

ЛЕЧЕНИЕ ПЛОСКОСТОПИЯ МЕТОДОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Методические рекомендации

САНКТ - ПЕТЕРБУРГ 1999

Методические рекомендации составлены специалистом Центра медицинской реабилитации «Биологическая обратная связь» ЗАО «Биосвязь» - врачом ЛФК высшей категории Кузьмичевой Ольгой Алексеевной.

Рецензент - заведующая кафедрой физических методов лечения и спортивной медицины СПбГМУ им. акад. И.П.Павлова, доктор медицинских наук, профессор Т.Д.Евдокимова.

В методических рекомендациях представлены сведения, необходимые специалистам, занимающимся проблемой коррекции плоскостопия: анатомо-физиологические особенности и биомеханика стопы, методы диагностики и оценки эффективности лечения.

Подробно изложена оригинальная методика коррекции плоскостопия методом биоуправления с обратной связью по электромиограмме (ЭМГ-БОС), разработанная в Центре медицинской реабилитации «Биосвязь».

Методические рекомендации предназначены для специалистов ЛФК и педагогов, занимающихся физическим воспитанием ослабленных детей и восстановительным лечением пациентов с двигательными нарушениями, а также для специалистов широкого профиля и студентов, интересующихся вопросами реабилитации и биоуправления с обратной связью.

**Отпечатано в ВПК АНО ЦДРВО
Зак. 20. 60x90/16. 2 п.л.**

© Кузьмичева О.А. ,1999

Введение

Плоскостопие - это одна из наиболее распространенных деформаций опорно-двигательного аппарата. По данным разных авторов, составляет от 15 до 50% всей ортопедической патологии у детей. И это не случайно, поскольку в филогенетическом отношении стопа является молодым образованием. Стопа - это мобильное приспособление, в котором функции различных отделов тесно переплетены между собой, в целом способствуя выполнению нормального акта стояния и передвижения [12]. Состояние стопы отражает общее состояние всего организма. Именно поэтому наиболее распространенной формой является приобретенное статическое плоскостопие, которое развивается у ослабленных, часто болеющих детей с низким уровнем физической подготовки; у лиц, перенесших тяжелые заболевания и травмы, при длительном ограничении двигательной нагрузки.

Плоская стопа часто сопровождается другими заболеваниями и деформациями опорно-двигательного аппарата, ухудшая функциональное состояние пациентов.

С другой стороны, плоскостопие может явиться причиной формирования нарушений со стороны опорно-двигательного аппарата: боли в стопах и голених, деформация суставов нижних конечностей и позвоночника.

Все это обуславливает актуальность проблемы профилактики и ранней коррекции деформации стоп. В специальной литературе вопросам профилактики и лечения плоскостопия уделяется достаточно большое внимание. Во всех руководствах по лечебной физкультуре приводятся комплексы, включающие 15-25 упражнений, направленных на тренировку мышц голени и стопы. Однако на практике на уроках лечебной физкультуры эти упражнения применяются редко. В большинстве случаев их рекомендуют для самостоятельных занятий, но пациенты нерегулярно выполняют эти упражнения, в связи с низким уровнем мотивации.

Метод биологической *обратной связи* по электромиограмме, получивший в последние годы широкое распространение в медицинской реабилитации, открыл новые возможности и существенно повысил эффективность коррекции нарушений опорно-двигательного аппарата, благодаря обеспечению постоянного

контроля за функциональным состоянием мышц с помощью эмоционально значимых сигналов обратной связи (световых, звуковых, игровых).

В Центре медицинской реабилитации «Биологическая обратная связь» разработана методика коррекции плоскостопия методом биоуправления с обратной связью по электромиограмме (ЭМГ-БОС), применение которой в практической работе с детьми в возрасте от 4 до 15 лет демонстрирует её высокую эффективность. Широкое распространение данной патологии ставит вопрос о целесообразности применения предложенной методики в практической работе оздоровительных и реабилитационных учреждений.

Анатомо-физиологические особенности стопы

Стопа - это развившийся в процессе эволюции орган, формирование которого обусловлено вертикальным положением и прямохождением человека. Нижняя часть ноги, голеностопный сустав и стопа хорошо приспособлены для сохранения стабильности при поддержании массы тела и для передвижения. Большое количество костей, формирующих стопу [26], и их форма позволяют сохранять как подвижность, так и стабильность. И хотя подвижность в отдельно взятых суставах мала, их совокупное движение позволяет совершать хорошо контролируемое передвижение по самой различной поверхности. В стопе различают три функциональные части:

- заднюю (пяточная и таранная кости);
- среднюю (5 маленьких костей предплюсны: ладьевидная, кубовидная и 3 клиновидные);
- переднюю (плюсневые кости и фаланги). Сзади кости лежат одна на другой, а в

передней и средней частях рядом друг с другом. Это делает стопу более высокой и узкой в задней части и приводит к образованию сводов стопы (продольного и поперечного) [4] (рис.1, рис.2, рис.3).

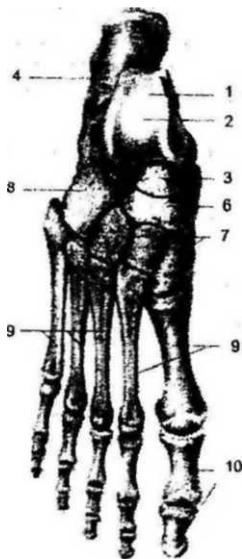


Рис.1. Кости правой стопы (тыльная поверхность)

1 - таранная кость; 2 - блок таранной кости; 3 - головка таранной кости; 4 - пяточная кость; 5 - бугор пяточной кости; 6 - ладьевидная кость; 7 - клиновидные кубовидная кость; 9 - плюсневые кости; 10 - кости пальцев стопы.

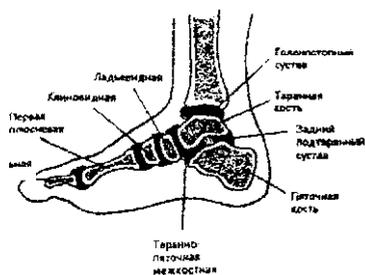


Рис.2. Кости и суставы стопы (боковой разрез)

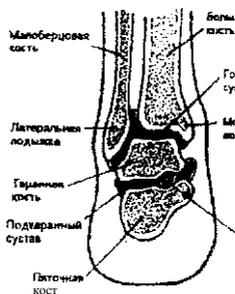


Рис. 3. Кости и суставы голеностопного сустава и задней части стопы.

Функции стопы

1. *Рессорная.* Вместе с позвоночником стопа является ведущим компонентом рессорной системы организма.

Рессорная система включает: стопу (её своды и сумочно-связочный аппарат), суставы и их мениски, подвздошно-крестцовые

сочленения, позвоночник и межпозвоночные диски, зоны роста костей, способность костной ткани к сжатию.

При повреждении и нарушении функции одной составляющей повышенную нагрузку получают другие части рессорной системы.

2. *Двигательная.* Стопа - это единый функционирующий орган, который обеспечивает передвижение человека.

3. *Чувствительная.* В зависимости от сенсорных реакций стопы происходит тонкое распределение мышечной нагрузки.

В экстремальных условиях (например, при отсутствии верхних конечностей) стопа может заменять руку.

Биомеханика стопы

В анатомо-физиологическом отношении стопа представляет собой сложный биомеханический комплекс, состоящий из мелких суставов, связочного и мышечного аппарата.

В биомеханическом отношении стопа - это система арок, образованных сводами.

1. Внутренний продольный свод

Образован: таранной, ладьевидной, тремя клиновидными и первыми тремя плюсневыми костями.

Расположен от подошвенной поверхности пяточной кости до подошвенной поверхности I плюсневой кости. Имеет высоту - 5 - 7 см. Функция - рессорная.

2. Наружный продольный свод

Образован: пяточной, кубовидной и двумя наружными плюсневыми костями.

Расположен от подошвенной поверхности пяточной кости до подошвенной поверхности V плюсневой кости. Имеет высоту около 2 см. Функция - опорная.

3. Поперечный свод

Образован: клиновидными, кубовидной и основаниями плюсневых костей.

Расположен от подошвенной поверхности I плюсневой до подошвенной поверхности V плюсневой костей. Сводчатость стопы обусловлена развитием функции большого пальца.

Мышцы, поддерживающие своды стопы

Нормальная высота свода поддерживается двумя разновидностями сил: пассивной и активной.

Пассивные силы составляют кости и связки, которые оказывают сопротивление различным движениям в суставах стопы за пределы возможной амплитуды. Кости и связки, не обладая способностью к сокращению, являются своего рода «тормозами» в опорно-двигательном аппарате.

Главная роль активной силы, влияющей на форму и состояние стопы, принадлежит мышцам. Наибольшее значение имеют мышцы-сгибатели и супинаторы стопы: передняя и задняя большеберцовые мышцы голени, длинный сгибатель большого пальца, длинный сгибатель пальцев (рис.4, рис.5, рис.6).

Передняя большеберцовая мышца

Расположена на наружной поверхности голени, прилежит непосредственно к наружной поверхности большеберцовой кости.

Начинается от этой кости, спускаясь вниз, проходит под поперечной и крестообразной связками и доходит до I клиновидной и основания I плюсневой костей.

Прикрепляется к внутреннему краю стопы.

Функция: разгибание и супинация стопы.

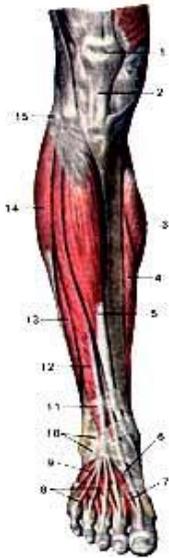


Рис. 4. Мышцы правой голени (вид спереди).

1-надколенник; 2-связка надколенника; 3-икроножная мышца (медialная головка); 4-камбаловидная мышца; 5-передняя большеберцовая мышца; 6-сухожилие мышцы-длинного разгибателя большого пальца стопы; 7-сухожилие мышцы – короткого разгибателя большого пальца стопы; 8-мышца-короткий разгибатель пальцев стопы; 9-сухожилие третьей малоберцовой мышцы; 10-нижний удерживатель сухожилий мышц-разгибателей; 11-верхний удерживатель сухожилий мышц-разгибателей; 12-мышца-длинный разгибатель пальцев стопы; 13-короткая малоберцовая мышца; 14-длинная малоберцовая мышца; 15-головка малоберцовой кости.

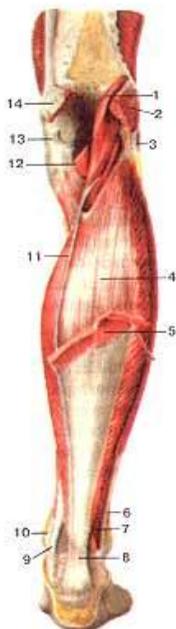


Рис. 5. Поверхностные и глубокие мышцы правой голени (вид сзади)

1-подошвенная мышца; 2-латеральная головка икроножной мышцы; 3-сухожилие двуглавой мышцы бедра (отрезано); 4-головка малоберцовой мышцы; 5-икроножная мышца; 6-камбаловидная мышца; 7-латеральная лодыжка; 8-пяточное сухожилие (Ахиллово); 9-медиальная лодыжка; 10-медиальная головка икроножной мышцы.

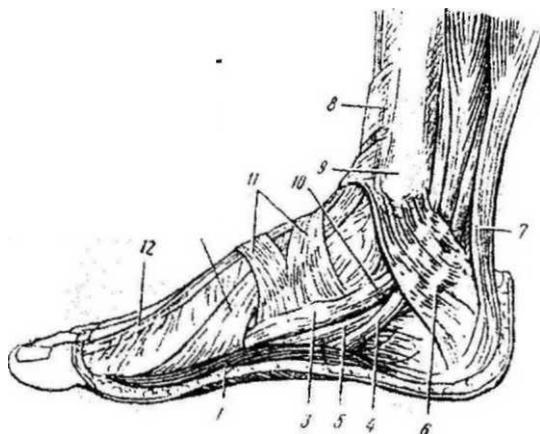


Рис. 6. Мышцы и связки стопы (тыльно-внутренняя поверхность).

1 - мышца, отводящая большой палец; 2 - сухожилие передней большеберцовой мышцы; 3 - бугорок ладьевидной кости; 4 - сухожилие длинного сгибателя пальцев; 5 - сухожилие сгибателя большого пальца; 6 - поддерживающая связка сгибателей; 7 - пяточное сухожилие; 8 - поперечная связка голени; 9 - внутренняя лодыжка; 10 - сухожилие задней большеберцовой мышцы; 11 - крестообразная связка; 12 - сухожилие длинного разгибателя большого пальца.

Задняя большеберцовая мышца

Начинается от задней поверхности межкостной перепонки голени и прилегающих к ней участков берцовых костей. Проходит под внутренней лодыжкой.

Прикрепляется к бугристости ладьевидной кости, ко всем клиновидным костям и к основаниям плюсневых костей.

Функция: сгибание, приведение и супинация стопы.

Длинный сгибатель пальцев

Начинается от задней поверхности большеберцовой кости, переходит на стопу под внутренней лодыжкой. На подошве пересекает сухожилие длинного сгибателя большого пальца, соединяется с квадратной мышцей подошвы и затем разделяется на 4 сухожилия.

Прикрепляется к основаниям ногтевых фаланг II-V пальцев.

Функция: сгибание стопы и пальцев, пронация стопы.

Длинный сгибатель большого пальца

Это наиболее сильная мышца среди всех глубоких мышц задней поверхности голени, переходящих на нижнюю поверхность стопы. Она играет важную роль в удержании внутреннего свода стопы.

Начинается от нижней части задней поверхности малоберцовой кости и задней межмышечной перегородки, переходя на подошву, располагается между головками короткого сгибателя большого пальца.

Прикрепляется к подошвенной поверхности основания ногтевой фаланги большого пальца.

Функция: сгибание большого пальца и всей стопы.

Механизм формирования плоской и плоско-вальгусной стопы

Плоскостопие - это деформация стопы, проявляющаяся в снижении высоты свода, прониравании заднего и отведении переднего отделов стопы. Эта деформация сопровождается нарушением взаиморасположения костей, нарушением трофики.

Для нормальной функции стопы большое значение имеют кости, связки, апоневрозы, мышцы стопы и голени, прикрепляющиеся на стопе. Выпадение какого-либо элемента из комплекса вызывает компенсаторные изменения в других элементах, что обуславливает нарушение сводов и развитие деформаций стопы.

Снижение силы и тонуса мышц-супинаторов и сгибателей стопы ведет к опущению медиального края стопы. Связочный аппарат растягивается. При этом ладьевидная кость перемещается книзу и кнаружи. Головка таранной кости наклоняется кпереди, а нередко внедряется в щель между пяточной и ладьевидной костями. Верхняя часть пяточной кости расширяется кнутри и пятка оказывается пронираванной (рис.7).

Вторично изменяется капсула голеностопного сустава: в наружном отделе она уплотняется, сморщивается, на внутренней стороне - подвергается растяжению.

Механизм формирования деформации сходен при различных формах плоскостопия. Степень тяжести деформации определяется причинами ее формирования.

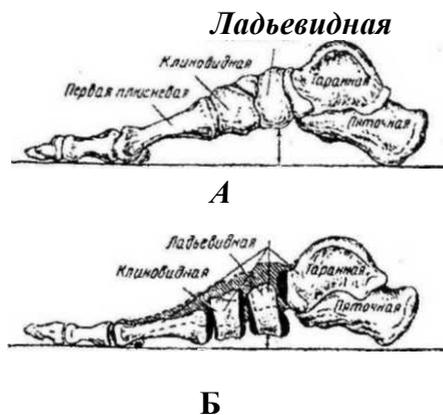


Рис. 7. Механизм формирования плоской стопы.

А - норма; Б - плоская стопа.

Классификация плоскостопия

Различают пять видов плоскостопия [3]: врожденное, рахитическое, паралитическое, травматическое, статическое.

Врожденная плоская стопа встречается относительно редко: по данным Т.С. Зацепила [5], составляет 11,5% от всех врожденных деформаций стопы.

Причины: аномалии развития эмбриона, амниотические перетяжки, недоразвитие или отсутствие малоберцовых мышц и другие. Врожденная плоская стопа чаще сочетается с вальгусной деформацией.

Рахитическое плоскостопие - наблюдается у детей дошкольного возраста с остаточными явлениями рахита. Развивается вследствие снижения плотности костной ткани и ослабления мышечно-связочного аппарата.

Паралитическое плоскостопие развивается при периферических парезах или параличах большеберцовых мышц (вследствие полиомиелита, полирадикулоневрита, поражения спинного мозга), причем функции других мышц голени остаются удовлетворительными.

Травматическая плоская стопа формируется в результате переломов различных костей стопы, при неправильно сросшихся переломах лодыжек.

Статическое плоскостопие - самый распространенный вид плоскостопия - составляет 90% среди всех форм патологии.

Основными причинами его являются:

- снижение мышечного тонуса (у детей);
- избыточная масса тела;
- длительное пребывание на ногах (при определенных профессиях у взрослых).

Предпатологические состояния стопы

1. Уплотнение свода стопы вследствие его замедленного развития без функциональных изменений. Наблюдается у детей дошкольного возраста.
2. Функциональная недостаточность стоп, характеризующаяся утомляемостью и болью в мышцах после статических нагрузок.

Своды выражены относительно хорошо, слабым звеном является функциональная недостаточность нервно-мышечного аппарата.

Методика обследования

Анамнез.

1. Жалобы: боли в ногах, их интенсивность, локализация, продолжительность, время появления.
2. Возраст пациента.
3. Условия жизни и деятельности.
4. Перенесенные заболевания, госпитализации, длительный постельный режим.

Осмотр стопы.

1. Определение типа стопы.

Греческий тип стопы - II палец длиннее I и всех остальных. Предрасположенность к поперечному плоскостопию.

Египетский тип - I палец длиннее II и всех остальных. Предрасположенность к поперечному плоскостопию.

Промежуточный - все пальцы одной длины.

2. Оценка положения стопы при стоянии.

Определяется при осмотре сзади по положению пяточного сухожилия. В норме сухожилие расположено от середины голени до середины пятки. Отклонение пятки кнаружи - вальгусная установка. Отклонение пятки кнутри - варусная установка.

3. Оценка положения и постановки стоп при ходьбе.

4. Оценка качества локомоций при различных двигательных заданиях: бег, прыжки.

При нарушении рессорной функции прыжки выполняются с опорой на полную стопу.

Объективные методы обследования состояния стоп

Плантография - наиболее простой и доступный метод диагностики. Основан на получении отпечатков стопы, по которым определяется степень ее уплощения.

Для получения отпечатков используются различные виды красителей, вазелиновое или растительное масло, мазь. При

получении жирового отпечатка надо сразу обвести контур отпечатка стопы.

Методика получения плантограммы

1. Пациент усаживается на стул таким образом, чтобы 2/3 бедра находились на сидении, ноги согнуты в коленях на 90° , стопы стоят параллельно, на ширине стопы.
2. Пациент обучается правильному вставанию: мягко, равномерно распределяя массу тела на обе стопы, *т* перемещая их.
3. Стопы смазываются вазелиновым маслом или разведенным раствором красителя (бриллиантовой зелени) ровным слоем.
4. Пациент встает на плотный лист бумаги, стоит несколько секунд и садится на стул, не перемещая стопы, затем отрывает от листа бумаги обе стопы одновременно.
5. Обвести контур полученного отпечатка стопы.

Определение степени плоскостопия по плантограмме (рис.8)

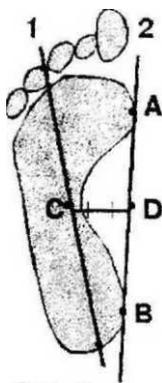


Рис. 8.

1. Провести линию от центра отпечатка пятки до промежутка между III и IV пальцами.
2. Провести касательную к внутреннему контуру отпечатка, соединяя наиболее выступающие точки (A - B).
3. К центру отрезка касательной (A - B) провести перпендикуляр до пересечения с первой линией (C - D).
4. Отрезок (C - D) разделить на 3 равные части, нумеруя их от наружной части отпечатка к внутренней.

- I. степень - внутренний контур отпечатка попадает на 1-й интервал.
- II. степень - внутренний контур отпечатка попадает на 2-й интервал.
- III. степень - внутренний контур отпечатка попадает на 3-й интервал.

Определение степени плоскостопия по Чижину (рис.9)

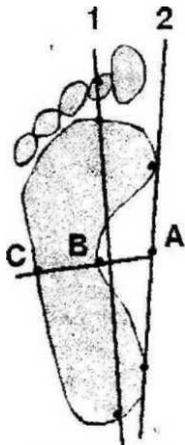


Рис. 9.

1. Соединить линией центр отпечатка I! пальца и центр отпечатка пятки.
2. Провести касательную к внутреннему контуру отпечатка соединяя наиболее выступающие точки.
3. К середине отрезка 1-й линии, соединяющего центр пятки и основание II пальца, провести перпендикуляр, который пересечет касательную (точка А), внутренний контур отпечатка стопы (точка В) и наружный контур (точка С).

Индекс Чижина - это соотношение отрезка СВ к АВ ($CB : AB$).

< 1 - нормальная стопа,

1 - 2 - уплощение стопы,

> 2 - значительное уплощение стопы.

Рентгенологическое исследование стопы

Метод основан на определении угла свода стопы и угла наклона пяточной кости.

1. Определение угла свода стопы (по боковой рентгенограмме):

1-я линия - соединяет центр суставной поверхности таранной кости с головкой I плюсневой кости.

2-я линия - соединяет центр суставной поверхности таранной кости с центром пяточной кости.

Определяется угол между этими линиями:

- до 90° - норма
- 100 - 120= и более - плоскостопие

2.Определение угла наклона пяточной кости:

1-я линия - горизонтальная - от подошвенной поверхности пяточной кости.

2-я линия - от этой же точки до пересечения с подошвенной поверхностью I плюсневой кости.

Угол между линиями:

- 16-20° - норма,
- 5 - 5 – 0 - плоскостопие.

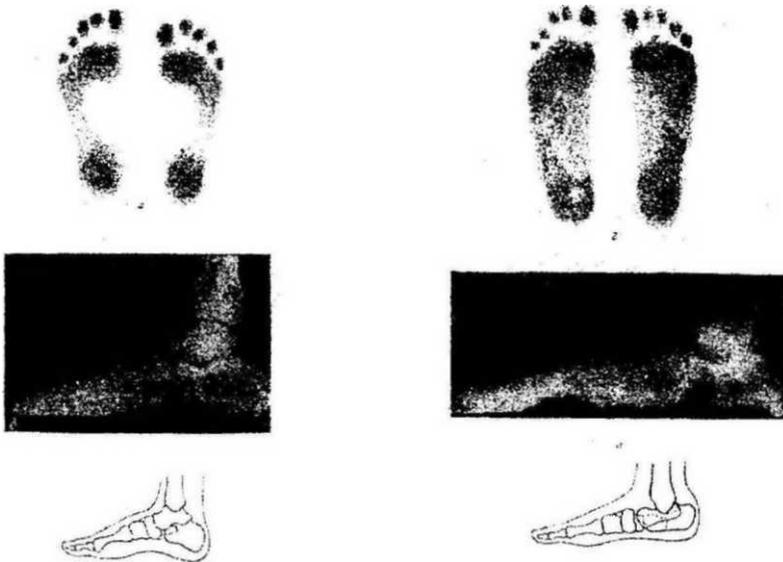


Рис. 10. Плантаграммы, рентгенограммы и скиаграммы нормальных (А: а, б, в) и плоских (Б: г, д, е) стоп.

Клинические данные

Плоскостопие I степени

Жалобы на усталость и боли в стопах при длительной нагрузке.

Походка не изменена, рессорная функция стопы удовлетворительная.

На плантограмме закрашенная часть отпечатка занимает $1/3$ подсводного пространства.

Индекс Чижина от 1 до 2.

На рентгенограмме: угол свода стопы до 100° , угол наклона пяточной кости = $11-15^\circ$.

Плоскостопие II степени

Жалобы на постоянные и более интенсивные боли в стопах и мышцах голени.

Походка менее эластичная, с перегрузкой наружного края стопы.

Плантограмма закрашивается на $2/3$ подсводного пространства.

Индекс Чижина = 2

На рентгенограмме: угол свода стопы = 110° , угол наклона пяточной кости = $6-10^\circ$.

Плоскостопие III степени

Жалобы на постоянные боли во всех отделах стопы, голени, пояснице, нарушения рессорной системы.

Походка изменена. Продольный свод отсутствует. Стопа и пятка в вальгусном положении, плохо поддается коррекции.

Плантограмма - закрашено все подсводное пространство.

Индекс Чижина > 2 .

На рентгенограмме: угол свода стопы равен или больше 125° , угол наклона пяточной кости = $5-0^\circ$

Поперечное плоскостопие

В норме отмечают три опорные точки стопы: пятка, головки I и V плюсневых костей.

При поперечном плоскостопии увеличивается нагрузка на плюсневые кости, появляются отпечатки головок II - III плюсневых костей.

I степень: боли под головками II - III плюсневых костей.

II степень: кроме болей, появляются натоптыши.

III степень: постоянные боли под головками II - III плюсневых костей, появление слизистых сумок.

Отклонение большого пальца кнаружи за счет подвывиха (hallus valgus). Развитие артроза сустава I пальца.

Лечебно-профилактические мероприятия

1. Создание оптимального двигательного режима, рациональное физическое воспитание.

2. Профилактика хронических заболеваний, травматизма.

3. Рациональный подбор обуви в соответствии с размером стопы.

Влияние высоты каблука:

Человек массой тела 80 кг имеет нагрузку на стопы:

	на передний отдел	на задний отдел
Босиком	35 кг	45 кг
Каблук 2 см	40 кг	40 кг
Каблук 8-10 см	70 кг	10 кг

При высоком каблуке икроножные мышцы находятся в постоянном статическом напряжении, изменяется угол наклона таза.

Детям до 6 -7 лет целесообразно носить обувь, фиксирующую голеностопный сустав, с небольшим каблуком.

Лечение плоскостопия

В коррекции плоскостопия и плоско-вальгусной деформации стоп ведущее место занимают функциональные методы лечения.

Основные лечебные задачи

1. Обеспечение оптимального двигательного режима и физического развития ребенка.

2. Укрепление мышц, участвующих в формировании сводов стопы.

3. Раннее устранение и компенсация деформаций, восстановление сводов стопы.

4. Формирование правильного стереотипа ходьбы.

Средства лечения

1. Лечебная физкультура - основной метод лечения.
2. Массаж, направленный на укрепление мышц задней поверхности голени, подошвенной поверхности стоп.
3. Корректирующие ортопедические стельки-супинаторы.

При тяжелой степени плоскостопия и плоско-вальгусных стопах назначается специальная ортопедическая обувь.

Лечебная физкультура

Систематические занятия лечебной физкультурой являются основным и наиболее эффективным методом коррекции нарушений опорно-двигательного аппарата, которые всегда сочетаются с нарушениями функции мышц.

Для эффективной коррекции плоскостопия и плоско-вальгусной деформации стоп необходимо решение следующих специальных лечебных задач:

- укрепление мышц-сгибателей и супинаторов стопы;
- укрепление и формирование сводов стопы;
- устранение пронации заднего отдела стопы;
- коррекция нарушений походки.

Особенностью методики является применение специальных упражнений, направленных на укрепление мышц-сгибателей и супинаторов стопы. Однако при выполнении рекомендуемых движений мышцы совершают небольшую по величине и продолжительности работу, недостаточную для достижения тренирующего эффекта. Кроме того, занятия по коррекции плоскостопия в кабинетах ЛФК не проводятся, в конспект урока включаются лишь отдельные специальные упражнения. Именно поэтому на амбулаторном приеме родители часто предъявляют жалобы на плоскостопие у детей разного возраста даже после курсов лечения в кабинетах лечебной физкультуры.

Биологическая обратная связь

Биологическая обратная связь (БОС) - это «обратный возврат» человеку информации о функциональном состоянии его внутренних органов и систем посредством сигналов обратной связи.

По определению Американской ассоциации прикладной психофизиологии и биологической обратной связи «БОС - это немедикаментозный метод лечения с использованием специальной аппаратуры, предназначенной для регистрации, усиления и «обратного возврата» пациенту физиологической информации. Основной задачей метода является обучение саморегуляции, обратная связь облегчает процесс обучения физиологическому контролю. Оборудование делает доступной для пациента информацию, в обычных условиях им не воспринимаемую» [10].

Биологическая обратная связь по электромиограмме (ЭМГ-БОС) - это обучение управлению функцией мышц с помощью специальных устройств, которые регистрируют биопотенциалы контролируемой мышцы, усиливают их и преобразуют в различные сигналы обратной связи (световые, звуковые, игровые).

Метод ЭМГ-БОС обеспечивает точную дозировку нагрузки и патогенетическую направленность реабилитации двигательных нарушений благодаря возможности непрерывного контроля за функцией пораженных мышц и управления ею через эмоционально значимые параметры (изменение светового, звукового сигналов, управление компьютерной игрой), что значительно повышает мотивацию и эффективность занятий.

Применение метода биологической обратной связи по ЭМГ открыло новые возможности функционального восстановительного лечения различных патологических состояний опорно-двигательного аппарата.

Коррекция плоскостопия методом биологической обратной связи по ЭМГ

Методика разработана, апробирована и широко применяется в Центре медицинской реабилитации «Биосвязь» с 1996 г.

Применение метода ЭМГ - БОС в реабилитации двигательных расстройств основано на том, что коррекция функционального состояния мышц, ответственных за двигательный дефект, проводится под контролем специальных устройств с биологической обратной связью по электромиограмме. Аппараты ЭМГ-БОС воспринимают биопотенциалы контролируемой мышцы, усиливают и преобразовывают их в световой и звуковой сигналы обратной связи. Все аппараты имеют градуированный усилитель ЭМГ-сигнала, благодаря которому возможен точный подбор уровня нагрузки в соответствии с сократительной способностью мышцы.

Сокращение мышцы сопровождается перемещением светового и изменением звукового сигналов.

При выполнении упражнения аппарат ЭМГ-БОС обеспечивает постоянный контроль за состоянием тренируемой мышцы и точную дозировку нагрузки.

Для коррекции плоскостопия необходимо тренировать мышцы-сгибатели и супинаторы стоп, функциональная недостаточность которых в большинстве случаев является причиной формирования деформации. Во время тренировки методом БОС-ЭМГ электроды накладывают на поверхностно расположенные мышцы (рис. 11):

- I. - медиальная (внутренняя) головка икроножной мышцы - синергист сгибателей стопы (задней большеберцовой, длинных сгибателей пальцев),
- II. - передняя большеберцовая мышца - супинатор стопы,
- III. - малоберцовые мышцы, осуществляющие отведение стопы.

Специальные упражнения для коррекции плоскостопия методом ЭМГ-БОС

Исходное положение для выполнения упражнений: сидя, ноги согнуты в коленных суставах на 90° , стопы на полу или специальной подставке.

Тренировка сгибателей стопы (задней большеберцовой, длинных сгибателей пальцев). Ввиду того, что эти мышцы расположены в глубоком слое, применение поверхностных ЭМГ-электродов для непосредственного контроля за их биоэлектрической активностью невозможно. Поэтому при выполнении специальных упражнений аппарат ЭМГ-БОС контролирует состояние синергиста - внутренней головки икроножной мышцы (см. рис.11, I).

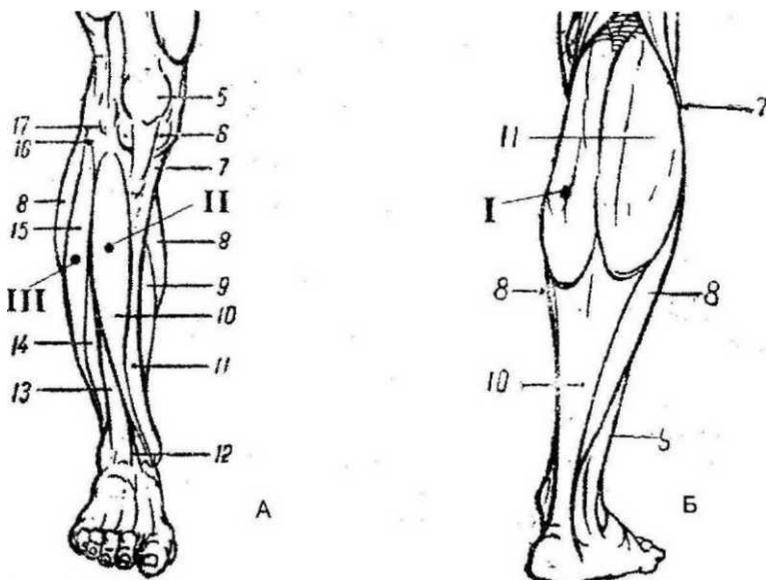


Рис. 11. Проекция мышц голени и мест ЭМГ-электродов.

А - проекция мышц правой голени (вид спереди): 5 - надколенная чашка; 6 - капсула коленного сустава; 7 - сухожилие портняжной мышцы; 8 - икроножная мышца; 9 - камбаловидная мышца; 10 - передняя большеберцовая мышца; 11 - внутренняя поверхность большеберцовой кости; 12 - длинный разгибатель большого пальца; 13 - длинный разгибатель пальцев; 14 - короткая малоберцовая мышца; 15 - длинная малоберцовая мышца; 16 - головка малоберцовой кости, 17 - наружный мыщелок большеберцовой кости.

Б - проекция мышц правой голени (вид сзади): 7 - головка малоберцовой кости; 8 - камбаловидная мышца; 9 - длинная малоберцовая мышца; 10 - пяточное сухожилие; 11 - икроножная мышца.

Упражнение № 1

Сгибание в голеностопном суставе при одновременном разгибании в коленном (наиболее эффективно для увеличения свода стопы) [7].

Упражнение № 2

Сгибание в голеностопном суставе, без разгибания в коленном. Постановка стопы на носок, не отрывая большой палец от опоры.

Тренировка супинаторов стопы. ЭМГ-электрод устанавливается на переднюю большеберцовую мышцу (см. рис.11, II).

Упражнение №3

Супинация стопы, при одновременном сгибании пальцев. Колено остается согнутым.

Пациент приподнимает внутренний край стопы, сгибает пальцы, опираясь при этом на наружный край стопы.

При выполнении упражнения двумя стопами одновременно движение имитирует захват мяча.

Тренировка сгибателей и супинаторов стопы одновременно. ЭМГ-электрод устанавливается на внутреннюю головку икроножной мышцы как в упражнении №1.

Упражнение № 4

Сгибание стопы с одновременной супинацией при разгибании в коленном суставе. Имитация захвата и удержания мяча выпрямленными ногами.

Тренировка отведения стопы. ЭМГ-электроды устанавливаются на малоберцовые мышцы (см. рис.11, III).

Упражнение № 5

Из исходного положения пациент осуществляет отведение переднего отдела стопы, не отрывая пятки от опоры.

Выбор мышц и специальных упражнений для их тренировки определяется особенностями деформации стоп у пациента.

- при функциональной недостаточности стоп и плоскостопии I - II степени необходимо тренировать мышцы-сгибатели, удерживающие своды стопы (задняя большеберцовая и длинный сгибатель пальцев).

Наиболее эффективно применение упражнения № 1 (рис.12).

- при выраженной гипермобильности коленного сустава (рекурвации) целесообразно применение упражнения № 2.
- при плоско-вальгусной деформации стопы (сочетании уплощения сводов со смещением пяточной кости кнаружи) происходит пронация стопы. Для её устранения необходимо тренировать супинаторы стопы. С этой целью применяются упражнения №3 и №4.
- в случае сочетания плоскостопия с "косополой» походкой для обучения пациента отведению стопы при ходьбе необходимо тренировать малоберцовые мышцы, применяя упражнение №5.

В Центре медицинской реабилитации «Биологическая обратная связь» применяются аппараты ЭМГ-БОС, выпускаемые ЗАО «Биосвязь», (Санкт-Петербург).

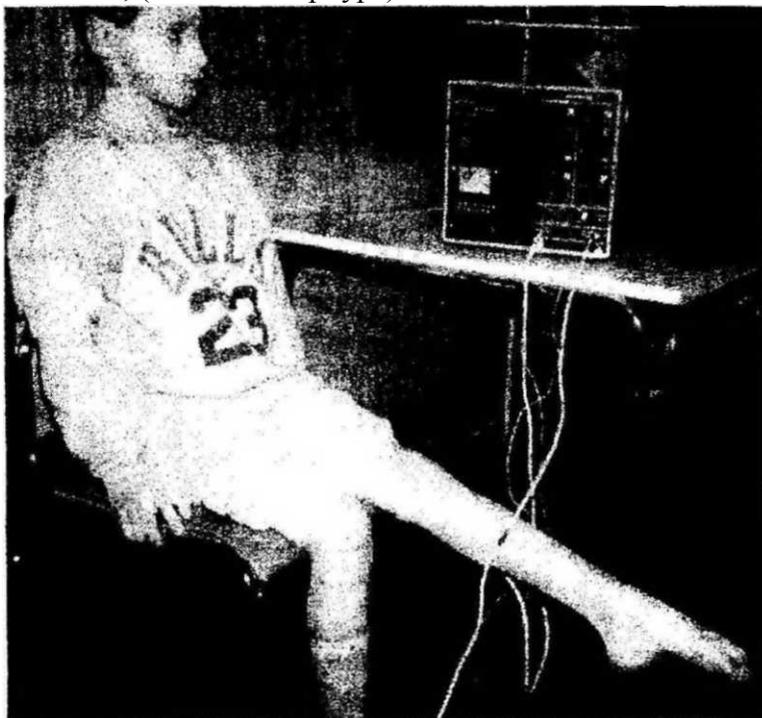


Рис.12. Специальное упражнение для тренировки мышц сгибателей стопы.

Для коррекции плоскостопия целесообразно применение 5 аппаратов ЭМГ-БОС. Каждый аппарат имеет свои особенности, позволяющие оптимально решать конкретные лечебные задачи.

Аппараты ЭМГ-БОС и методика их применения

1. **«Миотоник - 03»** - портативный одноканальный прибор, обратная связь представлена световым и звуковым сигналами. Обеспечивает два режима тренировки: непрерывный и пороговый. ЭМГ-электрод аппарата устанавливается на тренируемую мышцу. Тренировка проводится в порогом режиме.

Уровень чувствительности аппарата подбирается в соответствии с сократительной способностью мышцы и составляет в большинстве случаев 5 - 6 условных единиц.

Пациент выполняет назначенное упражнение, сокращая контролируемую мышцу, при этом световой сигнал перемещается по светодиодной шкале в межпороговый интервал, одновременно возникает (при алгоритме [.]) или исчезает ([.]) звуковой сигнал обратной связи. Пациент должен удерживать достигнутый уровень сокращения мышцы в течение 5 с - фаза напряжения, затем расслабляет мышцы, наступает фаза отдыха, продолжительность которой составляет 5 с.

При появлении признаков утомления необходимо увеличить чувствительность прибора. Продолжительность тренировки одной мышечной группы не менее 15 мин.

Временные параметры тренировки контролируются с помощью секундомера или процедурных часов.

Возможно проведение тренировки симметричных мышечных групп (на обеих ногах) одновременно при использовании двух приборов.

2. **Компьютерный игровой тренажер «Био-Битман»** - одноканальный игровой тренажер, состоящий из игровой телевизионной приставки «Денди», «Битман», «SEGA» и аппарата ЭМГ-БОС «Миотоника-03», который соединен с джойстиком.

Сигналом обратной связи в этом комплексе является изменение игровой ситуации на экране телевизора, т.е. сокращение

контролируемой мышцы вызывает движение или действие игрового объекта.

Алгоритм управления игрой определяется положением тумблера звуковой обратной связи «Миотоника-03» в пороговом режиме тренировки:

- в положении [.] при сокращении контролируемой «Миотоником» мышцы и попадании светового сигнала в межпороговый интервал происходит перемещение (автомобиля, мотоцикла и т.д.) или действие игрового объекта (стрельба, подпрыгивание и т.д.).
- в положении [.] - обратный алгоритм: при попадании светового сигнала в межпороговый интервал движение или действие игрового объекта прекращаются.

Для коррекции плоскостопия выбирается режим [.]

Наиболее эффективны игры, обеспечивающие длительное активное сокращение мышцы (изометрический режим). Это игры типа: автомобильные и мотоциклетные гонки.

Продолжительность тренировки одной мышцы на компьютерном тренажере составляет не менее 15 мин.

Тренировка симметричных мышц проводится поочередно в течение одного или последующих занятий.

Практический опыт показывает наибольшую эффективность именно этого тренажера, так как игровой момент принципиально изменяет отношение пациентов, особенно детей к занятию, существенно увеличивает длительность тренировки ослабленных мышц на уровне субмаксимальной нагрузки.

3. «МИТОН-03» - двухканальный прибор.

Имеет две шкалы световой и звуковой обратной связи, цифровую шкалу чувствительности и счетчик правильно выполненных упражнений для каждого канала отдельно, общий для обоих каналов регулятор времени работы (фаза сокращения) и отдыха (фаза расслабления). Аппарат удобен для проведения одновременной тренировки двух мышечных групп.

Для коррекции плоскостопия ЭМГ-электроды устанавливаются симметрично (справа и слева) на выбранные мышцы. Уровень

чувствительности подбирается отдельно для каждой мышцы так, чтобы при активном сокращении мышцы загоралась вся светодиодная шкала.

Режим тренировки - пороговый, метка порога устанавливается на 50%.

Пациент выполняет рекомендованное упражнение (см. рис.12).

Сокращение контролируемой мышцы вызывает загорание световой шкалы и изменение тональности звукового сигнала. Сохраняя этот уровень активности мышцы, пациент должен удерживать световой сигнал на шкале прибора выше пороговой отметки в течение установленного времени сокращения (5 с), после чего счетчик результата фиксирует выполненное упражнение и световая шкала гаснет на время, равное фазе отдыха (5 с).

Затем упражнение повторяется этой же или другой ногой.

Тренировка проводится поочередно правой и левой ногой.

Количество повторений от 30 до 100 для каждой мышцы. Величина нагрузки дозируется изменением уровня чувствительности, положением метки порога, количеством повторений упражнения.

4. *«Миотренажер»* - компьютерный двухканальный прибор.

Представляет собой комплекс, включающий аппарат ЭМГ-БОС «Митон-03», персональный компьютер, компьютерную программу «Миотренажер».

Принципиальной особенностью этого прибора является графическое отражение ЭМГ-сигнала с контролируемой мышцы на экране монитора в системе координат, где вертикальная ось - амплитуда сокращения мышцы (в %) от максимума, а горизонтальная - время.

Программа предлагает 5 режимов тренировки мышц.

Пороговый уровень представлен в каждом режиме по-разному:

1-й и 4-й режимы - в виде прямой линии,

2-й - порогового уровня нет,

3-й - в виде окрашенной полосы, с изменяемой шириной,

5-й - в виде волнистых полос различной конфигурации с изменяемой шириной (9 вариантов).

Звуковая обратная связь имеет три алгоритма:

- пропорциональный - тональность звукового сигнала изменяется при изменении амплитуды мышечного сокращения;
- [.] - звуковой сигнал возникает при расположении ЭМГ-кривой в межпороговом интервале;
- .[] - при расположении ЭМГ-кривой вне порогового интервала.

Программа обеспечивает ведение карточки пациента, в которой отражаются особенности пациента и параметры каждой тренировки.

Параметры тренировки компьютер устанавливает автоматически после выполнения пациентом тестового упражнения.

Для коррекции плоскостопия на «Миотренажере» рекомендуются 1-й, 2-й и 3-й режимы.

5. «Корректор движений» - портативный двухканальный аппарат со световой и звуковой обратной связью. Уровень чувствительности регулируется по каждому каналу отдельно.

При сокращении контролируемой мышцы исчезает световой сигнал обратной связи (гаснет сигнальная лампочка) и возникает звуковой, который сохраняется в течение всего времени сокращения мышцы в соответствии с установленным усилением. Аппарат может применяться для тренировки симметричных мышечных групп в попеременном режиме (поочередное сокращение контролируемых мышц). Благодаря портативности аппарат незаменим при коррекции нарушений походки для формирования навыка правильной постановки стоп при ходьбе.



Рис. 18.

Для этой цели ЭМГ-электроды устанавливают на симметричные мышцы, ответственные за имеющийся дефект; в случае коррекции «косолапой» походки - на малоберцовые мышцы (наружная поверхность голени на границе верхней и средней трети, см. рис.11, III).

Пациент выполняет «шаржированную» походку: при выносе ноги вперед (переднем шаге) осуществляет разгибание стопы с активным отведением переднего отдела (гиперкоррекция). При этом сокращение малоберцовых мышц вызывает звуковой сигнал обратной связи, одновременно гаснет световой сигнал. Сохраняя достигнутый уровень сокращения мышц, пациент удерживает звуковой сигнал в течение 5 с, после чего, расслабляя малоберцовые мышцы (звук исчезает), ставит стопу на опору, сохраняя отведение стопы в положении гиперкоррекции (ходьба «ёлочкой») (рис. 18). Затем движение повторяется другой ногой.

Выбор аппарата ЭМГ-БОС

Определяется лечебной задачей, возрастом и индивидуальными особенностями пациента. Последовательная реализация возможностей различных приборов как на одном занятии, так и в течение всего курса, обеспечивает наибольший эффект реабилитации.

При выборе аппарата необходимо учитывать следующие положения:

-диагностика сократительной способности тренируемых мышц с целью оценки эффективности занятий проводится на «Миотренажере» для пациентов любого возраста;

-обучение работе на приборах и первые занятия с детьми любого возраста целесообразно проводить на наиболее простых и наглядных аппаратах: «Миотоник-03», «Митон»;

-восстановление и тренировку мышечного чувства можно проводить на «Миотонике-03» и на «Миотренажере». Аппаратом выбора является «Миотренажер», который позволяет проводить тонкую, дифференцированную тренировку;

-тренировку сократительной способности и силы мышц возможно проводить на любом из перечисленных аппаратов. Но наиболее эффективным для лиц любого возраста, в связи с высоким уровнем мотивации, является игровой тренажер «Био-Битман»;

-в случаях, когда противопоказаны компьютерные игры (гипервозбудимость, эмоциональная неустойчивость, судорожная готовность и эпилепсия, нарушения зрения), целесообразно применение «Митона» и «Миотренажера»;

-для обучения правильной постановке стоп и коррекции походки аппаратом выбора является «Корректор движения».

При проведении одного занятия с одним пациентом возможно применение нескольких аппаратов. Например: у пациента плоскостопие II степени сочетается с выраженной «косолапой» походкой. Для формирования сводов стоп проводится тренировка сгибателей стопы на игровом тренажере «Био-Битман», причем поочередно на обеих ногах (упражнения 1,2,4). Затем тренировка поочередного отведения стоп и коррекция походки на «Корректоре движения» (упражнение 5).

В случае, если в учреждении имеется только «Миотоник-03», решение перечисленных задач возможно только одним прибором, но

в этом случае эффективность занятий будет в большей степени зависеть от искусства специалиста, его умения создавать и поддерживать достаточный уровень мотивации для обеспечения тренирующего эффекта занятий.

Курс реабилитации пациентов с плоскостопием и плоско-вальгусной деформацией стоп в среднем составляет 15 занятий и его условно можно разделить на три периода:

I. Подготовительный - 1 - 3 занятия .

- обучение выполнению упражнений под контролем аппарата ЭМГ-БОС;
- восстановление мышечного чувства.

Рекомендуемые аппараты: «Миотоник-03», «Митон-03», компьютерный «Миотренажер».

II. Основной -10 -12 занятий:

- увеличение сократительной способности и силы мышц, поддерживающих своды стопы;
- обучение правильной постановке стоп при ходьбе.

Рекомендуемые аппараты: игровые тренажеры «Био-Битман», «Митон-03»; компьютерный комплекс «Миотренажер», «Корректор движений».

III. Заключительный - 5 -10 занятий:

- коррекция дефектов походки,
- формирование правильного стереотипа ходьбы.

Рекомендуемый аппарат: «Корректор движений».

Эффективность лечения

С целью оценки эффективности коррекции плоскостопия методом ЭМГ-БОС проведено динамическое обследование 45 пациентов в возрасте от 4 до 15 лет с плоскостопием II - III степени. В качестве критерия эффективности был выбран индекс Чижина - цифровой показатель степени плоскостопия, который определялся по плантограмме в начале и в конце курса лечения.

Оценка эффективности одного курса коррекции проведена у 29 пациентов, которые составили две возрастные группы: I группа -18 детей в возрасте от 4 до 9 лет, II группа -11 человек в возрасте от 10 до 15 лет.

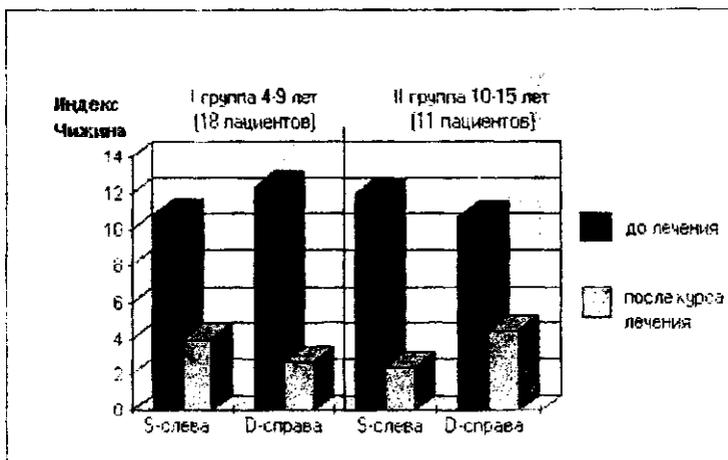
Курс функционального лечения включал 15 занятий по предложенной методике 2-3 занятия в неделю.

Продолжительность тренировки одной мышцы составляла в среднем 15 мин.

Результаты исследований, представленные в табл. 1 и на гистограмме, демонстрируют высокую эффективность занятий. Один курс коррекции позволил снизить степень плоскостопия со II - III до I, что отражает снижение индекса Чижина в 3 - 4 раза. Статистическая обработка результатов методом оценки t-критерия Стьюдента демонстрирует высокую достоверность различий индекса Чижина до и после лечения ($p < 0,05$) в обеих возрастных группах.

Таблица 1. Изменения индекса Чижина при коррекции плоскостопия методом ЭМГ-БОС

Группа	Возраст, лет	n	S - слева		D - справа	
			до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
I	4 - 9	18	10,8±3,8	4,0±1,6	12,4-4,3	2,7+0,5
II	10-15	11	12,0+7,9	2,4+0,7	10,7+3,7	4,4+2,4



Гистограмма 1.

27

Для оценки устойчивости полученного результата у 16 пациентов в возрасте от 4 до 15 лет были проведены исследования плантограмм спустя 9 мес. после курса лечения. Эти пациенты составили III группу.

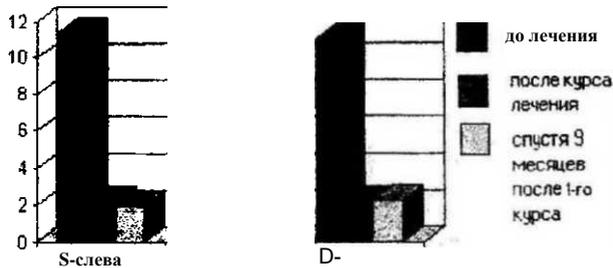
В табл. 2 и на гистограмме № 2 представлены величины индекса Чижина до, после и спустя 9 мес. после курса коррекции. Сравнение величин индекса Чижина после курса коррекции с результатами обследования спустя 9 мес. методом вариационной статистики не выявляют достоверных различий между этими показателями, что свидетельствует об устойчивости полученного результата лечения.

Таблица 2. Устойчивость терапевтического эффекта при коррекции плоскостопия методом ЭМГ-БОС

Группа	Возраст, лет	n	S - слева			D - справа		
			до лечения	после лечения	через 9 мес.	до лечения	после лечения	через 9 мес.
III	4-15	16	11,4±5,8	2,1±0,4	1,9±0,4	11,0±4,1	2,1±0,4	2,2±0,5

Ш группа 4-15 лет (16 пациентов)

Индекс Чижина



Гистограмма 2.

В качестве иллюстрации приводим плантограммы пациентов разного возраста, посещавших занятия в ЦМР «Биосвязь».

Андрей Р. 4 года 10 мес. (рис. 19).

Диагноз: Плоскостопие III степени.

Проведено 2 курса реабилитации: 1-й - с 11.03.96 г. по 5.04.96 г. 2-й - с 12.11.96 г. по 17.01.97 г.

Коррекция плоскостопия проводилась по изложенной методике с применением компьютерного комплекса «Био-Битман». Каждый курс составлял 15 занятий, продолжительностью 30 мин.

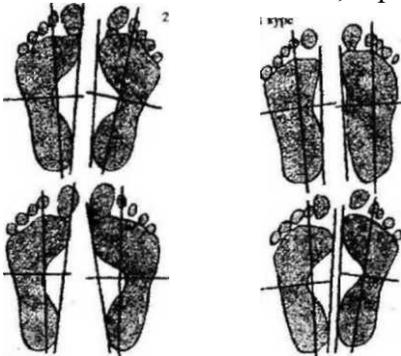


Рис.19

Плантограммы Андрея Р.

В результате проведенного лечения значительное улучшение в состоянии стоп отмечено уже после 1-го курса: индекс Чижина снизился с 50 до 1,4 справа и с 9 до 1,7 слева. Степень плоскостопия изменилась с III до I. При приеме на повторный курс спустя 7 месяцев отмечено сохранение полученного $P^{ис}$ -положительного результата.

Александр Е. 10 лет (рис. 20).

Диагноз: Остаточные явления акушерского пареза Эрба справа. Правосторонний сколиоз грудного отдела позвоночника I степени. Плоскостопие II степени.



Рис. 20.
Плантаграммы Александра Е.

При приеме на лечение предъявлял жалобы на быструю утомляемость и боли в ногах после физической нагрузки.

Из анамнеза известно, что плоскостопие является семейным.

Проведено 2 курса коррекции плоскостопия: 1-й - с 5.04.96 г. по 5.06.96 г. 2-й - с 2.09.96 г. по 20.09.96 г.

Курс лечения заключался в тренировке мышц-сгибателей стопы на игровом тренажере «Био-Битман» по представленной методике и составлял 15 занятий. В результате 1-го курса лечения индекс Чижина снизился с 4,3 до 1,3 справа и с 2,6 до 1,2 слева. Степень плоскостопия изменилась с II до I. При осмотре через 3 мес. отмечалось ухудшение состояния правой стопы (увеличение индекса Чижина до 3,3), однако во время 2-го курса реабилитации удалось

достичь практически полной коррекции плоскостопия (индекс Чижина = 0,9), которая сохранилась и при контрольном осмотре спустя 1 год. Одновременно исчезли утомляемость и боли в стопах.

Михаил Б. 10 лет (рис. 21).

Диагноз: Плоско-вальгусные стопы. Плоскостопие III степени.

1-й курс коррекции проходил с 18.09.97 г. по 25.11.97 г.

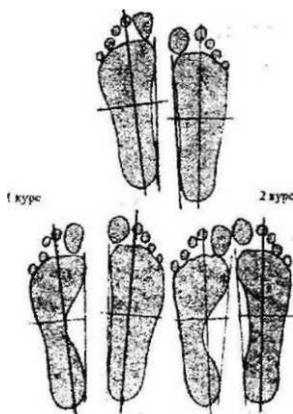


Рис. 21.

Плантаграммы Михаила Б.

В результате проведенной коррекции отмечается отчетливая положительная динамика: индекс Чижина снизился с 10 до 1,33 слева и с 35 до 23 справа. В связи с выраженной деформацией правой стопы проведено ещё 10 занятий (2-й курс), в результате которых удалось добиться большей коррекции правой стопы: индекс Чижина снизился с 23 до 4,3.

Заури Э. 15 лет (рис. 22).

Диагноз: Плоско-вальгусная деформация левой стопы, плоскостопие III степени справа.

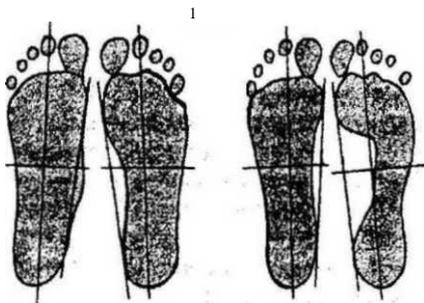


Рис. 22.
Плантограммы Заури Э.

Курс коррекции составил 15 занятий на игровом тренажере «Био-Битман». В результате лечения отмечается нормализация свода стопы справа (индекс Чижина, снизился с 6,5 до 1,1) и улучшение состояния левой стопы. В связи с выраженной деформацией стопы и смещением ладьевидной кости контур отпечатка изменен так, что корректное определение индекса Чижина затруднено. Однако после курса коррекции отмечается улучшение состояния свода левой стопы, индекс Чижина = 6.

Таким образом, проведенные исследования демонстрируют высокую эффективность коррекции плоскостопия и плоско-вальгусной деформации стоп методом биологической обратной связи.

Данный метод может быть рекомендован для занятий с детьми в дошкольных учреждениях и школах для профилактики плоскостопия при предпатологических состояниях и для коррекции деформации стопы в условиях поликлиники и специализированных реабилитационных учреждений.

Литература

1. Бернбек Р., Синиос А. Диспансерное обследование аппарата движения у детей. - М.: Медицина, 1980. - С.54.
2. Волков М.В. (ред.) Ортопедия и травматология детского возраста. Руководство для врачей. - М.: Медицина, 1983.,
3. Волков М.В., Дедова В.Д. Детская ортопедия. - М.: Медицина, 1980. -С.121.
4. Доэрти М., Доэрти Д. Клиническая диагностика болезней суставов. - Минск, 1993.-С.123.
5. Зацепин Т.С. Ортопедия детского и подросткового возраста. - М.: Медгиз, 1956.
6. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека. - М., 1948. - С.179,180, С.292 -301.
7. Каптелин А.Ф. (ред.) Лечебная физкультура в системе медицинской реабилитации. - М.: Медицина, 1995.-С.100. .
8. Липченко В.Я., Самусев Р.П. Атлас нормальной анатомии человека. -М.: Медицина, 1984. - С.40.
9. Петраш В.В., Сметанкин А.А., Вацилло Е.Г., Бекшаев СО Метод биологической обратной связи в коррекции физиологических функций человека Учебное пособие для врачей-слушателей. - Л., 1988.
10. Розенбаум Л. Общие вопросы биоуправления. Биоуправление-2. Теория и практика. - Новосибирск, 1993. - С.25.
11. Садофьева В.И. Рентгенофункциональная диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей. - Л.: Медицина, 1986. - С.240.
12. Чоговадзе А.В. Физическая культура как метод профилактики и лечения плоскостопия у школьников. - М., 1962.
13. Чоговадзе А.В., Круглый М.М. Врачебный контроль в физическом воспитании и спорте. - М.: Медицина, 1977.