальцев для диагностики плоскостопия.

Сводчатость стопы поддерживается и укрепляется мышцами голени, поэтому ее демпфирующие свойства определяются не только анатомическими особенностями ее костей, но и активной работой мышц.

Продольно расположенные мышцы укорачивают стопу, а косые и поперечные суживают. Такое двустороннее действие мышц сохраняет ее сводчатое строение.

Поперечный свод укрепляют поперечные связки подошвы и косо расположенные сухожилия длинной малоберцовой мышцы, задней большеберцовой мышцы, и поперечная головка мышцы, приводящей большой палец стопы. Действие этих мышц состоит не только в исполнении соответствующих активных движений, но и фиксации стопы во время физических нагрузок и ходьбы.

Функцией мышечных фиксаторов является как бы натягивание сводов. К таким мышцам в равной степени относятся как короткие, так и длинные мышцы стопы, имеющие прикрепления на костях голени. Основными фиксаторами продольного свода стопы являются: из длинных мышц — задняя большеберцовая, длинная малоберцовая, передняя большеберцовая; из коротких мышц — все мышцы подошвы стопы.

Определенная высота продольного свода сохраняется благодаря длинной подошвенной и пяточно-ладьевидной связкам. Снижение эластичности этих связок приводит к оседанию головки таранной кости и снижению срединной дуги, что способствует развитию плоскостопия.

При ослаблении описанных аппаратов, удерживающих своды стопы, последние могут опускаться, и стопа приобретает неправильное строение, называемое плоскостопием, часто сопровождающееся болевыми ощущениями.

Однако необходимо помнить, что патология стопы не выступает результатом недостаточности отдельной изолированной мышцы, а свидетельствует о появления различных напряжений мышечных комплексов и групп, находящихся в

соответствующей зависимости между собой, поэтому каждый случай требует индивидуального анализа и объяснения.

Как известно, стопа маленького ребенка отличается от стопы взрослого человека. При этом стопа ребенка имеет обильный подкожно-жировой слой, мышцы стопы еще слабые, а это проявляется в том, что свод слабо выражен, из-за чего может сложиться впечатление, что стопа плоская. В возрасте 3-4 лет подобное состояние нельзя считать дефектом.

Только с 4 лет начинают исчезать подкожные подушечки жира, открывая для обозрения дугообразную конструкцию. Наблюдение стопы во время ходьбы и стояния позволяет даже у маленького ребенка выявить наявность неправильного положения стопы и вальгусное отклонение пяточной кости.

Выделяют три основные функции, присущие нормальной стопе:

- рессорная — способность к упругому распластыванию под действием нагрузки;
- балансирующая — участие в регуляции позы при стоянии и ходьбе;
- толчковая — сообщении ускорения ОЦМ тела при локомоторном акте.

Нагрузка на стопу распределяется следующим образом: через тело таранной кости на пяточный бугор, ладьевидную и клиновидные кости на головки I-III плюсневых костей, образуя внутреннюю продольную дугу, через пяточную и кубовидную кости на головки IV-V плюсневых костей, образуя наружную продольную дугу. Таким образом, можно представить две продольные оси стопы. Ось, проходящая через середину пятки и промежуток между I и II плюсневыми костями – это ось силы, т.е. ось, по которой передаются основные нагрузки при ходьбе. Ось, проходящая через середину пятки и промежуток между II и III плюсневыми костями – ось равновесия или баланса, в которой происходят движения стопы при стоянии. Положение этой оси определяется как равная длина рычагов от этой оси до головок I и V плюсневых костей.

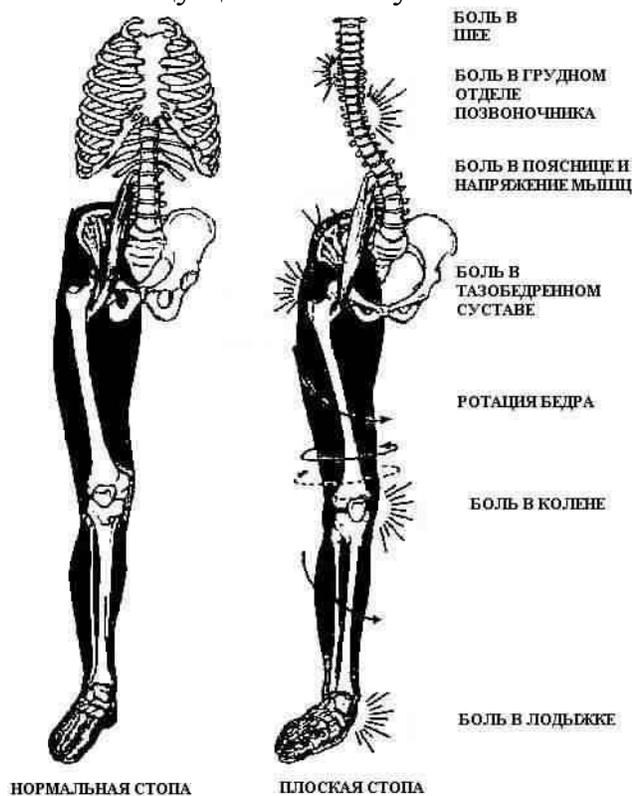
Результаты исследования распределения веса по подошвенной поверхности стопы при стоянии в норме показали, что 20,5 % веса падает на передневнутренний отдел стопы, 18,4% — на передненааружный, на область свода приходится 5,1%, на пятку — 55,1% (Гурфинкель, 1960).

При ходьбе давление распределяется следующим образом: на пятку падает 33,2%, на среднюю часть—5%, на передненааружную часть стопы — 26 %, на передневнутреннюю часть — 35,8% суммарной нагрузки ( Давыдова, 1959).

При одностороннем отягощении одной стопы весом всего тела (стоя на одной ноге) изменения основных показателей отягощённой стопы являются даже более значительными, чем в позиции отягощения даже большим, но равномерно распределённым на обе ноги грузом. В процессе ходьбы наблюдается подобное явление изменения некоторых сводов стоп, прежде всего их длины. Это возникает из-за увеличения поверхности столкновения стопы с опорой. Пятка и большой палец в состоянии покоя контактируют с опорой меньшей площадью, во время чрезмерной нагрузки на стопу они имеют большую площадь опоры. Общее увеличение сводов

стоп (во время ходьбы) возникает также потому, что когда весь вес тела приходится на переднюю часть стопы (в фазе отталкивания), более равномерное распределение сил на отяжелённую часть производится благодаря прикосновению подушечек пальцев к опоре и одновременному расставливаю пальцев стопы. В тоже время увеличивается поверхность контакта стопы с опорой (Малиновский и др., 1975).

С уплощением сводов стопы смещается центр тяжести тела, что отражается на состоянии нижней конечности, позвоночника, внутренних органах и всем опорно-двигательном аппарате (ОДА) в целом (рис.7). Уплотнение сводов стопы приводит к изменению очертания стопы, быстрой утомляемости в ногах, болезненности при надавливании на стопы и середину подошвы. Походка теряет эластичность, плавность и часто сопровождается болевыми ощущениями в суставах нижней конечности.



*Рис.7 Возможные нарушения ОДА человека, возникающие при нарушении стато-локомоторной функции стопы*

### Формы патологии стопы

Существует множество заболеваний стоп, вызывающих крайне неблагоприятные изменения в организме человека. По мнению Касперчика (2000), их можно классифицировать следующим образом.

К наиболее часто встречающимся заболеваниям стоп относятся:

- плоскостопие;
- плоско-искривленная стопа;
- стопа с поперечным плоскостопием;

- косолапая стопа;
- пустотелая стопа (полая).

Реже встречаются:

- конусная стопа;
- пяточная стопа.

### ***Статическое плоскостопие (плоская стопа)***

Под этим плоскостопием понимают процесс постоянного снижения продольного свода стопы как следствие ее стато-динамической недостаточности (рис.8). Все это характеризует ее как мышечно-слабую стопу, добавляя, что это самая легкая форма плоскостопия. Нагрузка стопы, связанная со слабостью мышечно-связочной системы, приводит к деформации, нарушению функций, болезненности.

### ***Плоско - искривленная стопа***

При нормальной стопе (осмотр проводится сзади) ось пятки является продолжением оси голени. Физиологическое отклонение составляет около  $5^\circ$ . При искривлении стопы пятка поворачивается наружу и опирается на плоскость внутренним краем (рис. 9). Человек с подобным отклонением стирает каблук с внутренней стороны. Чаще всего такие изменения сопровождаются искривлением колен, что в дальнейшем является причиной усугубления недуга.

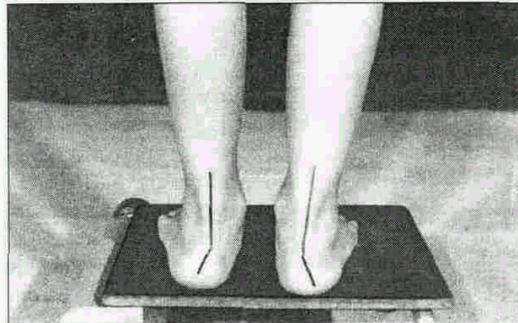
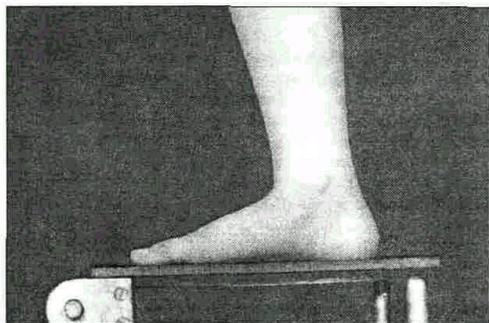
### ***Косолапая стопа.***

Противоположностью плоско-искривленной стопы есть косолапая стопа. Характеризуется искривлением пятки вовнутрь и ее опорой на внешний край. При косолапости каблук стирается с внешней стороны.

### ***Стопа полая.***

Деформация состоит в усугублении полости стопы на отрезке между пяточным бугром и головками плюсневой кости и одновременным искривлением этой части. Такой дефект характеризуется так называемым высоким подъемом.

Среди различных деформаций нижних конечностей наиболее часто встречается плоскостопие и косолапость (рис.9), которое связано с искривлением стопы, преимущественно выражающееся в уплощении ее продольного или поперечного свода. Плоскостопие — самый распространенный вид патологии нижних конечностей у детей и школьников, поэтому, учитывая возможность коррекции, этот вопрос будет рассмотрен более широко.



***Рис. 8*** Плоская стопа (плоскостопие)    ***Рис. 9*** Плоско - искривленная стопа

Плоскостопие бывает *врожденное*, оно встречается крайне редко, комбинируется с другими деформациями и является следствием первичных внутриутробных пороков развития тканей эмбриона, и *приобретенное*. В зависимости от причинного фактора, последнее подразделяется на *рахитическое*, *травматическое*, *паралитическое* и *статическое*.

Патогенез **рахитического** плоскостопия развивается на почве рахита, при котором кости становятся мягкими, податливыми и легко деформируются под действием нагрузки.

**Травматическое** плоскостопие является результатом неправильно сросшихся переломов лодыжек, костей предплюсны и плюсны, повреждения мышечно-связочного аппарата, особенно задней большеберцовой мышцы.

**Паралитическое** плоскостопие образуется при параличе мышц, поддерживающих своды стопы. Очень часто встречается после полиомиелита.

Причина образования **статического** плоскостопия прослеживается в нарушении упругих элементов стопы, переутомлении мышц, и, следовательно, в нарушении мышечного тонуса и сократительной способности мышц. Многочисленными исследованиями установлена зависимость плоскостопия с функциональной недостаточностью мышечно-связочного аппарата нижних конечностей и физической перегрузкой стоп, что в подавляющем большинстве случаев является следствием постепенно развивающихся изменений в скелете стопы, в системе связок, мышц и при значительной недостаточности кровообращения и иннервации голени и стопы. При этом кости стопы, образующие свод, смещаются относительно друг друга, и стопа теряет упругость. Так как упругие силы стопы нарушены, то свод стопы не возвращается в свое нормальное положение, и рессорность стопы постепенно исчезает.

Степень плоскостопия не всегда соответствует субъективным ощущениям. Очень часто резко выраженные формы уплощения не сопровождаются болезненными субъективными ощущениями. Это бывает в тех случаях, когда плоскостопие развивается медленно, равномерно и незаметно, так, что организм успевает приспособиться к статикодинамическим изменениям стопы и вышележащим отделам НК.

Тем не менее механизм развития статического плоскостопия можно представить себе следующим образом: при длительной нагрузке переутомляются мышцы, поддерживающие свод. Вес тела через большеберцовую кость падает на таранную, которая давит на пяточную. Пяточная кость своей передней частью в связи с поворотом под давлением таранной кости становится задней точкой опоры стопы. Бугор пяточной кости и наружный край стопы приподнимаются, а внутренний свод опускается. Пяточная кость, будучи тесно связанной с ладьевидной, тянет последнюю за собой вниз, отодвигая кубовидную кость наружу. Центр тяжести тела перемещается с середины стопы ближе к внутреннему краю. Таранная кость, плотно закрепленная в вилке голени, смещается вместе с голенью внутрь, сползая с наклоненной суставной поверхности пяточной кости, и головка ее, внедряясь между ладьевидной и пяточной

костью, растягивает связки, придавливая ветви нервов, проходящих на подошвенной стороне стопы. Это вызывает различные боли в стопе и голени, нарушение трофики, рефлекторное сокращение мышц голени, потливость, отечность стопы и т. п. При сползании таранной кости с пяточной максимальное напряжение падает на таранно-ладьевидное сочленение. Ладьевидная кость чутко реагирует на изменения, наступающие в этом сочленении, и начинает опускаться. При резко выраженном плоскостопии головка таранной кости и ладьевидная кость опускаются до пола, изменяется положение пяточной, I метатарзальной кости и костей медиального края стопы, наблюдается вторичный Hallux valgus (искривление) и уплощение поперечного свода стопы.

Таким образом, описанный выше механизм уплощения проявляется тогда, когда по каким-либо причинам мышцы, поддерживающие свод стопы, и связки окажутся не в состоянии выдерживать получаемую нагрузку. Это происходит тогда, когда нагрузка на мышцы и связки стопы чрезмерно велика (при длительном пребывании в положении стоя, при тяжелых работах со статическими перегрузками) или же тогда, когда мышцы, как и весь организм, ослаблены в связи с заболеванием и не в состоянии справляться даже с обычными нагрузками.

Поэтому слабость мышц стопы и голени как частичное проявление общей функциональной слабости организма является основной причиной наиболее распространенного (до 90%) статического плоскостопия. Оно часто возникает у лиц, занятых трудом с длительным пребыванием в стоячем положении, при котором постоянно перегружаются в процессе работы стопы и, в связи с этим, переутомляются мышцы стопы и голени (официанты, парикмахеры, зубные врачи, работники прилавка— продавцы и др.). У таких лиц положение усугубляется тем, что они, чтобы не утомлять мышцы, поворачивают голени кнаружи, принимают «привычное», «удобное» положение, при котором тяжесть тела выдерживается не мышцами, а почти полностью связками и костями. При этом происходит растягивание мышц, приводящих передний отдел стопы и поворачивающих голень внутрь. Происходит удлинение подошвенно-пяточно-ладьевидной связки, нарушение взаимнатяжения всех других мышц и связок стопы, что в конечном итоге приводит к плоскостопию. В таком случае большое значение имеет подбор обуви.

Ношение нерациональной обуви — одна из частых причин плоскостопия, так как нерациональная обувь нарушает нормальные условия биостатики и биомеханики.

Развитие плоскостопия сопровождается быстрой утомляемостью к концу дня, болевыми ощущениями в различных отделах стопы, пяточной кости, а также в области голени, бедра и даже поясничной области. Клиническая картина плоскостопия разнообразна, и поэтому не может быть единого, общего для всех форм метода его лечения.

В зависимости от степени выраженности патологии Вреден предложил следующую клиническую классификацию продольного плоскостопия:

➤ *продромальная стадия*, характеризующаяся быстрой утомляемостью, чувством усталости к концу дня;

- *перемежающееся плоскостопие* сопровождается вальгусной установкой стопы, возникающей после длительного стояния;
- *плоско-вальгусная стопа*, характеризующаяся уплощением свода стопы, проявляющимся удлинением ее внутреннего края и наличием вальгусной установки пяточной кости;
- *плоско-вальгусная отведенная* (абдукторная) стопа выражается уплощением продольного свода и отклонением ее переднего отдела наружу, развивается в результате прогрессивного плоскостопия;
- *сведенная* (контрактурная) стопа характеризуется резкой болезненностью и затруднениями при ходьбе.

Указанные выше симптомы не всегда отчетливо выражены, и это затрудняет диагностику.

В подавляющем большинстве случаев плоскостопие лечат консервативно (к оперативному лечению прибегают лишь при далеко зашедших абдукторной и контрактурной формах). Консервативное лечение, особенно при начинающемся плоскостопии—уплощении стоп, преследует цель разгрузить отягощенные, переутомленные мышцы (для этого пользуются супинаторами, приподнимая внутренний свод стопы).

С целью снятия болевых ощущений и улучшения трофики применяют физиотерапевтическое лечение (теплые ванны, прогревания, ионогальванизация и др.). Весьма полезны при плоскостопии закаливающие процедуры (обливание ног холодной водой) и последующий массаж (самомассаж) стопы и голени. Однако, поскольку при всех лечебных вмешательствах существенное значение имеет восстановление нарушенной мышечной тяги — значительное место в программах реабилитации при плоскостопии занимает лечебная физическая культура (ЛФК), правильно подобранные комплексы физических упражнений, своевременное применение которых предупреждает атрофию мышц, укрепляет суставно-связочный аппарат стопы.

С целью профилактики плоскостопия рекомендуются ходьба босиком по песку, скошенной траве, лазанье по шесту, канату, бег на носках и другие специальные упражнения. Гигиенические навыки, массаж, ежедневная гимнастика являются основными формами и средствами применения физической культуры при плоскостопии. Особенно важно применение средств физической культуры до 20—25-летнего возраста, т.е. до прекращения роста костей. Лица, систематически занимающиеся физическими упражнениями, имеют развитой связочно-мышечный аппарат стопы, прочно удерживающий свод и обеспечивающий плотное прилегание костей стопы друг к другу.

Использование различных форм физической культуры (лечебная гимнастика, массаж, закаливание, двигательный и гигиенический режимы и т.д.) имеет клинко-физиологическое обоснование, поскольку специальное применение физических упражнений в лечении и профилактике плоскостопия проявляется в благотворном влиянии на функции всех органов и систем организма, в улучшении функции суставов,

связок и мышц стопы на фоне общего укрепления опорно-двигательного аппарата, в укреплении свода стопы при одновременной коррекции имеющейся деформации.

Изучение патологических изменений в суставах стопы является сложной задачей ввиду специфической пространственной ориентации их осей и небольших габаритов изучаемого сегмента, что затрудняет установку специальных регистрирующих устройств. Данные трудности заставляют использовать сложные устройства, зачастую нарушающие нормальную биомеханику суставов стопы.

## **ГЛАВА II**

### **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОПОРНО-РЕССОРНОЙ ФУНКЦИИ СТОПЫ ЧЕЛОВЕКА**

Целью этого раздела является характеристика перечня методов исследования стопы человека, их описание и классификация. Принимая во внимание ограниченные размеры этого издания, здесь описаны самые популярные методы и наиболее часто применяемые приборы и аппараты.

На сегодняшний день в практике ортопедических медицинских и педагогических исследований накоплен огромный опыт использования специальных методов измерения и оценки двигательной функции стопы человека [2, 4, 11, 17, 21, 22 и др].

В настоящее время среди известных методов диагностики опорно-рессорной функции стопы человека можно выделить следующие.

#### ***Визуальный метод***

**Визуальные методы** считаются наиболее простыми и распространенными методами. Как правило, используются при профосмотрах, заключаются в осмотре медиального (внутреннего) свода стопы и подошвенной поверхности обеих стоп, а также определении формы стопы, относящейся к одной из трёх основных групп:

- 1) изогнутая (плоскоизогнутая);
- 2) правильная (нормальная);
- 3) плоская.

Результаты этого метода зависят от жалоб и ощущений исследуемого. К плоскоизогнутым стопам относят явно патологические стопы с большой изогнутостью стопы и сильно сниженной продольной дугой. Вместе с тем известно, что чрезмерный изгиб не всегда идёт в паре со сплюснутостью стопы, а стопы даже с небольшим изгибом могут быть в значительной степени плоскими, поэтому при визуальной оценке можно легко допустить ошибку и причислить к плоским стопам слишком изогнутые стопы с небольшим сплюсчиванием.

При осмотре обследуемый стоит на твердой опорной поверхности, стопы располагаются параллельно на расстоянии 15-20 см друг от друга. С медиальной стороны нормальный продольный свод просматривается в виде дуги, идущей от головки 1-й плюсневой кости до пяточной кости. Если внутренние части стопы не касаются пола, то это свидетельствует о нормальном своде стопы. При плоскостопии дуга свода очень пологая и расположена близко к опорной поверхности.

При осмотре стопы с подошвенной стороны обследуемый становится коленями на стул, так чтобы стопы свободно свисали с края стула, (опорная часть стопы отличается от неопорной более темной окраской). При нормальном продольном своде опорная часть расположена на середине стоп в области перешейка и составляет примерно 1/3-1/2 ширины стопы. Если более половины ширины стопы, то стопа считается уплощенной, более 2/3 — плоской.

Для визуальной оценки сводов стопы могут использоваться так же функциональные пробы. Это прежде всего приподнимание на носки и поднятие пальцев стопы без отрыва от поверхности опоры. Как правило, при поднимании на носки стопа характеризуется углублением продольного свода, а при поднимании пальцев стопы характерно увеличение медиальной части продольного свода.

Дополнением этого метода является опрос пациента, на основании которого необходимо определить время и характер нагрузки на стопы на протяжении дня.

Узнать вероятные беспокоящие факторы, в частности, особенности носимой обуви.

Проводят осмотр не только поверхности стоп обследуемого, но и его обуви. При норме снашивание каблука происходит по наружному краю, а носка — по внутреннему. При плоскостопии быстрее снашивается внутренний край подошвы и каблука. При «полой» стопе — наружный край подошвы. Сравнение обеих подошвенных поверхностей может охарактеризовать неравномерность износа и укорочении ноги. Та, что длиннее, несет большую нагрузку, потому и обувь на ней скорее снашивается. Смятая пяточная часть говорит о неустойчивости, повышенной подвижности пятки, что свидетельствует о нестабильности вследствие слабости связочного аппарата стопы.

### *Антропометрический метод*

Антропометрические методы являются объективными методами, позволяющими производить замеры непосредственно на исследуемом. Эти методы - признаны традиционными, и они применяются издавна. Их наибольшим достоинством является простота конструкции измерительных приспособлений (антропометр, измерительная лента, циркуль), лёгкость работы, быстрота получения данных, а помимо всего - их всеобщая доступность.

Для диагностики рессорных свойств стопы Очерет (2000) [17], предлагает использовать следующий вариант измерения. Для определения относительной высоты свода стопы необходимо нащупать на внутренней поверхности продольного свода нижнюю бугристость ладьевидной кости, поставить на этом бугорке точку фломастером, обследуемый в это время находится в положении сидя на стуле так, чтобы ноги свободно касались пола. Затем измеряют высоту свода специальной линейкой (рис. 10 ) от пола до отмеченной точки, вертикально удерживая линейку (то есть без нагрузки на стопу), полученный результат записывают. Не меняя положения стопы, обследуемый встает, а исследователь снова измеряют высоту свода. Разница между высотой свода без нагрузки и в положении стоя (под нагрузкой) является важной диагностической величиной. Изменение этой высоты более чем на 3—4 мм говорит о слабости свода вследствие недостаточности связочного и мышечного аппаратов, о нестабильности, и, следовательно, о плоскостопии в той или иной форме. Измерение проводится на обеих ногах, учитывая разницу между высотой свода на левой и правой ноге. В норме она также не должна превышать 3—4 мм. Большее расхождение говорит об укорочении ноги (той, где свод выше, так как нагрузка меньше).

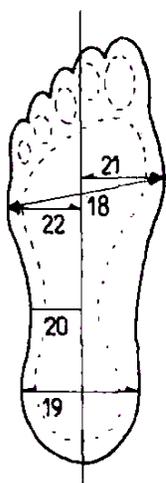


*Рис. 10 Линейка для измерения рессорных свойств стопы*

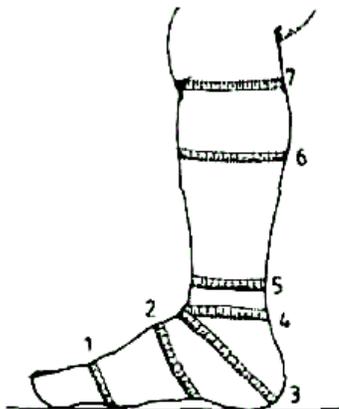
### Измерение ширины стопы

Для измерения ширины стопы используют следующие антропометрические точки (рис. 11):

- 1) ширина наклона плюсны (расстояние между плюсневыми точками), остальные замеры ширины стопы получают, принимая во внимание точки стопы, не имеющие специальной антропологической номенклатуры;
- 2) ширина стопы составляет 18% её длины (ширина пятки);
- 3) ширина от оси стопы до ее латерального края от точки, определённой как 40% её длины, считая от середины пятки;
- 4) ширина от оси стопы до медиального края головки I-й плюсневой кости;
- 5) ширина от оси стопы до латерального края головки V-й плюсневой кости.
- 6) при антропометрических обследованиях также проводят измерение обхватов стопы и голени (рис. 12)



*Рис. 11 Измерение ширины стопы*



*Рис. 12 Измерение обхватов стопы и голени*

**Метод подометрии** также относится к группе антропометрических методов исследования. В основе этого метода лежит измерение стоп с помощью специального прибора стопометра или толстотного циркуля и треугольника.

Метод удобен для обследования и может дать достаточно точные данные о подлинном состоянии формы стопы и выявить начальные степени плоскостопия. И хотя он не позволяет учитывать такие отклонения, как вальгирование (степень отклонения пятки) и величину отклонения большого пальца, тем не менее, благодаря своей простоте и объективности, он нашел широкое применение в практике массовых медицинских обследований.

С помощью стопометра измеряют длину стопы — расстояние между пяточной и конечной точками, ширину стопы — расстояние между плюсневыми точками. Для оценки медиальной части продольного свода стопы находят расстояние от опорной поверхности до бугристости ладьевидной кости. Таким же способом регистрируют высоту подъема стопы как расстояние от опорной поверхности до наиболее высокой точки тыльной поверхности ладьевидной кости. Высота медиальной части продольного свода стопы в норме колеблется в пределах 50-70 мм.

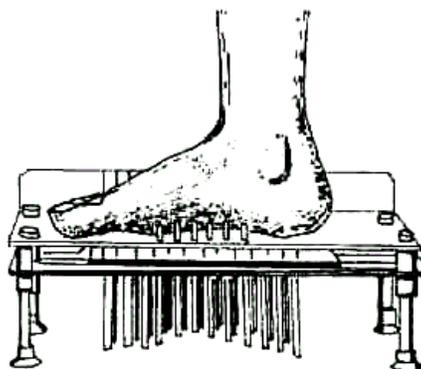
Полученные данные можно использовать для расчета индекса стопы. Индекс стопы по методу Фридланд равен:

$$I = \frac{h_{\text{п}}}{l} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $I$ - искомый индекс (в %),  $h_{\text{п}}$ - высота подъема стопы (см),  $l$ —длина стопы (см).

Характеристика индекса стопы: более 33 % — очень высокий свод, 33-31 % — умеренно высокий, свод; 31-29 % — нормальный свод; 29-27 % — умеренное плоскостопие; 27-25 % — резкое плоскостопие.

Для измерения медиального свода стопы может использоваться прибор Матиаса (1937, рис. 13),



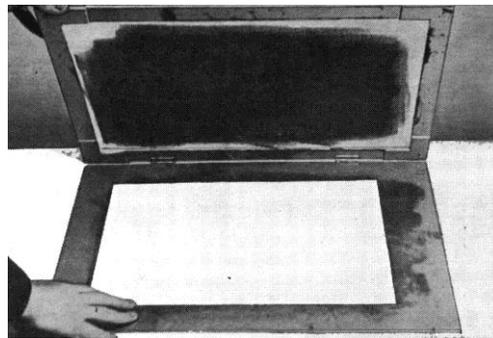
*Рис. 13 Прибор Матиаса*

## Плантоконтурографические методы

Плантоконтурография является наиболее распространенным методом в исследовании стоп. Плантоконтурограмма - это отпечаток подошвенной части стопы с определенным очертанием - контуром стопы.

Графико-расчетный метод плантографии является наиболее удобным для обследований в полевых условиях и позволяет более точно определить форму и степень уплощения стопы. Суть этого метода заключается в снятии отпечатков подошвенной поверхности стоп (плантограммы) с помощью специального устройства — плантографа — и последующей обработке этих отпечатков.

Плантограф представляет собой большую штемпельную подушку размером 400X400 мм, на которую помещают лист бумаги, прикрытый сверху целлофановой пленкой с предварительно нанесенной на нее типографской краской (рис. 14).



*Рис. 14 Плантограф*

Исследуемый садится на стул или высокий табурет и аккуратно всей подошвенной поверхностью стоп ставит ноги на плантограф, при этом вес тела обследуемого распределяется равномерно на обе стопы. Положение головок плюсневых костей первого и пятого пальцев обозначается на отпечатке точками.

При отсутствии указанного прибора подошвенные поверхности стоп обследуемого смазываются глицерином или растительным маслом, затем он становится на положенную на пол бумагу. При этом следует учитывать, что жир быстро расплзается по бумаге, поэтому необходимо полученный след подошвы стопы немедленно обвести карандашом.

Существует два способа исследования отпечатков стоп:

- 1) сравнение плантограммы исследуемого с образцовыми типами стоп, которое разработали Бохенек и Кларк;
- 2) расчет соответствующих углов и индексов, характеризующих строение стопы (угол Кларка, индекс Балакирева, Шриттера-Годунова, Вейсфлога и др.).

Бохенек классифицирует 4 типа стоп: *изогнутая* (I), *идеальная* (II), *сплюснутая* (III), *плоская* (IV) (рис. 15).



*Рис. 15 Типы стоп (по Бохенку)*

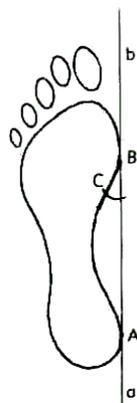
Аналогичным образом можно определить тип стопы, используя отпечатки Кларка. Для анализа подошвенных поверхностей стоп он предложил использовать 10 характерных отпечатков: 1-3— изогнутая стопа, 4-6 — идеальная стопа, 7-10 — разные виды плоскостопия (рис. 16).



*Рис. 16 Типы стоп (по Кларку)*

### **Угловой индекс Кларка (CI)**

Угол Кларка определяет состояние подошвенного изгиба стопы и лежит между касательной медиального края отпечатка стопы и линией, соединяющей наиболее выпуклую точку, пересекающуюся с касательной медиального края плюсны (рис. 17).



*Рис. 17* Схема измерений угла Кларка (Cl)

Полученные отпечатки оценивают с помощью специальных графико-расчетных методов и индексов.

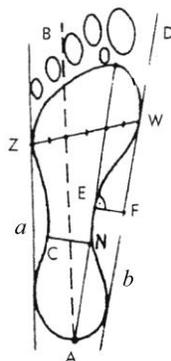
Для расчета **индекса Балакирева** рисуют две касательные линии **a, b** к внешнему и внутреннему краю стопы. Касательные линии пересекаются вне пятки, образуя угол. Биссектриса угла, образованного прямыми **a** и **b**, пересекает контур пятки в точке **A** (центр отягощения стопы) (рис.18, т. А). Крайние точки головок I и V плюсневых костей соединяет поперечно-внутренняя линия **Z W**. Разделив её на 6 равных частей, определяют проекции центров головок 5-ти плюсневых костей. От точки **A** проводят через II головку плюсневой кости линию **AO** (измерение основания подошвы).

На одной трети линии **AO** от точки **A** находят точку **N**. Линия **CN**, проходящая перпендикулярно к линии **AO**, характеризует длину заднего поперечника, окрашенной части отпечатка стопы на уровне Шопарова сустава.

Изменения в соединениях суставов стопы влекут за собой увеличение или уменьшение отношений длин окрашенной и неокрашенной частей отпечатка стопы. Эти изменения Балакирев относит к количественным показателям, характеризующим рессорные свойства стопы, и определяет их как соотношение поперечно окрашенной части Шопарова сустава (**CN**) и максимальной длины неокрашенной части (**EF**). Таким образом, вычисляется индекс равный:

$$B = CN / EF, \quad (2)$$

величина которого может охарактеризовать состояние деформации стопы [13].



*Рис. 18* Схема расчета плантограммы по методу Балакирева

С целью детального определения величины индекса деформации Балакирев провёл направляющую линию **АВ** от точки отягощения стопы через центр Шопарова сустава к ее основанию.

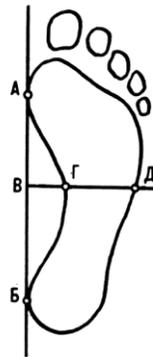
На основании чего предложил классифицировать стопы как:

- *нормальные* - направляющая линия проходит между головками четвёртой и пятой кости плюсны;
- *супинированные* - направляющая линия выходит наружу головки пятой кости плюсны;
- *пронированные* - направляющая линия падает на поверхность первых трёх костей плюсны.

При оценке стопы человека индекс Балакирева имеет следующие значения:

- индекс возрастает до бесконечности от 1.0 - стопа плоская;
- индекс уменьшается от 1.0 до 0.0 - стопа изогнутая;
- индекс величины равняется 1.0 - стопа нормальная.

При оценке отпечатков стоп с помощью **индекса Штритера** к наиболее выступающим точкам медиального края отпечатка стопы проводится касательная линия (**АБ**) из середины которой (точка **В**) восстанавливается перпендикуляр, пересекающий медиальный край отпечатка в точке **Г**, а латеральный — в точке **Д** (рис. 19).



*Рис. 19* Схема расчета индекса Штритера

Для оценки продольного свода стопы используют формулу:

$$I = \frac{BC}{CD} \cdot 100\% \quad (3)$$

где **I** – индекс Штритера в %, **ГД** и **ВД** – длина отрезков.

При нормальной форме стопы это соотношение составляет от 43 до 50 % . Стопы, дающие на отпечатке более 60,1 % касания с полом, считаются плоскими , 50,1 - 60 % — начинающееся плоскостопие (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Определение степени плоскостопия по Штритеру**

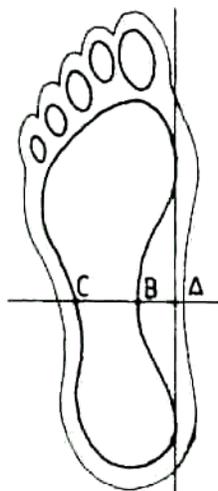
от 0 до 36 %	высокосводчатая
от 43 до 50 %	Нормальный свод
от 60,1 до 70 %	плоскостопие
от 36,1 до 43 %	Повышенный свод
от 50,1 до 60 %	Уплющенный свод

**Индекс "К" (Штритера-Годунова)**, определяет отношение длины отрезка, идущего в центр соединения продольной дуги через затенённую часть следа, к длине отрезка, находящегося на затенённой и незатенённой части плантоконтурограммы (рис. 20).

Индекс равен:

$$K = \frac{B - C}{A - C}, \quad (4)$$

где **В-С** - затенённая часть **А-С**- затенённая и незатенённая часть.



**Рис. 20** Схема расчета контуриграммы стопы (индекс "К")

Классификация стоп согласно индекса "К" для взрослых:

- изогнутая стопа 0.00- 0.25
- нормальная стопа 0.26- 0.45
- пониженная стопа I° 0.46-0.49
- пониженная стопа II° 0,50-0,75
- плоская стопа 0,76-1,00

Автором также предложены значения индексов стопы и для детей (табл. 2 ).

**Таблица 2.**  
**Значения индекса "К" с учётом возраста исследуемых**

Возраст (лет)	Значения индекса
8	0,44-0,54
9	0,41-53
10	0,40-0,53
11	0,39-0,54

Значения индекса "К" в массовых исследованиях можно также прочесть с помощью метода подоскопии.

На основе графического анализа отпечатков стоп может определяться **индекс Чижина** [22], с помощью которого вычисляется соотношение частей перпендикуляра, расположенных в светлой и темной части отпечатка.

Для этого на отпечатке проводят следующие линии: касательная **АВ** к наиболее выступающим точкам медиального края стопы (рис. 21), линия **СД** — прямая, проходящая через основание 2 - го пальца и крайнюю заднюю точку пятки. Через середину отрезка **СД** восстанавливают перпендикуляр к касательной **АВ**, который пересекает ее в точке «**b**». Перпендикуляр пересекает также отпечаток стопы в точке «**f**» (по медиальному краю стопы) и в точке «**G**» (по ее латеральному краю).



**Рис. 21** Схема расчета плантограммы по Чижину

Оценку сводов стопы проводят, используя индекс Чижина, равный:

$$I = \frac{f \cdot G}{b \cdot f} \text{ (ширина закрашенной части)} \quad (5)$$

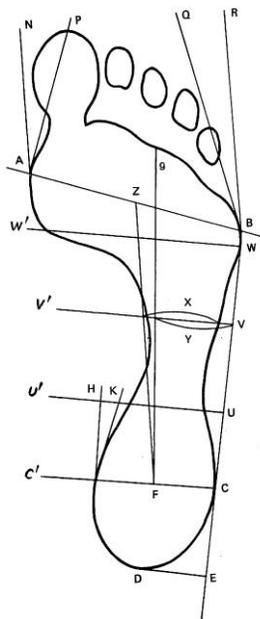
*b f* (ширина незакрашенной части),

Если индекс колеблется от 0 до 1, то сводчатость стопы оценивается как нормальная; если индекс от 1,1 до 2 — уплощенная стопа; если более 2 — имеется плоскостопие [13].

При диагностике состояния отделов стопы применяют метод, разработанный Потихановой, Годуновым и Черпиной (1982).

Обработку плантограммы проводят с помощью графико-расчетного метода (рис. 22).

Точки *A* и *B*, соответствующие головкам 1-й и 5-й плюсневых костей, соединяют прямой линией. На наружной стороне отпечатка через точки *B* (головка 5 плюсневой кости) и *C* (наиболее выступающая наружу точка пятки) проводят прямую линию, к которой восстанавливают перпендикуляр из точки *D* (крайняя задняя точка отпечатка пятки). Длину отпечатка измеряют от точки *D* до более длинного пальца. От точки *E* по прямой *BE* откладывают отрезки, равные 0,16, 0,30, 0,46 и 0,60 длины отпечатка.



*Рис. 22* Схема расчета плантограммы по Потихановой, Годунову и Чертиной (1982)

Из вновь найденных точек восстанавливают перпендикуляры к прямой *BE* (*cc'*, *uu'*, *vv'*, *ww'*). Кроме того, проводят: линию, отсекающую наружную часть продольного свода, которая соединяет середину линии *cc'* (точка *F*) с точкой *G* (точка между основаниями 3-го и 4-го пальцев); перпендикуляр *c'H* к линии *cc'*; линию, соединяющую точки *c'* и *K* (по отпечатку вверх и вперед на 1 см от *c'*); условную ось стопы — линию, соединяющую точки *F* и *Z*, (середина линии *AB*); линии *AP* и *BQ* из точек *A* и *B* через крайние передние точки отпечатков 1-го и 5-го пальцев; линии *AN* и *BR*, параллельные условной оси стопы.

Оценку плантограммы проводят по показателям продольного плоскостопия и поперечного распластывания. Продольное плоскостопие характеризует следующие показатели.

1. Коэффициент *K*, определяющий состояние среднего отдела продольного свода стопы:

$$K = x / y_1, \quad (6)$$

где *x*—ширина закрашенной части отпечатка по линии *vv'*, *y*— ширина наружной части продольного свода стопы.

- **К** от 0 до 0,5 — стопа полая;
- **К** от 0,51 до 1,10—стопа, с нормальным сводом;
- **К** от 1,11 до 1,20—стопа с пониженным сводом;
- **К** от 1,21 до 1,30—1-я степень плоскостопия;
- **К** от 1,31 до 1,50—2-я степень плоскостопия;
- **К.** от 1,50 и выше—3-я степень плоскостопия.

2. Пяточный угол **Нс'К**, определяющий состояние заднего отдела продольного свода стопы.

- Если угол **Нс'К** больше или равняется  $5^\circ$ , состояние стопы в норме;
- Если угол **Нс'К** меньше  $5^\circ$ , — стопа плоская.

3. Протяженность переднего и заднего отделов, отсекаемых соответственно линиями **ww'** и **uu'**. Если эти отделы удлинены, значит, стопа плоская даже при нормальном состоянии среднего отдела.

Таким образом, плантограмма при выраженном продольном плоскостопии характеризуется увеличением ширины среднего отдела стопы, уменьшением пяточного угла, удлинением переднего и заднего отделов. Эти признаки могут наблюдаться отдельно и в комбинации.

Состояние переднего отдела стопы характеризуют следующие показатели.

1. Угол при 1-м пальце ( $\angle NAP$ ). Если  $\angle NAP$  меньше  $18^\circ$ , передний отдел стопы в норме; если  $\angle NAP$  больше или равняется  $18^\circ$ , имеет место поперечное распластывание.

2. Угол при 5-м пальце ( $\angle QBR$ ). Если  $\angle QBR$  меньше  $12^\circ$ , передний отдел стопы в норме; если  $\angle QBR$  больше или равняется  $12^\circ$ , передний отдел стопы в состоянии поперечного распластывания.

В табл. 3 приводятся дополнительные критерии оценки состояния отделов стопы для некоторых спортивных популяций (Мартиросов, Пашикян, 1979). Использование предложенных нормативных шкал позволяет дать более точную оценку состояния стоп с учетом спортивной специализации.

Таблица 3

Нормативная шкала оценки плантографических показателей стопы у некоторых групп спортсменов и лиц, не занимающихся спортом

Испытуемые	Передний отдел стопы				Средний отдел стопы				Задний отдел стопы	
	Угол при 1-м пальце (град.)		Угол при 5-м пальце (град.)		Коэффициент <i>K</i>				Пяточный угол (град.)	
	НОРМА	УПЛОЩЕН	НОРМА	УПЛОЩЕН	ПОВЫШ. СВОД	НОРМ. СВОД	ПОНИЖ. СВОД	ПЛОСКИЙ СВОД	ВАЛЬГУС ПОВОРОТ	НОРМА
	$X+0,67\delta$	>	$X+0,67\delta$	>	<	$X\pm 0,67\delta$	$X+0,34\delta$	>	<	$X-0,67\delta$
Легкоатлеты спринтеры	15	16	16	17	0,84	0,85-1,03	1,04-1,12	1,13	2	3
Велогонщики	15	16	21	22	0,79	0,80-1,02	1,03-1,12	1,13	2	3
Пловцы	15	15	17	18	0,66	0,67-0,89	0,90-1,0	1,01	2	3
Лыжники	15	16	17	18	0,76	0,77-0,97	0,98-1,07	1,08	3	4
Тяжелоатлеты	16	17	16	17	0,97	0,98-1,38	1,39-1,58	1,59	0	1
Не спортсмены	14	15	17	18	0,76	0,77-1,03	1,04-1,16	1,17	2	3

Для исследования поперечного свода стопы служит индекс "**W**" - Вейсфлога (1956).

Индекс рассчитывают по формуле:

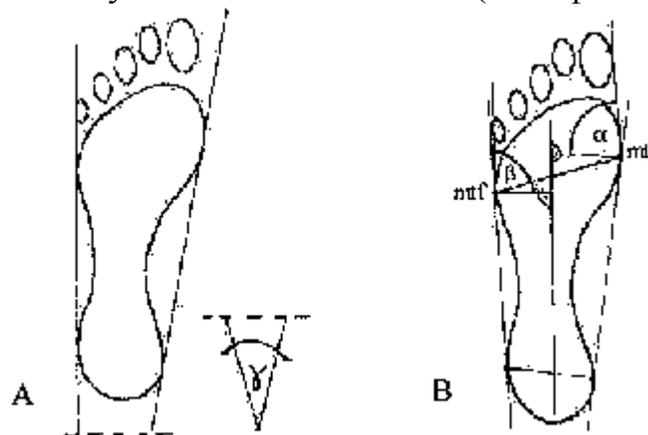
$$W = \frac{S}{P}, \quad (7)$$

где: S - длина стопы, P - ширина стопы.

Отношение длины стопы к ее ширине должно составлять 3:1, т.е. правильной считают такую стопу, которая, например, при длине 30 см (S) имеет 10 см ширины (P) - тогда  $30:10 = 3$ . Однако такая стопа встречается крайне редко. Наиболее часто индекс "W" бывает в пределах между 2 и 3. Значения ближе к "2", напр. 2,10, свидетельствуют о поперечном плоскостопии, в свою очередь значения ближе к "3", напр. 2,97, доказывают идеальное поперечное соединение стопы.

### Измерение углов стопы

*Пяточный угол (угол  $\gamma$ ).* Его определяют две касательные линии к внутреннему и внешнему краю стопы. Касательные линии пересекаются вне пятки, образуя угол  $\gamma$  (рис. 23, А). Норма для пяточного угла составляет 15-18° (Вейсфлог 1956).

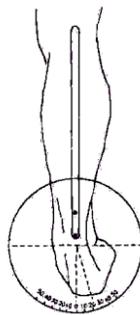


**Рис. 23** Определение углов на стопе: А) угол гамма, В) углы альфа и бета

*Угол кривизны большого пальца (угол альфа).* Это угол, находящийся между касательной к медиальному краю стопы и линией, проведённой из крайней точки головки I-й плюсневой кости. Угол образуют: линия, проходящая через медиальный край большого пальца и перпендикуляр, восстановленный от направляющей линии от точки отягощения стопы, к ее основанию (рис. 23, В). Норма для угла кривизны большого пальца составляет 0-9° (Вейсфлог 1956).

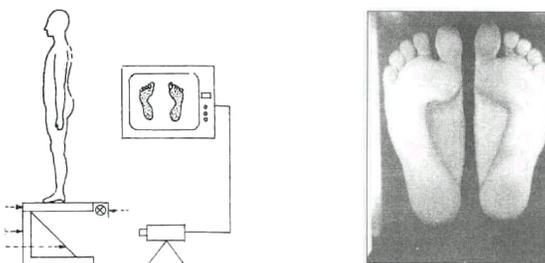
*Угол постановки V пальца.* Его определяем аналогично, как и угол альфа, но по внешней стороне края стопы (рис. 23, В).

*Угол постановки стопы.* Он характеризует особенности постановки стопы на опору Слензинський и Дембска (1977). Степень кривизны оценивается величиной отклонения пяточной кости от линии, проходящей через середину пятки с серединой ахиллесовой пяты (рис. 24).



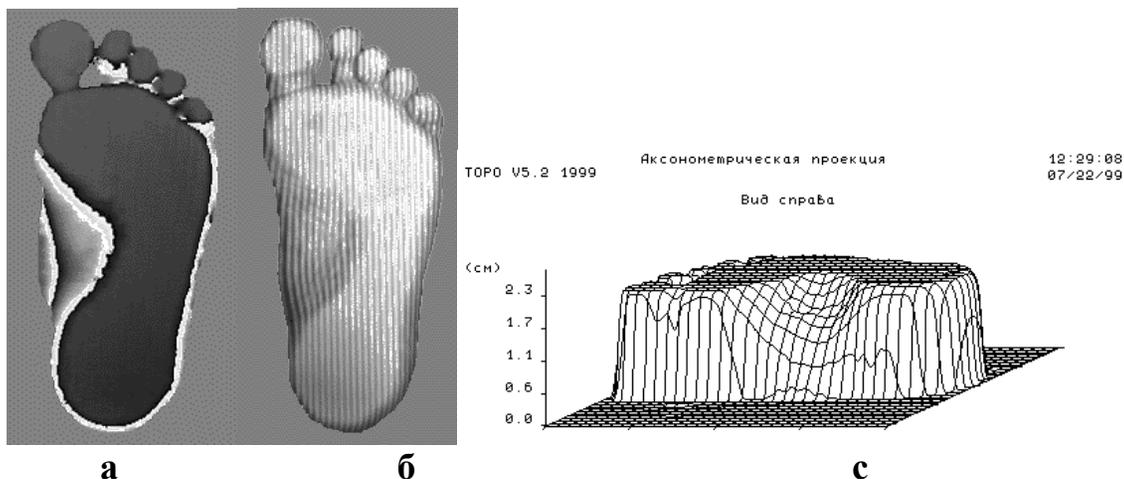
**Рис. 24** Угол постановки стопы

**Подоскопический метод** позволяет с помощью зеркал определить распределение давления на опорную поверхность стоп (рис. 25).



**Рис. 25** Подоскоп и подограмма

Для диагностики рессорной функции стоп может использоваться метод компьютерной оптической топографии, разработанный Пахомовым, Сарнадским (1999, рис. 26) С помощью специальной установки производят съемку подошвенной поверхности стопы, помещенной на опорную стеклянную пластину. Через эту пластину посредством зеркала, расположенного под углом  $45^\circ$ , производится проецирование системы полос и съемка подошвенной поверхности стопы ТВ-камерой, что позволяет получать детальную информацию о рельефе подошвенной поверхности и топографии подсводного пространства стопы.



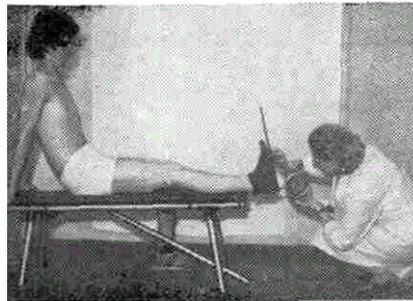
**Рис. 26** Метод компьютерной оптической топографии, **а**- снимок подошвенной поверхности стопы при топографическом исследовании; **б**- фаза спроецированных полос; **с**- цифровая модель подошвенной поверхности стопы

## Гониометрия

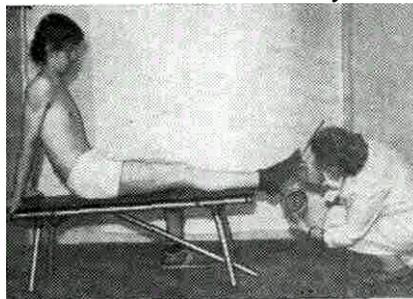
Помимо описанных методов, уплощенность стопы может быть определена и гониометрическим методом по углу наклона к опорной поверхности линии, соединяющей наиболее выступающие точки на медиальной поверхности ладьевидной кости и головки 1-й плюсневой кости. Чем меньше этот угол, тем больше уплощенность стопы (в норме угол равен  $20\text{—}22^\circ$ ).

Одним из наиболее доступных и распространенных методов изучения подвижности суставов стопы является метод, при котором используется специальный гониометр, позволяющий фиксировать амплитуду движений в изучаемых суставах [13].

**Тыльное и подошвенное сгибание стопы** изучается следующим образом. Неподвижная branша гониометра устанавливается на середине пяточной кости, а подвижная — в области головок плюсневых костей по средней линии подошвенной поверхности стопы (рис.27-28).



*Рис. 27 Измерение подвижности в голеностопном суставе при разгибании стопы*

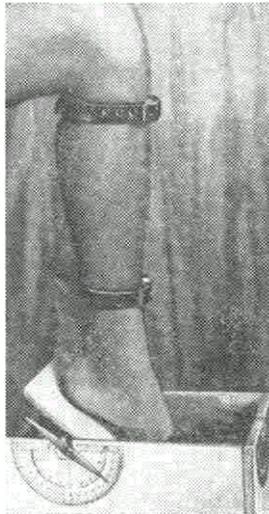


*Рис.28 Измерение подвижности в голеностопном суставе при сгибании стопы*

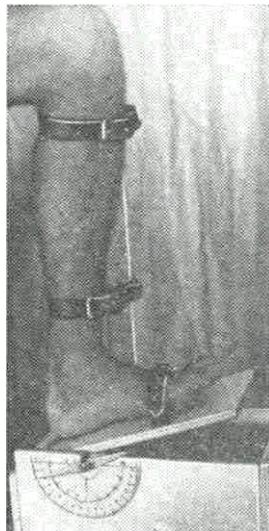
Максимальные значения подвижности в голеностопном суставе при тыльном и подошвенном сгибании стопы можно получить, когда нога согнута в коленном суставе и угол между голенью и бедром составляет  $90^\circ$ .

На рис. 29-30 изображено специальное устройство, представляющее собой опорную площадку для стопы, вращающуюся вокруг фронтальной оси. На одном из концов оси неподвижно прикреплена двусторонняя стрелка, по отклонению которой определяют угол наклона площадки и соответственно — угол сгибания или разгибания в голеностопном суставе. Голень испытуемого фиксируется двумя ремнями (проксимально и дистально); третий ремень фиксирует стопу в области головок плюсневых костей. Испытуемый выполняет активное и пассивное тыльное или

подошвенное сгибание стопы, которое регистрируется на шкале гониометра в градусах (рис.29-30).

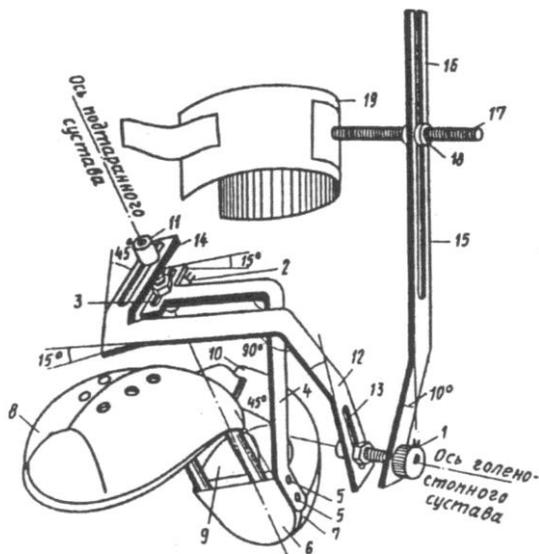


*Рис. 29* Измерение подвижности в голеностопном суставе при сгибании стопы



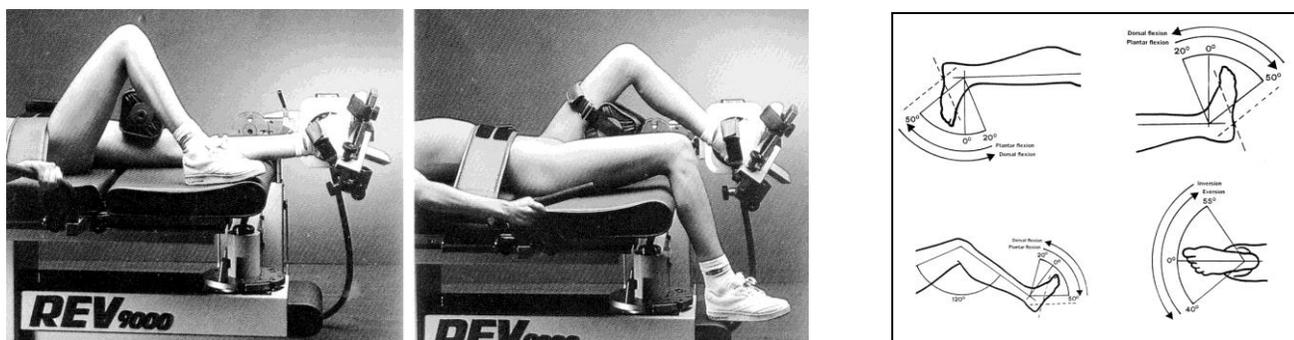
*Рис. 30* Измерение подвижности в голеностопном суставе при разгибании стопы

Скворцовым, Фишкиным (1989) для определения движений в голеностопном и таранно-пяточном суставах был сконструирован специальный электрогониометр (рис.31).



**Рис. 31** Гониометр для регистрации движений в голеностопном и таранно-пяточном суставах

Для анализа движений в суставах НК может использоваться диагностический комплекс «REV-9000» (рис. 32), позволяющий выполнять принудительное сгибание-разгибание сегментов нижней конечности с синхронным измерением суставных амплитуд и усилий (моментов сил, приложенных при этом к подвижным звеньям устройства), затрачиваемых на перемещение масс отдельных звеньев конечности.



**Рис. 32** Диагностический комплекс «REV 9000» и возможные виды регистрируемых движений

### Рентгенография

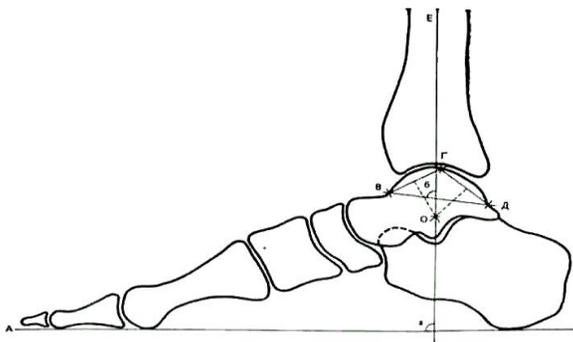
Для определения подвижности в голеностопном и предплюсневых суставах стопы, а также для определения объема движений в этих суставах используют рентгенограммы стопы в трех положениях с внутренней стороны:

- 1) под прямым углом голени к стопе (рис. 33);
- 2) в положении максимального пассивного перемещения голени вперед с перенесением на нее собственного веса тела (рис. 34);

3) в положении максимального пассивного перемещения голени назад под воздействием собственного веса тела при выпрямленной ноге (рис. 35).

Для расчета показателей подвижности на рентгенограммах необходимо нанести (см. рис. 33):

- линию опорной поверхности, проходящую через нижние края головки 1-й плюсневой и пяточной костей (**АБ**);
- линию, соединяющую передний и задний края суставной поверхности таранной кости (**ВД**);
- хорды сегмента суставной поверхности таранной кости (**ВГ** и **ГД**);



**Рис. 33** Рентгенограмма боковой проекции стопы в положении голени под прямым углом к стопе

точку **О** — точку пересечения перпендикуляров, восстановленных из центров хорд (геометрический центр блоковидного сустава);

вертикальную ось большеберцовой кости—линию **ЕО**, проведенную из середины поперечника диафиза больше-берцовой кости через точку **О** до пересечения с линией **АБ**.

При этом образуется два угла:

➤  $\angle \mathbf{б}$ , равный  $82^\circ$ , образованный линиями **ВД** и **ЕО**. Это положение голени относительно таранной кости (стоя на одной выпрямленной ноге);

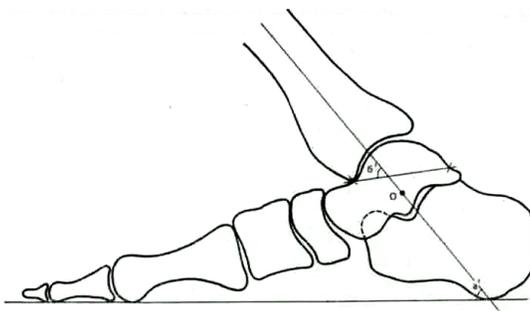
➤  $\angle \mathbf{а}$ , равный  $90^\circ$ , образованный линией **АБ** и продолжением линии **ЕО**. Это положение голени относительно поверхности опоры.

На рис. 34 представлена копия рентгенограммы стопы при максимальном пассивном перемещении голени вперед в голеностопном суставе с перенесением на нее веса тела. Все линии аналогичны тем, которые показаны на рис. 33.

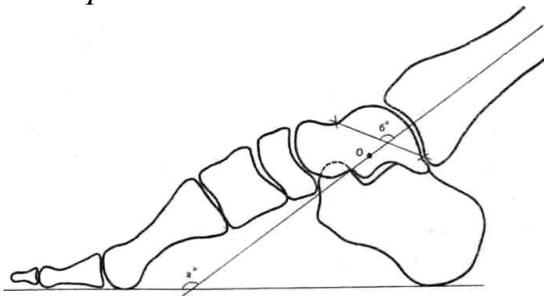
Показатель подвижности голени в этом случае определяется как разность между углами  $\mathbf{б}$  и  $\mathbf{б}'$ :  $\angle \mathbf{б} - \angle \mathbf{б}' = 82^\circ - 56^\circ = 26^\circ$ .

Показатель подвижности голени в голеностопном суставе при перемещении ее назад определяется как разность между углами  $\mathbf{б}_2$  и  $\mathbf{б}$  (см. рис. 33, 35):

$$\angle \mathbf{б}'' - \angle \mathbf{б} = 123^\circ - 82^\circ = 41^\circ.$$



**Рис. 34** Рентгенограмма боковой проекции стопы в положении максимального пассивного перемещения голени вперед под воздействием собственного веса тела



**Рис. 35** Рентгенограмма боковой проекции стопы в положении максимального пассивного перемещения голени назад под воздействием собственного веса тела при выпрямленной ноге

Показатель подвижности голени к опорной поверхности при перемещении голени вперед определяется как разность углов  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{a}_1$ :  $\angle \mathbf{a} - \angle \mathbf{a}' = 90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$ .

Показатель суммарной подвижности всех предплюсневых суставов при перемещении голени вперед определяется по следующей формуле:

$$(\angle \mathbf{a} - \angle \mathbf{a}') - (\angle \mathbf{b} - \angle \mathbf{b}'), \text{ т. е. } 40^\circ - 26^\circ = 14^\circ. \quad (8)$$

Показатель суммарной подвижности всех предплюсневых суставов при перемещении голени назад определяется по формуле:

$$(\mathbf{a}'' - \mathbf{a}) - (\mathbf{b}'' - \mathbf{b}); (144^\circ - 90^\circ) - (123^\circ - 82^\circ) = 13^\circ. \quad (9)$$

Пользуясь этими данными, можно определить:

- суммарную подвижность голени в голеностопном суставе:  $26^\circ + 41^\circ = 67^\circ$ ;
- суммарную подвижность голени относительно опорной поверхности:  $40^\circ + 54^\circ = 94^\circ$ ;
- суммарную подвижность всех предплюсневых суставов при тыльном и подошвенном сгибании стопы:  $94^\circ - 67^\circ = 27^\circ$  или  $14^\circ + 13^\circ = 27^\circ$ .

### Электротензодинамометрия

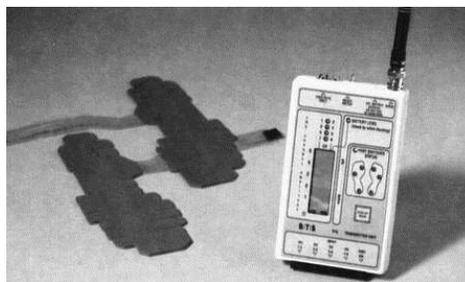
Методика тензодинамометрии позволяет определять опорные взаимодействия человека при естественных статолокомоторных актах и при выполнении специальных двигательных заданий.

В целях исследования распределения нагрузки на различные участки опорной поверхности стопы в разные фазы шага Якобсоном и др. (1959) была разработана вставляемая в ботинок электродинамографическая стелька толщиной 2 мм с 16 вмонтированными датчиками, (рис. 36).



*Рис. 36 Электродинамографическая стелька (Якобсон ,1959)*

В настоящее время в медицинской практике для определения эффективности процесса физической реабилитации используют разнообразные тензостельки фирмы BTS (рис. 37) и “F-SCAN” (рис. 38), опорные взаимодействия с которых регистрируются при помощи персональных компьютеров.



*Рис. 37 Тензодинамометрические стельки фирмы “BTS”*



*А*



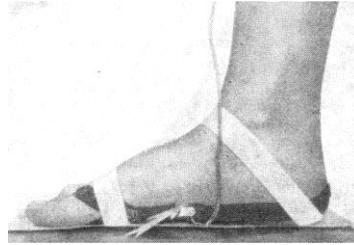
*Б*



*В*

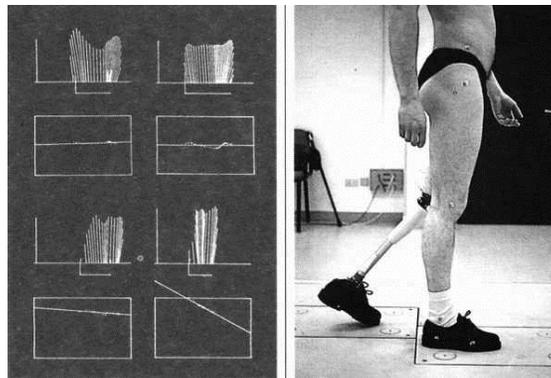
*Рис.38 А - Диагностический комплекс фирмы “F-SCAN”, Б — тензостелька  
В — тензограммы подошвы стопы*

Для измерения усилий растяжения продольного свода стопы может использоваться устройство, разработанное Филатовым (1980, рис. 39)



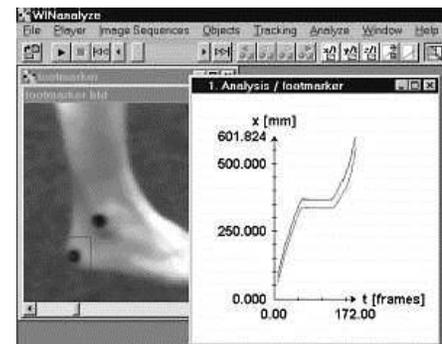
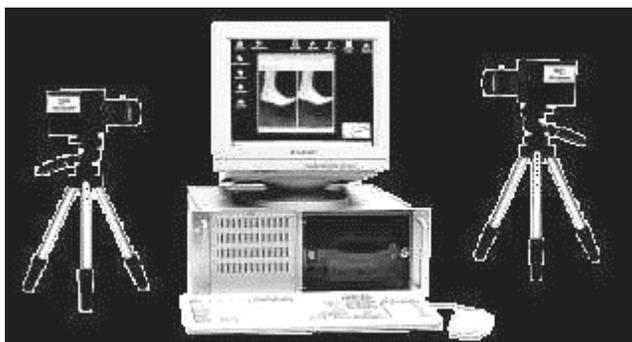
**Рис. 39** Устройство для измерения усилий растяжения продольного свода стопы

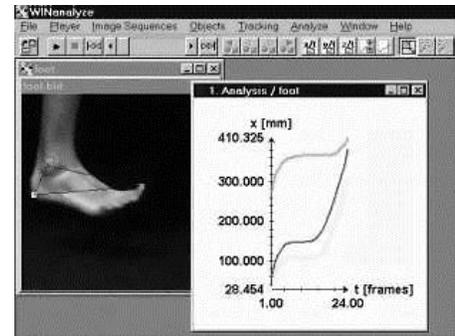
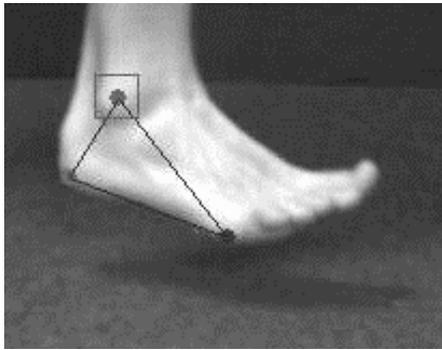
При изучении естественных локомоций человека, в частности, его опорных взаимодействий, в медицинской и педагогической практике используют тензодинамометрические платформы (рис. 40)



**Рис. 40** Тензодинамометрический комплекс фирмы “BTS”

Для пространственного анализа локомоторных движений человека фирма «Mikromak» предлагает использовать высокоскоростные видеокамеры и специальное программное обеспечение, позволяющее автоматически регистрировать и рассчитывать основные кинематические характеристики движения. Для этого используют специальный видеокомпьютерный комплекс – Mikrokat 60 (3D) (рис. 41)





*Рис. 41* Видеокомпьютерный комплекс фирмы «Mikromak» — Mikrokat 60 (3D),

### Методы функциональных исследований стопы

Ортопедическое исследование стопы, плантоконтурография, рентгенные снимки и т.п. помогают детальнее определить анатомическое строение стопы, вместе с тем функциональные исследования позволяют оценить и мышечные компоненты стопы (Бонк, 1965; Карский, 1980).

Для исследования мышц, сгибающих и разгибающих пальцы стопы, применяют метод, позволяющий примерно определить растягивание сгибателей стопы (рис. 42).



*Рис. 42* Способ исследования флексии пальцев

Эксперимент, оценивающий растяжение сгибателей стопы, состоит в выполнении неоднократных подъёмов на одной ноге вплоть до утомления. Для удержания равновесия исследуемый упирается кончиками пальцев ладони о стену, максимальное количество подъёмов записывают в анкете. Когда исследуемый не может повторить поднятия более чем 10-15 раз, это указывает на снижение функциональности мышц.

### Эксперимент, показывающий угол свода стопы

Это исследование определяет морфологический тип стопы ребёнка и характеризует её функциональное состояние. С этой целью проводят замеры различных углов плюсны, в состоянии покоя, максимального сгибания и разгибания. Испытуемый при этом лежит на спине или удобно сидит в кресле. Выполняя

движения максимального сгибания и разгибания подошвы в суставах плюсны, определяют угол свода находящийся между опорной осью стопы и плоскостью плюсны. Имея значения четырех углов, можно определить морфологический тип стопы:

**1. первый тип** – *изогнутая стопа*:

- угол свода в покое  $140^\circ (\pm 10^\circ)$ ;
- крайний изгиб плюсны  $140-145^\circ$ ;
- подошвенный изгиб плюсны  $140-130^\circ$ .

**2. второй тип** – *правильная стопа*:

- угол свода в покое  $150^\circ (\pm 10^\circ)$ ;
- крайний изгиб плюсны  $155^\circ (\pm 5^\circ)$ ;
- подошвенный изгиб плюсны  $140(\pm 5^\circ)$ .

**3. третий тип** – *правильная стопа, только сплюснутая в фазе отягощения*:

- угол свода в покое  $160^\circ (\pm 10^\circ)$ ;
- крайний изгиб плюсны  $130^\circ (\pm 10^\circ)$ ;
- подошвенный изгиб плюсны  $130^\circ(\pm 10^\circ)$ .

**4. четвертый тип** – *плоская стопа с ослабленным сводом*:

- угол свода в покое  $170^\circ (\pm 5^\circ)$ ;
- крайний изгиб плюсны  $180^\circ (\pm 5^\circ)$ ;
- подошвенный изгиб плюсны  $120^\circ(\pm 10^\circ)$ .

Эксперимент **подошвенного изгиба** пальцев определяет степень максимального подошвенного изгиба большого пальца стопы и пальцев в ПФ суставах (рис. 43).



**Рис. 43** Эксперимент с подошвенным изгибом пальцев а) *правильный*, б) *патологический*

## **ГЛАВА III**

### **МЕТОДИКА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОПОРНО-РЕССОРНЫХ СВОЙСТВ СТОПЫ ШКОЛЬНИКОВ**

Основы здоровья человека закладываются в детском возрасте, при этом младший школьный возраст является одним из важнейших этапов онтогенетического развития человека, поскольку именно в этом возрасте интенсивно развиваются двигательные навыки, закладывается фундамент для дальнейшего общего физического развития ребенка. В этом возрасте происходят значительные морфо-функциональные изменения — продолжает формироваться структура тканей, происходит интенсивный рост организма.

Как известно, нормальное функциональное и морфологическое развитие организма детей сопровождается процессом роста и тканевой дифференцировки большинства их органов и систем. Однако в ходе этого процесса различные структуры детского организма в большинстве случаев развиваются неравномерно. Акселерация физического развития проявляется как в основных морфологических, так и в функциональных признаках физиологической зрелости организма. В ряде случаев процесс развития детского организма находится под влиянием различных, в том числе и патологических, факторов, подвергаясь при этом определенным изменениям. К наиболее распространенным из них относят нарушения статолокомоторной функции стопы, которые со временем могут привести к серьезным изменениям во всем организме и стать причиной возникновения патологии в зрелом возрасте [10].

В младшем школьном возрасте, под действием различных факторов, дети испытывают недостаток двигательной активности, в связи с чем медицинские обследования выявляют значительное увеличение числа детей с нарушениями органов опоры и связанных с этим состоянием кардиореспираторной, нервно-мышечной и опорно-двигательных систем. Гипокинезия ведет к слабости мышечно-связочного аппарата, недостаточному развитию мускулатуры нижних конечностей, потере связками эластичности и прочности, что зачастую приводит к нарушению функций как самой стопы, так и всего опорно-двигательного аппарата в целом.

Младший школьный возраст характеризуется относительно равномерным развитием опорно-двигательного аппарата, но интенсивность роста отдельных размерных признаков его различна. Так, длина тела в этот период увеличивается в большей мере, чем его масса. Длина тела увеличивается преимущественно за счет увеличения длины нижних конечностей.

У младших школьников продолжается окостенение скелета, в частности, завершается окостенение фаланг пальцев. Суставы детей этого возраста очень подвижны, связочный аппарат эластичен, скелет содержит большое количество хрящевой ткани. В то же время постепенно фиксируются изгибы позвоночного столба: шейный и грудной – к 7 годам, поясничный – к 12 годам. А до 8-9 лет позвоночный столб сохраняет наибольшую подвижность.

В этом возрасте почти полностью завершается морфологическое развитие нервной системы, заканчивается рост и структурная дифференциация нервных клеток. Однако функционирование нервной системы по-прежнему характеризуется преобладанием процессов возбуждения.

Система кровообращения развивается в этом периоде достаточно равномерно. Темпы увеличения объема сердца невелики, а просвет сосудов более значителен.

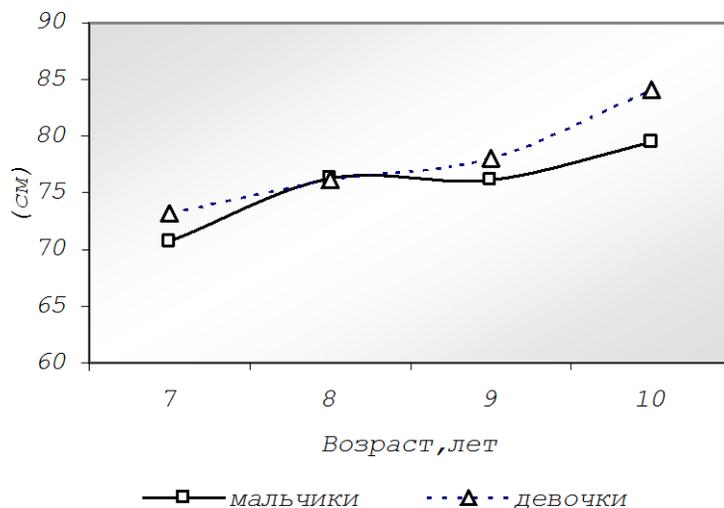
К концу периода младшего школьного возраста объем легких составляет половину объема легких взрослого. Это происходит вследствие роста объема альвеол. Частота дыхания (ЧД) снижается с 23 в 1 мин в 7-летнем возрасте до 18-20 в 1 мин. в 10-летнем. При этом увеличивается глубина дыхания. ЖЕЛ возрастает с 1200 мл в 7-летнем возрасте до 2000 мл в 10-летнем.

По данным многих исследователей, с 7 до 10 лет длина тела детей увеличивается в среднем на 5 см в год. В целом закономерности процесса роста едины в самых различных группах, и дети достигают определённого уровня дефинитивной величины тела примерно в одни и те же сроки.

Многие показатели, характеризующие уровень физического развития детей младшего школьного возраста, обнаруживают высокую индивидуальную изменчивость, обусловленную возрастом, этнической принадлежностью, наследственностью и влиянием внешней среды.

Распределение массы тела человека в пространстве является весьма важной биологической характеристикой его организма. Именно это определяет характер его энергетических взаимодействий с окружающей средой. Для того, чтобы измерить и объективно оценить такое распределение, определяют геометрию масс тела человека. Геометрия масс рассматривается сегодня как система биомеханических характеристик тела человека, включающая данные о месте расположения его ОЦМ, центров масс (ЦМ) биозвеньев, моментов инерции биозвеньев относительно их осей и плоскостей вращения, эллипсоидов, инерции и ряда других показателей.

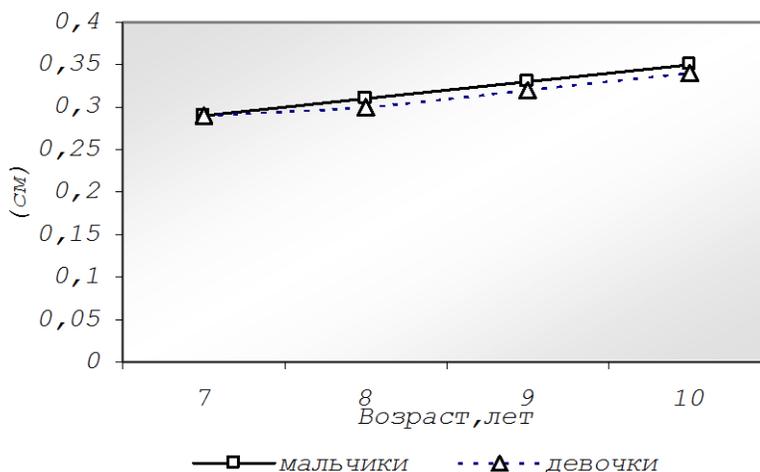
Проведенные исследования изменения геометрии масс тела детей позволяют проследить динамику формирования нижних конечностей и определить основные периоды их максимального роста. Установлено, что в младшем школьном возрасте заметно увеличивается длина нижних конечностей [23]. При этом как у мальчиков, так и у девочек наибольшая скорость удлинения нижних конечностей наблюдается в 9-10 лет. Максимальный прирост длины бедра у детей младшего школьного возраста приходится на период 10-11 лет. Длина голени увеличивается в период 7-9 лет, однако этот показатель у девочек менее выражен, чем у мальчиков того же возраста (рис. 44).



**Рис. 44** Динамика скорости роста длины нижних конечностей детей 7- 10 лет

Интенсивный рост стоп наблюдается у девочек после 7 лет, а у мальчиков — после 9 лет. Величина высоты внутреннего продольного свода стопы, постепенно увеличиваясь, достигает к 10 годам у мальчиков 33-37 мм, а у девочек — 30-34 мм, что свидетельствует об увеличении опорно-рессорных свойств стопы с возрастом (рис.45).

Рост обхватных размеров нижних конечностей детей 7-10 лет также отличается определенными закономерностями. Скорость роста обхвата бедра у мальчиков и девочек резко возрастает в период 9-10 лет. В то же время обхваты голени увеличиваются значительно медленнее. У мальчиков наибольший скачок наблюдается в 7-8 лет, у девочек — в 9-10 лет. Скорость роста стопы у мальчиков увеличивается к 8-9 , а у девочек — к 10 годам [23].



**Рис.45** Динамика изменения высоты свода стопы детей 7-10 лет

Данные, характеризующие изменение положения ЦМ бизвензев нижней конечности, свидетельствуют о том, что у всех детей с возрастом ЦМ каждого звена располагается на относительно большом расстоянии от его проксимального конца. В

этот возрастной период значительно увеличивается скорость перемещения ЦМ голени и бедра в их дистальном направлении. У девочек это увеличение происходит в 7-8 лет, а у мальчиков — в 8-9 лет. Все это свидетельствует об интенсивных процессах роста всей нижней конечности в этом возрасте.

В этот период в костях и скелетных мышцах детей много органических веществ и воды, а минеральных веществ значительно меньше. Кости могут легко деформироваться вследствие неправильных поз и чрезмерных нагрузок.

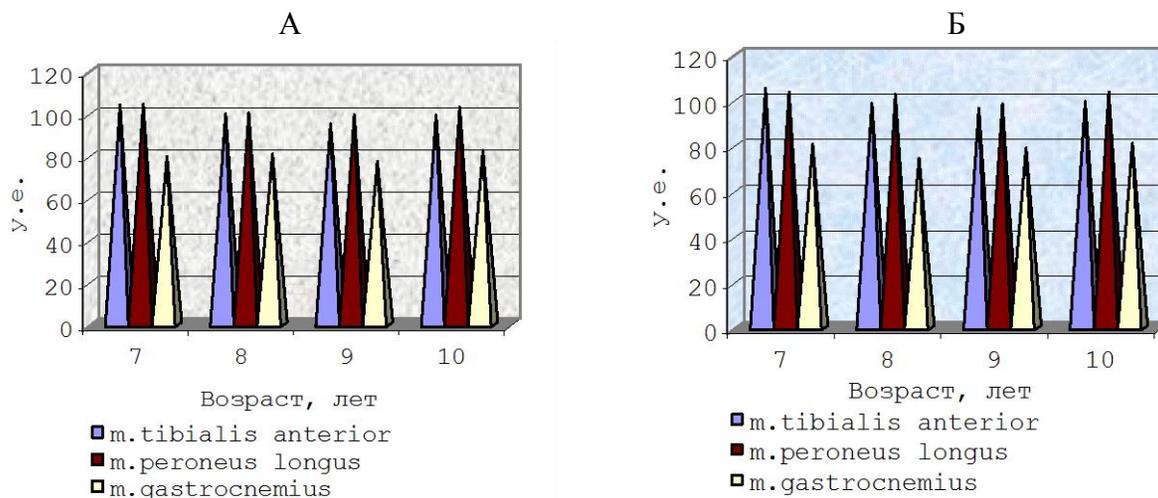
Растяжимость мышечно-связочного аппарата обеспечивает ребенку хорошую выраженную гибкость, но не может создать прочного «мышечного корсета» для сохранения нормального положения костей. В результате этого возможны деформации скелета, развитие асимметрии тела и конечностей, что приводит к возникновению плоскостопия.

Мышцы детей 7-10 лет имеют тонкие волокна и содержат в своем составе лишь небольшое количество белка и жира. При этом крупные мышцы конечностей развиты больше, чем мелкие. Иннервационный аппарат мышц уже достаточно развит, а в тех мышцах, которые испытывают большую гравитационную нагрузку, интенсивность изменений кровоснабжения и иннервации выражена больше.

Повышенный мышечный тонус и превышение силы мышц сгибателей над разгибателями затрудняют сохранение вертикальной позы детей. Отсутствие сильного «мышечного корсета» приводит к нарушениям осанки, искривлению позвоночника при систематическом положении ребенка в неправильных позах. Поэтому указанные особенности мышечной системы детей младшего школьного возраста требуют специального внимания к организации занятий физическими упражнениями.

Нашими исследованиями установлено, что в этом возрастном периоде у детей наблюдается сложная динамика изменения тонуса скелетных мышц нижних конечностей. В ходе эксперимента у каждого обследуемого измерялся тонус мышц, обеспечивающих удержание поперечного свода стопы (*m. tibialis anterior* - передняя большеберцовая мышца, *m. peroneus longus* - длинная малоберцовая мышца) и икроножной мышцы (*m. gastrocnemius*), участвующей в поддержании ортоградного положения тела.

Как показывают результаты исследования, с 7 до 9 лет происходит постепенное уменьшение тонуса всех обследуемых мышц, после чего этот показатель резко возрастает и уже к 10 годам достигает исходного уровня (рис. 46).



**Рис. 46** Динамика изменения тонуса передней большеберцовой, длинной малоберцовой и икроножной мышц детей 7-10 лет. А – мальчики, Б – девочки

При естественном развитии и совершенствовании двигательной функции человека в сложных современных условиях его биологического и социального взаимодействия с окружающей средой возникает необходимость постоянного контроля состояния его организма. Необходимость в таком контроле ощущается с еще большей остротой в тех условиях, когда организм человека подвергается каким-либо искусственным направленным воздействиям с целью реализации тех или иных социальных, биологических, физических или других программ совершенствования каких-либо его отдельных функций или тем более всей его системы в целом.

Исходя из вышесказанного, организация и проведение оздоровительных занятий с целью профилактики возможных нарушений стоп у детей школьного возраста должны проходить под систематическим контролем. Контроль является основным источником получения информации об управляемом объекте, о его состоянии после выполнения управляющих команд (канал обратной связи).

Согласно теории управления, требованиями к информации являются:

- ⊙ достаточная чистота потока информации, которая требует немедленных управляющих команд (срочная информация);
- ⊙ периодическое сопоставление фактического состояния объекта управления (периодическая информация) с заданными модельными характеристиками для внесения коррекции в программы воздействий;
- ⊙ достаточный объем информации, устранение избыточной информации, мешающей процессу управления;
- ⊙ количественный (цифровой) характер информации.

Целью контроля является обеспечение эффективного проведения всех мероприятий физического воспитания, рационального использования физических упражнений, сохранение здоровья занимающихся, нормальное развитие их двигательной функции во всех его проявлениях.

Объектами контроля могут быть: состояние двигательной функции человека до начала занятий, в процессе занятий, на различных этапах онтогенеза и др.

Задачи контроля формируются на основе декомпозиции его целей. Таким образом, в зависимости от конкретных целей контроля осуществляется и постановка его задач. Несмотря на возможное разнообразие частных задач контроля, все они, как правило, включают решение следующих общих проблем:

- ⊙ выбор стратегии и методологии контроля;
- ⊙ выбор методов и средств измерения объектов контроля;
- ⊙ анализ результата контроля;
- ⊙ оценка эффективности педагогического процесса по критериям состояния двигательной функции занимающихся;
- ⊙ разработка методических рекомендаций для педагогов и занимающихся.

Средства и методы контроля подбираются таким образом, чтобы они были адекватны целям, задачам измерений и в целом параметрам измеряемых. Это относится также и к техническим средствам измерения и контроля.

Для того, чтобы обеспечить объективность измерений, необходимо, чтобы в их методике были учтены ряд обстоятельств:

- измерять желательно прежде всего такие параметры организма, о которых заведомо известно, что именно от их изменения зависят те или иные конкретные его состояния;
- необходимо строго учитывать время измерений по отношению ко времени жизнедеятельности организма человека как целостной системы и ко временной периодичности и общей временной динамике состояния его отдельных подсистем;
- при проведении измерений необходимо учитывать диапазон нормальных вариаций количественных характеристик жизненно важных параметров организма, наблюдаемых у человека в естественных условиях;
- учитывать чрезвычайную сложность организма человека как биологической системы, использовать методы моделирования с известными ограничениями, допускающими проведение измерений параметров его состояния в лабораторных условиях;
- уровень технических средств и способов измерений должен быть адекватен тому или иному уровню измеряемых объектов, который они занимают в структуре системы организма человека. Исходя из вышеуказанных положений, которые позволяют рассматривать процесс физического воспитания как управляемую систему, логично выделение нескольких видов контроля: предварительный, оперативный и текущий.

Постановка задач предварительного контроля по определению исходного уровня возможностей и готовности индивидуума к занятиям физическими упражнениями трактуются следующими положениями:

- необходимостью организации занимающихся в относительно однородные группы по возрасту, функциональным возможностям, физической подготовленности, мотивам и т.д.;

- согласно индивидуальным особенностям занимающихся подбором, разработкой и конкретизацией программ физического воспитания.

Оперативный контроль предполагает оценку реакций организма занимающихся на физическую нагрузку в процессе занятий и последнего, а также коррекцию заданий, основываясь на информации, поступающей от занимающихся (обратная связь).

В процессе оперативного контроля предусматривается оценка таких показателей, как:

- поведенческих реакций занимающихся на управляющие команды преподавателя;

- техники выполнения упражнений;

- адекватности выбранной программы поставленным задачам занятия.

Для получения этой информации используют субъективные и объективные критерии контроля.

К субъективным критериям, свидетельствующим о достижении предельно - допустимой нагрузки, относят: покраснение или побледнение кожных покровов, одышку, боль и чувство тяжести в области затылка, шум в ушах и т.д.

К объективным критериям относят параметры морфофункционального состояния, физической работоспособности и подготовленности.

Назначение текущего контроля заключается в том, чтобы интегрально целостно оценить системы занятий в рамках завершеного цикла контролируемого процесса, сверить намеченное и реализованное в цикле, получить информацию, необходимую для правильной общей ориентации последующих действий. Он проводится через 2, 4, 6 и более месяцев занятий.

Операции текущего контроля включают:

- анализ данных оперативного контроля, которые накоплены в течение цикла занятий и отражают параметры контролируемого процесса;

- тестирование показателей, свидетельствующих о состоянии занимающихся, уровней их тренированности по истечении определенного цикла занятий;

- сопоставление с результатами предварительного контроля в начале занятий или тестированием в конце предыдущего цикла, определение динамики результатов;

- заключение об эффективности программы занятий в течение цикла;

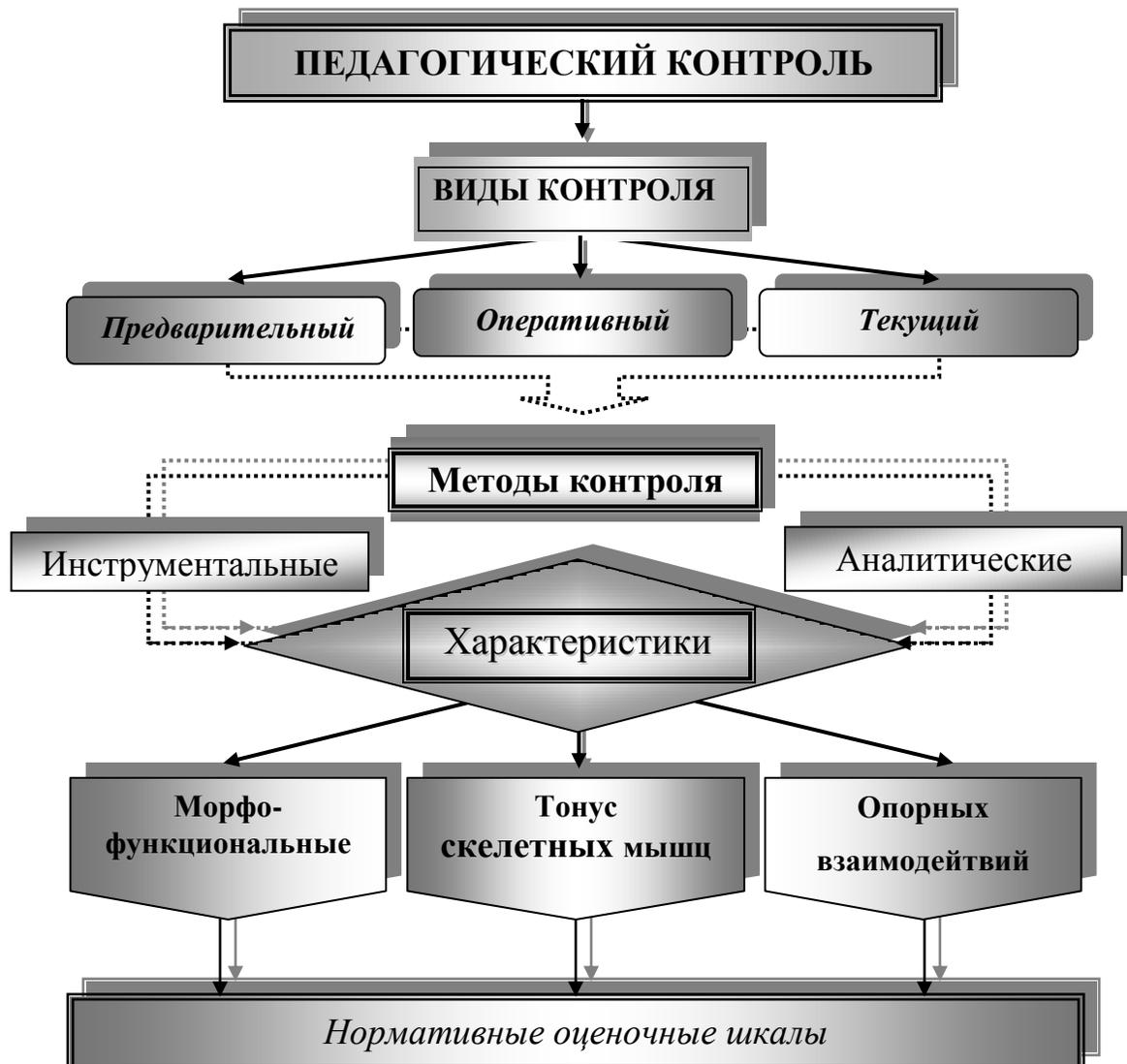
- принятие решения о коррекции программ в новом цикле занятий.

В зависимости от применяемых средств и методов контроль может носить педагогический, социально-психологический, медико-биологический, биомеханический и комплексный характер.

В процессе разработки технологии педагогического контроля мы исходили из классификации его видов и методов в физическом воспитании и спорте, а также

разнообразных характеристик, позволяющих выявить предрасположенность организма школьников к нарушению опорно-рессорной функции стопы.

Педагогический контроль опорно-рессорной функции стопы школьников в процессе физического воспитания рекомендуется проводить согласно разработанной блок-схеме [21], (рис. 47).



**Рис. 47** Технология педагогического контроля двигательной функции стопы школьников

Для диагностики и оценки опорно-рессорных свойств стопы детей младшего школьного возраста независимо от вида контроля используются инструментальные и аналитические методы исследования. Инструментальные методы включают методику видео-компьютерного анализа, миотонометрии и стабิโลграфии. Аналитические предполагают использование линейных уравнений множественной регрессии для определения тонуса мышц нижних конечностей школьников.

Каждый из видов контроля может включать три этапа: предварительный, основной и заключительный. Подготовительный этап предполагает использование

специальных двигательных тестов и антропометрических методов исследования для определения длины, ширины, высоты свода стопы и т.п. Основной этап посвящен измерению показателей с использованием технических средств и специального инструментария (стабилографа, мионометра, видеорегистрации). Заключительный этап предполагает использование аналитических методов, таких, как уравнения регрессии, а также проведение анализа полученных результатов, на основании которого учитель может делать выводы о состоянии опорно-двигательного аппарата школьников.

Регистрируемые показатели делятся на три группы: морфо-функциональные характеристики, упруго-вязкие свойства скелетных мышц и показатели опорных взаимодействий. К первым относятся показатели геометрии масс тела, характеризующие возрастные изменения размеров костно-мышечного аппарата нижней конечности. Вторая группа включает характеристики тонуса скелетных мышц, участвующих в поддержании сводов стопы и определяющих специфику двигательной функции нижних конечностей в формировании ортоградной позы тела человека. К третьей группе относятся амплитудно-частотные характеристики ОЦМ тела школьников.

При исследовании геометрии масс нижних конечностей детей проводят измерение ряда антропометрических показателей. Регистрируют длину бедра, голени, стопы и всей нижней конечности обследуемого, определяют обхватные размеры изучаемых биозвеньев и локализацию их ЦМ. Замеры проводят на обеих конечностях с учетом возраста и пола обследуемых.

Процесс формирования двигательной функции нижних конечностей детей объективно отражают показатели упруговязких свойств их скелетных мышц. Для определения тонуса мышц рекомендуется использовать пружинный мионометр «Сирмай» (рис. 48). А при отсутствии мионометра для определения тонуса мышц нижней конечности мальчиков и девочек 7 – 10 лет, может использоваться аналитический метод, с разработанными уравнениями линейной регрессии вида:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 \dots a_n x_n, \quad (10)$$

где:  $\hat{Y}$  - значение тонуса исследуемой мышцы;  $a_0, a_1, a_2$  – коэффициенты уравнения линейной регрессии, которые оценивались методом наименьших квадратов;  $x, y$  – наблюдаемые значения. Для определения тонуса передней большеберцовой мышцы мальчиков 7 лет используется уравнение:

$$\hat{Y} = 2,474234 + 6,982383x_1 + 0,437531x_2 + 1,19144x_3,$$

где  $x_1$  — ширина стопы,  $x_2$ , — длина голени,  $x_3$  — длина стопы. Таким образом, при  $x_1 = 7$ ,  $x_2 = 33$ ,  $x_3 = 22$ , тонус исследуемой мышцы будет равен:

$$\hat{Y} = 2,474234 + 6,982383*7 + 0,437531*33 + 1,19144*22 = 92,00111 \text{ у.е.}$$

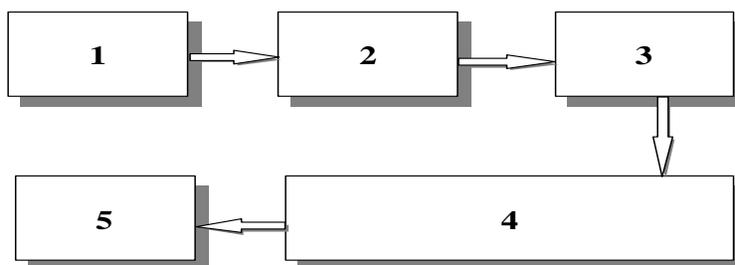
Контроль и оценку показателей тонуса скелетных мышц НК детей можно проводить с использованием разработанных нормативных оценочных шкал (табл. 4 -6).



**Рис. 48** Миотонومتر «Сирмай»

При контроле опорных взаимодействий школьников можно использовать методику стабیلорафии. Метод предназначен для регистрации и измерения амплитудно-частотных характеристик положения ОЦМ относительно фронтальной, сагитальной осей.

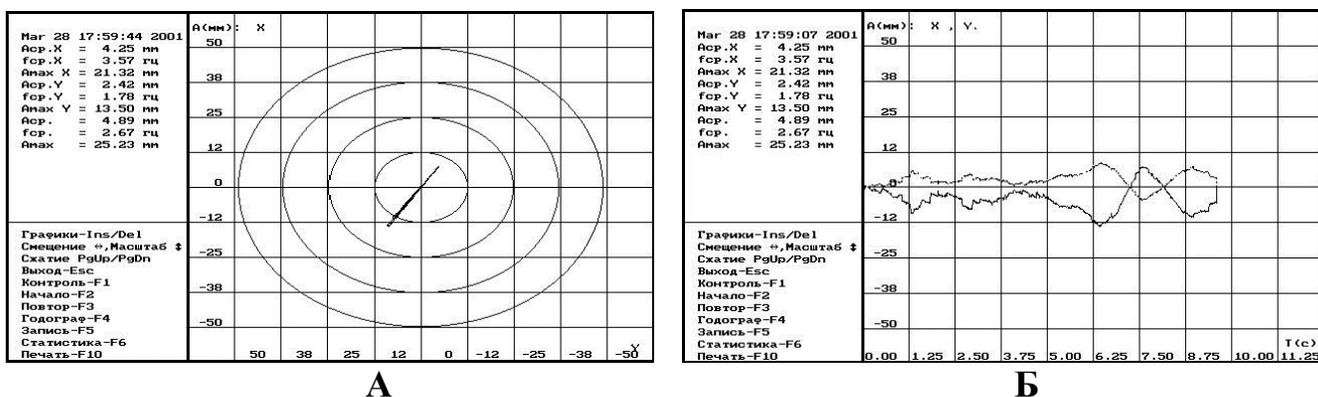
Основой аппаратно-программного комплекса является ПЭВМ типа IBM PC XT/AT, в корпусе которой устанавливается плата универсального преобразования электрических сигналов СЕТУ – 10. К входу платы СЕТУ подключена через усилитель электрических сигналов БВП-2 электротензодинамометрическая платформа ПД – 3А. (рис. 49). Сигналы от датчиков электротензодинамометрической платформы вводятся через блок ввода информации в персональный компьютер и обрабатываются по специальной программе.



**Рис. 49** Блок-схема устройства регистрации опорных реакций  
(1 – тензоплатформа ПД – 3А; 2 – Блок вторичного преобразования БВП-2; 3 – плата преобразования электрических сигналов; 4 – компьютер с программным обеспечением; 5 – принтер)

В процессе исследований испытуемый выполняет тестовое упражнение, стоя на электротензодинамометрической платформе.

При этом регистрируются колебания тела в двух плоскостях — сагиттальной и фронтальной, а по стабิโลграммам анализируется период, амплитуда и частота колебаний тела в обеих плоскостях (рис. 50).



**Рис.50** Распечатка с экрана компьютера. А — типичная годограмма колебаний ОЦМ тела испытуемого Г-ка, 7 лет, в горизонтальной плоскости (XOY), Б — типичная стабิโลграмма колебаний ОЦМ тела того же испытуемого во фронтальной (ZOX) и в сагиттальной (ZOY) плоскостях, во время стояния, где А-амплитуда (мм), Т- время (с)

Контроль вертикальной устойчивости тела школьников можно проводить с использованием разработанных нормативных оценочных шкал (табл. 8 -11).

Таблица 4.  
Показатели тонуса ягодичной мышцы мальчиков и девочек 7 – 10 лет

Возраст, лет	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Мальчики							
7	меньше 51,71	51,72 - 55,23	55,24 - 56,99	57,00 - 60,51	60,52 - 62,27	62,28 - 65,79	больше 65,79
8	меньше 57,15	57,16 - 59,93	59,94 - 61,31	61,32 - 64,09	64,10 - 65,47	65,48 - 68,25	больше 68,25
9	меньше 63,79	63,80 - 67,90	67,91 - 69,95	69,96 - 74,05	74,06 - 76,10	76,11 - 80,21	больше 80,21
10	меньше 55,75	55,76 - 58,72	58,73 - 60,21	60,22 - 63,19	63,20 - 64,68	64,69 - 67,65	больше 67,65
Девочки							
7	меньше 49,12	49,13 - 51,44	51,45 - 52,59	52,60 - 54,91	54,92 - 56,06	56,07 - 58,38	больше 58,38
8	меньше 59,16	59,17 - 63,08	63,09 - 65,04	65,05 - 68,96	68,97 - 70,92	70,93 - 74,84	больше 74,84
9	меньше 63,65	63,66 - 66,90	66,91 - 68,53	68,54 - 71,77	71,78 - 73,40	73,41 - 76,65	больше 76,65
10	меньше 49,07	49,08 - 52,33	52,34 - 53,97	53,98 - 57,23	57,24 - 58,87	58,88 - 62,13	больше 62,13

Таблица 5.  
Показатели тонуса передней большеберцовой мышцы мальчиков и девочек 7 – 10 лет

Возраст, лет	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Мальчики							
7	меньше 88,05	88,06 - 96,12	96,13 - 100,16	100,17 - 108,24	108,25 - 112,28	112,29 - 120,35	больше 120,35
8	меньше 82,71	82,72 - 90,96	90,97 - 95,08	95,09 - 103,32	103,33 - 107,44	107,45 - 115,69	больше 115,69
9	меньше 84,84	84,85 - 91,47	91,48 - 94,78	94,79 - 101,42	101,43 - 104,73	104,74 - 111,36	больше 111,36
10	меньше 84,28	84,29 - 92,17	92,18 - 96,11	96,12 - 103,99	104,00 - 107,93	107,94 - 115,82	больше 115,82
Девочки							
7	меньше 100,15	100,16 - 104,58	104,59 - 106,79	106,80 - 111,21	111,22 - 113,42	113,43 - 117,85	больше 117,85
8	меньше 85,86	85,87 - 92,15	92,16 - 95,30	95,31 - 101,60	101,61 - 104,75	104,76 - 111,04	больше 111,04
9	меньше 83,59	83,60 - 89,60	89,61 - 92,60	92,61 - 98,60	98,61 - 101,60	101,61 - 107,61	больше 107,61
10	меньше 97,33	97,34 - 101,92	101,93 - 104,21	104,22 - 108,79	108,80 - 111,08	111,09 - 115,67	больше 115,67

Таблица 6.

Показатели тонуса длинной малоберцовой мышцы мальчиков и девочек 7 – 10 лет

Возраст, лет	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Мальчики							
7	меньше 92,91	92,92 - 98,43	98,44 - 101,19	101,20 - 106,71	106,72 - 109,47	109,48 - 114,99	больше 114,99
8	меньше 94,59	94,60 - 98,45	98,46 - 100,37	100,38 - 104,23	104,24 - 106,15	106,16 - 110,01	больше 110,01
9	меньше 94,48	94,49 - 98,22	98,23 - 100,08	100,09 - 103,82	103,83 - 105,68	105,69 - 109,42	больше 109,42
10	меньше 93,79	93,80 - 98,62	98,63 - 101,04	101,05 - 105,86	105,87 - 108,28	108,29 - 113,11	больше 113,11
Девочки							
7	меньше 97,23	97,24 - 102,07	102,08 - 104,48	104,49 - 109,32	109,33 - 111,73	111,74 - 116,57	больше 116,57
8	меньше 95,31	95,32 - 99,76	99,77 - 101,98	101,99 - 106,42	106,43 - 108,64	108,65 - 113,09	больше 113,09
9	меньше 88,19	88,20 - 92,82	92,83 - 95,14	95,15 - 99,76	99,77 - 102,08	102,09 - 106,71	больше 106,71
10	меньше 95,92	95,93 - 99,86	99,87 - 101,83	101,84 - 105,77	105,78 - 107,74	107,75 - 111,68	больше 111,68

Таблица 7.

Показатели тонуса икроножной мышцы мальчиков и девочек 7 – 10 лет

Возраст, лет	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Мальчики							
7	меньше 76,73	76,74 - 78,42	78,43 - 79,26	79,27 - 80,94	80,95 - 81,78	81,79 - 83,47	больше 83,47
8	меньше 78,33	78,34 - 84,76	84,77 - 87,98	87,99 - 94,42	94,43 - 97,64	97,65 - 104,07	больше 104,07
9	меньше 61,42	61,43 - 68,21	68,22 - 71,60	71,61 - 78,40	78,41 - 81,79	81,80 - 88,58	больше 88,58
10	меньше 83,68	83,69 - 86,89	86,90 - 88,49	88,50 - 91,71	91,72 - 93,31	93,32 - 96,52	больше 96,52
Девочки							
7	меньше 87,33	87,34 - 88,86	88,87 - 89,63	89,64 - 91,17	91,18 - 91,94	91,95 - 93,47	больше 93,47
8	меньше 70,66	70,67 - 80,93	80,94 - 86,07	86,08 - 96,33	96,34 - 101,47	101,48 - 111,74	больше 111,74
9	меньше 82,84	82,85 - 85,95	85,96 - 87,50	87,51 - 90,60	90,61 - 92,15	92,16 - 95,26	больше 95,26
10	меньше 87,69	87,70 - 89,35	89,36 - 90,17	90,18 - 91,83	91,84 - 92,65	92,66 - 94,31	больше 94,31

Таблица. 8

Сравнительные нормы оценок амплитудно-частотных характеристик мальчиков 7-10 лет (фронтальная плоскость)

Возраст, лет	Показатель	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
7	Аср (мм)	больше 10.37	9.30 - 10.37	8.77 - 9.29	7.69 - 8.76	7.16 - 7.68	6.08 - 7.15	меньше 6.07
8	Аср (мм)	больше 10.40	9.52 - 10.40	9.08 - 9.51	8.19 - 9.07	7.74 - 8.18	6.85 - 7.73	меньше 6.84
9	Аср (мм)	больше 8.91	8.06 - 8.91	7.63 - 8.05	6.77 - 7.62	6.34 - 6.76	5.48 - 6.33	меньше 5.47
10	Аср (мм)	больше 9.15	8.03 - 9.15	7.47 - 8.02	6.34 - 7.46	5.77 - 6.33	4.64 - 5.76	меньше 4.63
7	fcp (Гц)	меньше 1.22	1.23 - 2.26	2.27 - 2.78	2.79 - 3.82	3.83 - 4.34	4.35 - 5.38	больше 5.38
8	fcp (Гц)	меньше 1.00	1.01 - 2.18	2.19 - 2.77	2.78 - 3.95	3.96 - 4.54	4.55 - 5.72	больше 5.72
9	fcp (Гц)	меньше 1.90	1.91 - 2.64	2.65 - 3.01	3.02 - 3.75	3.76 - 4.12	4.13 - 4.86	больше 4.86
10	fcp (Гц)	меньше 1.62	1.63 - 2.57	2.58 - 3.05	3.06 - 4.00	4.01 - 4.47	4.48 - 5.42	больше 5.42

Таблица. 9

Сравнительные нормы оценок амплитудно-частотных характеристик мальчиков 7-10 лет (сагиттальная плоскость)

Возраст, лет	Показатель	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
7	Аср (мм)	больше 14.16	13.26 - 14.16	12.81 - 13.25	11.90 - 12.80	11.44 - 11.89	10.53 - 11.43	меньше 10.52
8	Аср (мм)	больше 13.94	13.08 - 13.94	12.65 - 13.07	11.78 - 12.64	11.34 - 11.77	10.47 - 11.33	меньше 10.46
9	Аср (мм)	больше 12.82	12.11 - 12.82	11.75 - 12.10	11.03 - 11.74	10.67 - 11.02	9.95 - 10.66	меньше 9.94
10	Аср (мм)	больше 13.51	12.35 - 13.51	11.77 - 12.34	10.60 - 11.76	10.01 - 10.59	8.84 - 10.00	меньше 8.83
7	fcp (Гц)	меньше 1.90	1.91 - 2.65	2.66 - 3.03	3.04 - 3.78	3.79 - 4.15	4.16 - 4.90	больше 4.90
8	fcp (Гц)	меньше 1.82	1.83 - 2.63	2.64 - 3.04	3.05 - 3.85	3.86 - 4.25	4.26 - 5.06	больше 5.06
9	fcp (Гц)	меньше 1.68	1.69 - 2.58	2.59 - 3.03	3.04 - 3.93	3.94 - 4.38	4.39 - 5.28	больше 5.28
10	fcp (Гц)	меньше 1.57	1.58 - 2.54	2.55 - 3.03	3.04 - 4.00	4.01 - 4.48	4.49 - 5.45	больше 5.45

Таблица. 10

Сравнительные нормы оценок амплитудно-частотных характеристик девочек 7-10 лет (фронтальная плоскость)

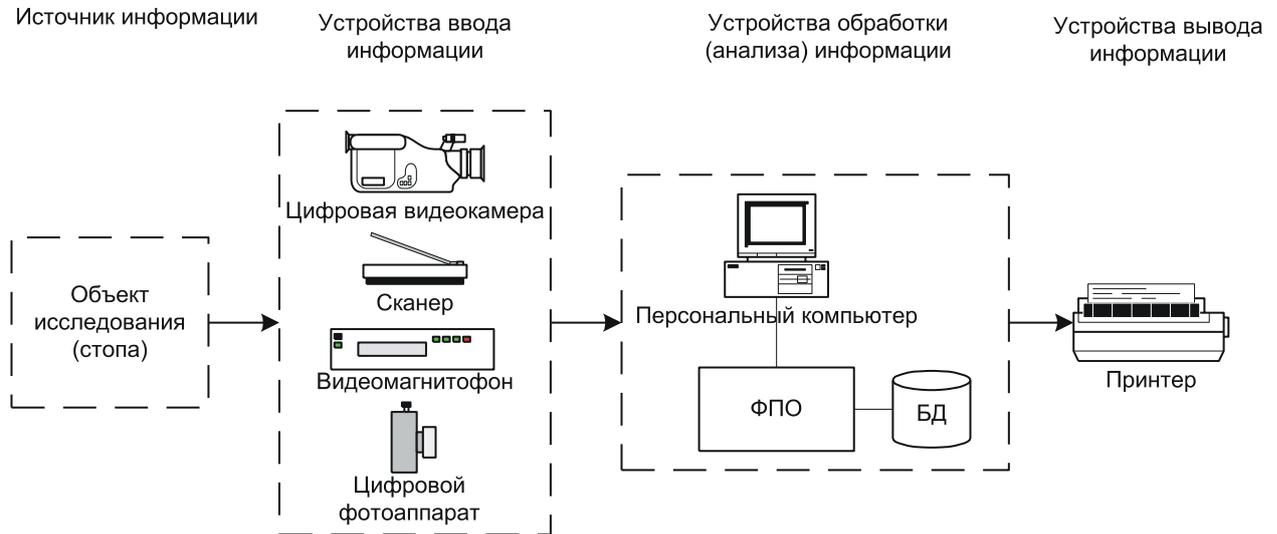
Возраст, лет	Показатель	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
7	Аср (мм)	больше 9.32	9.04 - 9.32	8.90 - 9.03	8.61 - 8.89	8.46 - 8.60	8.17 - 8.45	меньше 8.16
8	Аср (мм)	больше 9.64	9.23 - 9.64	9.02 - 9.22	8.60 - 9.01	8.39 - 8.59	7.97 - 8.38	меньше 7.96
9	Аср (мм)	больше 8.40	7.81 - 8.40	7.51 - 7.80	6.91 - 7.50	6.61 - 6.90	6.01 - 6.60	меньше 6.00
10	Аср (мм)	больше 8.60	7.58 - 8.60	7.07 - 7.57	6.04 - 7.06	5.52 - 6.03	4.49 - 5.51	меньше 4.48
7	fcp (Гц)	меньше 2.81	2.82 - 3.10	3.11 - 3.25	3.26 - 3.54	3.55 - 3.68	3.69 - 3.97	больше 3.97
8	fcp (Гц)	меньше 3.07	3.08 - 3.24	3.25 - 3.33	3.34 - 3.50	3.51 - 3.58	3.59 - 3.75	больше 3.75
9	fcp (Гц)	меньше 2.07	2.08 - 2.76	2.77 - 3.11	3.12 - 3.80	3.81 - 4.14	4.15 - 4.83	больше 4.83
10	fcp (Гц)	меньше 1.75	1.76 - 2.61	2.62 - 3.04	3.05 - 3.90	3.91 - 4.33	4.34 - 5.19	больше 5.19

Таблица. 11

Сравнительные нормы оценок амплитудно-частотных характеристик девочек 7-10 лет (сагиттальная плоскость)

Возраст, лет	Показатель	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
7	Аср (мм)	больше 16.66	15.23 - 16.66	14.51 - 15.22	13.07 - 14.50	12.35 - 13.06	10.91 - 12.34	меньше 10.90
8	Аср (мм)	больше 14.79	13.88 - 14.79	13.42 - 13.87	12.50 - 13.41	12.04 - 12.49	11.12 - 12.03	меньше 11.11
9	Аср (мм)	больше 14.51	13.04 - 14.51	12.30 - 13.03	10.82 - 12.29	10.08 - 10.81	8.60 - 10.07	меньше 8.59
10	Аср (мм)	больше 14.02	12.46 - 14.02	11.68 - 12.45	10.11 - 11.67	9.32 - 10.10	7.75 - 9.31	меньше 7.74
7	fcp (Гц)	меньше 1.58	1.59 - 2.51	2.52 - 2.98	2.99 - 3.91	3.92 - 4.37	4.38 - 5.30	больше 5.30
8	fcp (Гц)	меньше 1.61	1.62 - 2.55	2.56 - 3.02	3.03 - 3.96	3.97 - 4.43	4.44 - 5.37	больше 5.37
9	fcp (Гц)	меньше 1.53	1.54 - 2.52	2.53 - 3.02	3.03 - 4.01	4.02 - 4.50	4.51 - 5.49	больше 5.49
10	fcp (Гц)	меньше 1.82	1.83 - 2.69	2.70 - 3.13	3.14 - 4.00	4.01 - 4.43	4.44 - 5.30	больше 5.30

Измерение и оценку стопы рекомендуется осуществлять с помощью разработанной нами методики видеокомпьютерного анализа стопы с применением специального программного обеспечения — программы «Bigfoot» [11, 22], для этого предлагается использовать видеокомпьютерный аппаратно-программный комплекс (ВАПК) (рис. 51).



**Рис. 51** Блок-схема видеокомпьютерного комплекса: цифровая видеокамера JVC GR - DVL 45, персональный компьютер (ПК) под управлением ОСМС WINDOWS 98/2000/HP; функциональное программное обеспечение (ФПО); база данных (БД); сканер PRIMAX Colorado USB 19200; принтер HP LaserJet 1100

При этом видео или фотосъемка стопы должна выполняться с учетом всех метрологических требований, позволяющих свести к минимуму систематические и случайные погрешности, возникающие вследствие специфических свойств оптики, правильного масштабирования плоскости съемки с целью последующего определения реальных координат исследуемых точек.

Автоматизированная обработка видеogramм стопы человека осуществляется с помощью разработанной программы «Bigfoot» [11].

Алгоритм работы включает четыре этапа:

- 1) управление базой данных учетных записей объектов исследования (рис. 51 А);
- 2) оцифровка основных антропометрических точек по видеogramме, в качестве параметров оцифровки программа «Bigfoot» использует координаты 11 антропометрических точек стопы в сагиттальной плоскости (рис. 51 Б);
- 3) статистический анализ полученных результатов (рис. 51 В);
- 4) визуализация полученных результатов и формирование отчетов для печати (рис. 51 Г).

Основными входными данными для программы являются графические файлы в стандартных форматах BMP и JPG. Операционная среда, в которой работает программа, позволяет получить эти файлы либо непосредственно с жесткого диска локального компьютера, либо с периферийного устройства типа

сканер (цифровой фотоаппарат, видеочка), либо с удаленного компьютера, используя локальную компьютерную сеть, электронную почту или Интернет.

Программа автоматически рассчитывает и представляет в файле отчета следующие параметры: длина стопы; максимальная высота свода стопы; подъем стопы; угол  $\alpha$  (плюсневый) — угол между линией опорной части свода стопы ( $l$ ) и прямой соединяющей головку 1-й плюсневой кости с точкой максимальной высоты свода; угол  $\beta$  (пяточный) — угол между линией опорной части свода стопы ( $l$ ) и прямой, соединяющей опорную точку бугра пяточной кости с максимальной высотой свода и др. углы [21].

Комплексное использование различных видов контроля дает возможность проследить динамику изучаемого процесса, а применение аналитического и инструментальных методов обеспечивает достаточную информационную базу.

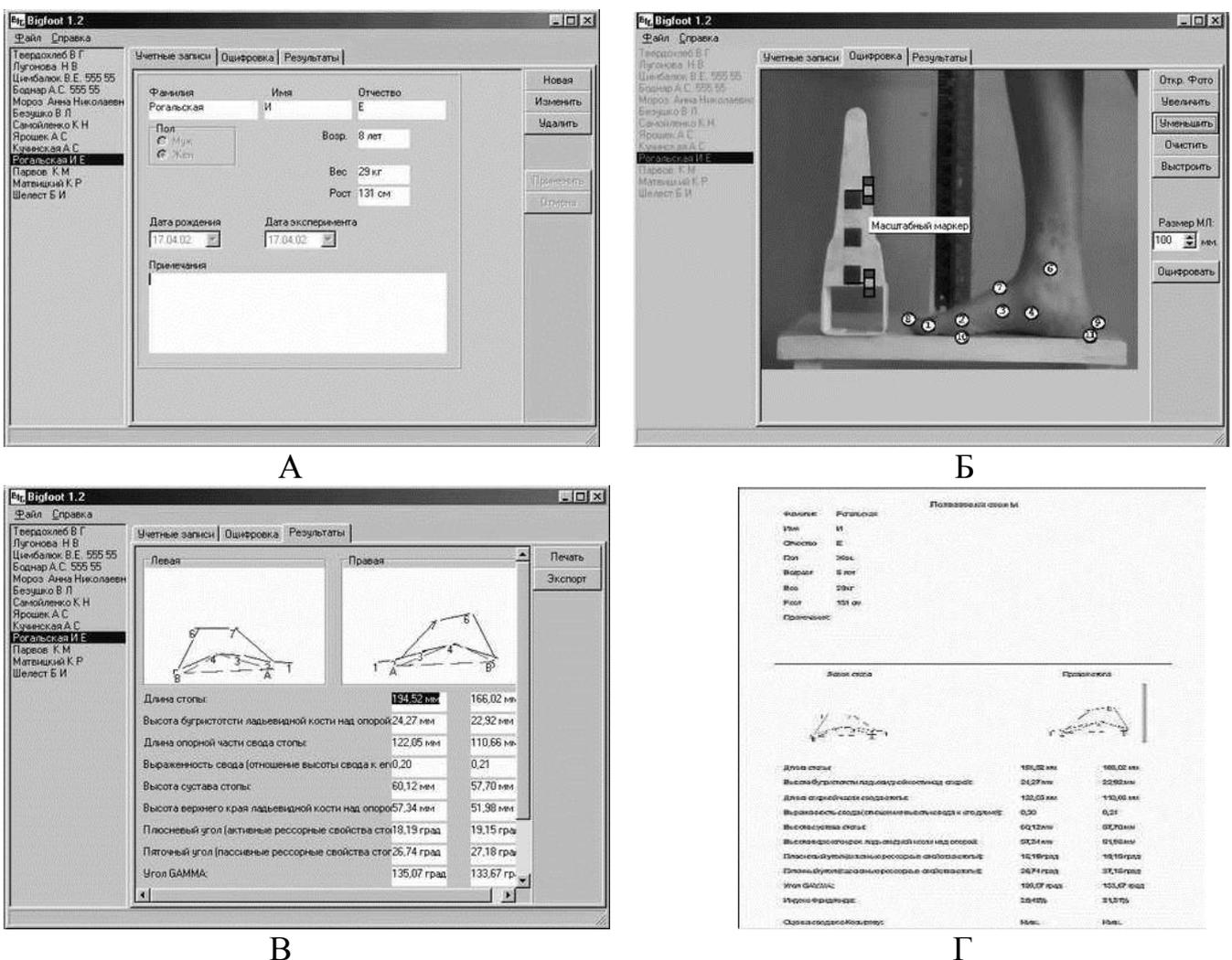


Рис. 51 Работа программы «Bigfoot» [11]

Контроль опорно-рессорной функции стопы следует проводить уже на первых занятиях физической культурой, начиная с 1-го класса [23]. Это позволит как можно раньше выявить возможные нарушения и на основе полученных результатов внести необходимые изменения в учебный процесс.

Для получения объективных данных и анализа динамики возможных изменений целесообразно проводить несколько наблюдений на протяжении учебного года. Так, предварительный контроль опорно-рессорной функции стопы учащихся рекомендуется проводить в начале первой четверти. В этом случае учитель сразу же получает важную информацию, что позволяет при необходимости своевременно обратиться к врачу.

Одной из задач этого контроля является выявление возможных нарушений и определение основных анатомо-морфологических характеристик стопы и тонуса мышц нижних конечностей школьников.

Оперативный контроль позволяет получить необходимую информацию об объекте на любом этапе процесса обучения, и выявить особенности усвоения учащимися разных видов учебного материала.

Текущий контроль рекомендуется проводить в конце второй и четвертой четвертей. Полученные результаты дают возможность учителю оценить степень воздействия профилактических мероприятий и внести необходимые изменения в учебный процесс с учетом индивидуальных особенностей занимающихся.

Контроль двигательной функции стопы желательно проводить в заключительной части занятия, в первую очередь у детей, имеющих характерные жалобы, такие как ,боль, усталость в ногах, быстрая утомляемость и т.п.

Результаты проведения предварительного контроля оформляются в виде карточки, в которую также могут заноситься данные о физическом развитии школьника, результаты тестовых заданий и последующие контрольные измерения. В конце учебного года карточки передаются школьному врачу или медсестре. Контроль проводят ежегодно с детальным изучением и анализом результатов прошлых измерений.

Такой подход позволяет учителю не только объективно оценить силу и эффективность своей педагогической деятельности, но и при необходимости изменить пути дальнейшей направленности всего учебного и тренировочного процесса.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие отделы разделяется стопа и какие кости относятся к каждому из них?
2. Какие основные особенности строения суставов стопы?
3. Перечислите какие функции выполняет стопа в ОДА человека?
4. Какими костями образован голеностопный сустав?
5. Какие движения возможны в голеностопном суставе?
6. Что такое свод стопы?
7. Какие кости образуют поперечный и продольные своды стопы?
8. Перечислите факторы, способствующие укреплению (удержанию) сводов стопы.
9. Какие мышцы удерживают продольные и поперечный своды стопы?
10. Какие мышцы сгибают и разгибают стопу?
11. Какие мышцы пронируют и супинируют стопу?
12. Какие мышцы отводят и приводят стопу?
13. Перечислите основные формы патологии стопы?
14. Перечислите возможные причины функциональных нарушений стопы.
15. Чем характеризуется статическое плоскостопие?
16. Перечислите основные методы измерения и оценки стопы человека.
17. Какие методы измерения опорно-рессорной функции стопы человека называются аналитическими?
18. Назовите основные инструментальные методы измерения стопы.
19. В чем заключаются особенности антропометрических методов измерения стопы?
20. Как определить относительную высоту свода стопы, используя индекс Фридланда?
21. Раскройте понятия: плантография, плантограмма и контурограмма.
22. Назовите основные методы анализа и оценки отпечатков стоп (плантограмм, контурограмм).
23. Как определить подошвенный изгиб стопы, используя метод Кларка?
24. Как провести графический анализ плантограмм стоп используя методы Шриттера и Чижина?
25. Какие инструментальные методы позволяют проводить измерение амплитуды движений в суставах стопы?
26. Перечислите преимущества и недостатки рентгенографических методов изучения стопы.
27. Какие методы позволяют изучать особенности локомоторных движений и взаимодействий стопы человека с опорой?
28. Перечислите методы используемые при оценке функциональных возможностей стопы человека.
29. О чем свидетельствует величина подошвенного изгиба пальцев стопы?
30. Назовите основные этапы педагогического контроля опорно-рессорной функции стопы человека?

31. Назовите основные педагогические требования к проведению контроля опорно-рессорных свойств стопы школьников в процессе физического воспитания.
32. Какие инструментальные и аналитические методы педагогического контроля применяют для оценки стато-локомоторной функции стопы детей школьного возраста, алгоритм использования?
33. Опишите алгоритм педагогического контроля морфо-функциональных свойств стопы младших школьников в процессе физического воспитания.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтер М. Дж. Наука о гибкости. – К.: Олимпийская литература, 2001.- 420 с.
2. Амро Мухамед. Кінезіотерапія в реабілітації дітей з плоскостопістю. // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2000.– № 2-3.– С. 72.
3. Арсланов В.А. Контроль за состоянием развития свода стопы у школьников // Двигательная активность и симпато-адреналовая система в онтогенезе: Межвуз. сборник научных трудов. – Казань. – 1987. – С. 25-30.
4. Аруин А.С. Зацюрский В.М. Определение рессорных свойств стопы // Ортопедия и травматология. – 1978. № 6. – С. 85-88.
5. Атлас анатомии человека (под общей ред. Р.Д. Синельникова) В 3 т. / Медицина. – М., 1983.–Т. 3: Учение о костях, суставах, связках и мышцах. – 460 с.
6. Бальсевич В.К. Онтокинезиология. М.: «Теория и практика физической культуры», 2002. – С 10-102.
7. Верич Г.Е., Банникова Р.А. Нефиксированные изменения и статические деформации опорно-двигательного аппарата: Методическое пособие. – К.: Олимпийская литература, 1998. –30 с.
8. Годик М.А. Спортивная метрология: Учебник. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – С. 20-100.
9. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека с основами динамической и спортивной морфологии. – М., 1985. – С.370-482.
- 10.Кашуба В.А. Биомеханический контроль двигательной функции стопы // Физическое воспитание студентов творческих специальностей / Сб. науч. тр. под ред. С.С. Ермакова. - Харьков: ХХПИ, 2001. -№5. - С. 14 - 19.
- 11.Кашуба В.А., Сергиенко К.Н., Валиков Д.П. Компьютерная диагностика опорно-рессорной функции стопы человека //Физическое воспитание студентов творческих специальностей /Сб. науч. тр. под. ред. С.С Ермакова. – Харьков: ХХПИ, 2002. - №1.– С. 11 – 16.
- 12.Кашуба В.А, Сергиенко К.Н. Современные технологии оценки опорно-рессорной функции стопы человека // Труды VI Междунар. науч. конгресса «Современный олимпийский спорт и спорт для всех» (Физическое воспитание и спорт). – Том. 46., Ч. II., - Варшава. – 2002. – С. 421-422.
- 13.Мартиросов Э.Г. Методы исследования в спортивной антропологии. М.: Физкультура и спорт, 1982. – 199 с.
- 14.Мендильевич И.А., Старцева Т.С. К вопросу о диагностике деформаций стоп // Травматология и ортопедия. 1971., Труды ин-та, РНИ. вып. 11, - С. 225-227.
- 15.Менциклевич И.А. Биомеханические закономерности строения стопы // Биомеханика. - Рига, 1975. -С. 414-417.
- 16.Морфология человека. Под ред. Б.А. Никитюка, В.П. Чтецова. -2 е изд., дополн. - М.: МГУ, 1990. -С. 50-59.
- 17.Очерет А.А. Как жить с плоскостопием – М.: Советский спорт, 2000. 93 с.
- 18.Палько А.Г. Как предупредить плоскостопие? // Спортивная жизнь России. – 1984.-№ 4.- С. 29-31.

19. Практическая биомеханика / Лапутин А.Н., Гамалий В.В., Архипов А.А., Кашуба В.А., Носко Н.А., Хабинец Т.А. – К.: Науковий світ, 2000. – 299 с.
20. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека. – СПб.: Гиппократ, 2002. – С. 128-149.
21. Сергиенко К.Н. Биомеханический контроль двигательной функции стопы в онтогенезе // Труды I-ой Междунар. конф. студентов «Наука и спорт. Взгляд в третье тысячелетие»: – К. 1999. – С. 41-45.
22. Сергиенко К.Н. Определение информативности и эффективности методов, используемых при оценке сводов стопы человека // Физическое воспитание студентов творческих специальностей / Сб. науч. тр. под. ред. Ермакова С.С. Харьков: ХХПИ, 2001. – №6. – С. 55 – 59.
23. Сергієнко К. Розвиток склепіння стопи у дітей шкільного віку / К. Сергієнко // Теорія і методика фіз. виховання і спорту. - 2000. - № 2-3. - С. 68-71.
24. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. – М., 1998. – С. 11-59
25. Филатов В.И. Клиническая биомеханика. – Л.: -1978. – С. 472.