

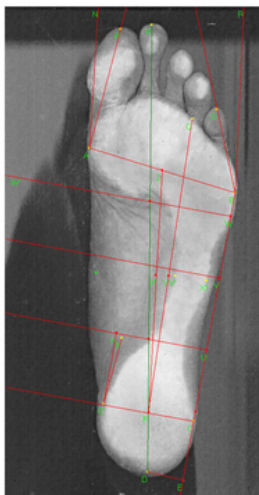
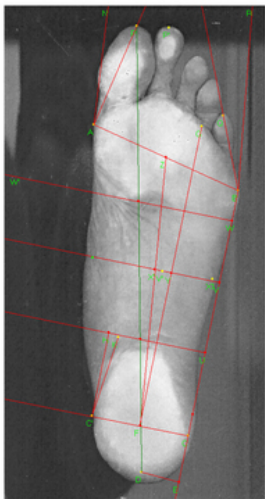
Министерство спорта, туризма и молодежной политики  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградская государственная академия физической культуры»

Кафедра анатомии

Лагутин М.П., Самусев Р.П.

«МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВОДОВ СТОПЫ У  
СПОРТСМЕНОВ-ЛЕГКОАТЛЕТОВ РАЗЛИЧНЫХ  
СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ»



Волгоград - 2012

**Михаил Петрович Лагутин  
Рудольф Павлович Самусев  
Морфофункциональные  
особенности сводов стопы у  
спортсменов-легкоатлетов  
различных специализаций**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=16937358](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=16937358)*

*Морфофункциональные особенности сводов стопы у спортсменов-легкоатлетов различных специализаций. Монография : ФГБОУ ВПО «ВГАФК»; Волгоград; 2012  
ISBN 5836*

### **Аннотация**

Посвящена исследованию морфофункциональных особенностей сводов стопы у спортсменов-легкоатлетов различных специализаций, которые можно использовать в различных разделах спортивной морфологии, спортивной медицине, предназначена для анатомов, специалистов в области спортивной медицины и лечебной физкультуры и может быть полезна для молодых учёных в области биологических и медицинских наук.

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава I. Анатомические, биомеханические и функциональные характеристики стопы при беге	11
Конец ознакомительного фрагмента.	20

**Самусев Р. П.,  
Михаил Лагутин**

**Морфофункциональные  
особенности сводов стопы у  
спортсменов-легкоатлетов  
различных специализаций**

**ВВЕДЕНИЕ**

Одной из актуальных проблем современной спортивной морфологии является изучение влияния физических нагрузок на опорно-двигательный аппарат спортсменов (Лысов П.К., 2001; Сапин М.Р., 2007; Гавриков К.В., 2008; Кашуба В.А., Сергиенко К.Н., 2008; Самусев Р.П., 2009; Перепёлкин А.И., 2010; Nigg В.М., 1986; Shorten M.R., Winslow D.S., 1992).

Стопа играет важную роль в достижении спортивных результатов во всех циклических, игровых видах спорта и единоборствах и при этом на неё приходится до 35 % спортивных травм (Максимович В.А., Свириденок А.И., 2008). При

этом тип и форма стопы оказывают влияние на частоту её травм у спортсменов: у бегунов с травмой стопы плоская стопа наблюдалась в 44 %, полая – в 30 % и нормальная – в 26 % случаев (Hansen S.T.Jr., 2000).

Необходимо отметить, что травмы и заболевания стопы, полученные во время активных занятий спортом, увеличивают риск формирования нарушений соматического, психологического и социального развития (Меерсон Ф.З., 1988; Andersen K.L., 1986).

Имеется значительное число работ отечественных и зарубежных специалистов, посвящённых изучению структурно-функциональных особенностей опорно-двигательного аппарата при воздействии физических нагрузок (Казначеев В.П., 1980; Леонова А.Б., Медведев В.И., 1981; Медведев В.И., 1982.; Пшонникова М.Г., 1986; Меерсон Ф.З., Пшонникова М.Г., 1988; Платонов В.Н., 1988; Солодков А.С., 1988; Солодков А.С., Сологуб Е.Б., 1999; Самусев Р.П., 2006; Ефремова Г.В., 2007; Клаучек С.В., 2007; Гавриков К.В., 2008; Краюшкин А.И., 2008; Мандриков В.Б., 2008; Перепёлкин А.И., 2009; Pols J., Voendennaker P., Mmitinghe H., 2003; Naase A., Steptoe A., Sallis J., Wardle J., 2004). Своды стоп выполняют основную рессорную функцию, трансформируя вертикальные нагрузки в поступательно горизонтальные с передачей на опору (Мицкевич В.А., 1992; Скворцов Д.В., 1992; Макаров М.Р., 2001; Momberger N., Morgan J.M., Vachus K.N., West J.R., 2000).

Многие авторы (Фридланд М.О., 1960; Аверьянова-Языкова Н.Ф., 2002; Кузьмин В.И., 2002; Перепёлкин А.И., 2010; Root, M.L., 1977; Helal B., 1990) придерживаются мнения о том, что хроническая перегрузка стоп является одним из ведущих факторов развития недостаточности сводов. Среди различных деформаций нижних конечностей наиболее часто встречается сочетанное плоскостопие, характеризующееся уплощением продольного и поперечного сводов стопы с поворотом вокруг продольной оси и ее отведением (Донсков В.И., 2000; Истомина И.С., с соавт., 2000; Ануфриева Л.В., 2002; Kitaoka H.B., Patzer G.L., 1997; Hansen S.T.Jr., 2000; Thomas R.L., Wells B.C., Garrison R.L., Prada S.A., 2001).

Однако практически отсутствуют исследования, направленные на изучение влияния спортивных физических нагрузок на морфологические параметры стопы в зависимости от возраста спортсмена, времени, силы и интенсивности воздействия. (Полянский А.В., 2005; Saltin B., Astrand P., 1967; Rusko H., Navu M., Karvinen E., 1978).

Между тем, исследования морфологических характеристик стопы у юношей разного пола при физических нагрузках различной длительности и интенсивности важно для понимания границ вариаций нормальной анатомии стопы. Данных о морфологических изменениях стоп при нелинейном циклическом движении различной интенсивности и длительности в доступных нам источниках и Интернет-ресурсах

обнаружено не было. При большом количестве математических моделей нелинейного бега, нет количественных морфологических характеристик стоп, детерминирующих толерантность к циклической физической нагрузке. В единичных работах (Rodgers M.M., 1993; Ryan G.J., Harrison A.J., 2003) рассматривалось влияние бега с различной степенью интенсивности на биомеханические характеристики стоп.

В известной нам литературе имеются единичные упоминания о возрастных изменениях, происходящих в сводчатом аппарате стопы у лиц разного пола и возраста при спортивных физических нагрузках (Кашуба В.А., 2002; Кашуба В.А., 2003; Горст Н.А., 2004; Кашуба В.А., Сергиенко К.Н., 2008; Краюшкин А.И., 2009; Мандриков В.Б., 2008; Самусев Р.П., 2009; Перепёлкин А.И., 2010).

При этом не учитывались временные параметры воздействия физической нагрузки. Совершенно очевидно, что толерантность сводов стоп к циклической физической нагрузке не безгранична и сведения о динамике морфологических показателей стоп, с учётом временных параметров позволят своевременно выявлять дезадаптационные процессы, проводить патогенетическое лечение и профилактику.

Довольно часто в проводимых исследованиях не учитывается специализация легкоатлета (спринтер или стайер) а, следовательно, интенсивность и длительность физической нагрузки. При этом при статистической обработке спортсмены объединяются в единую группу лиц, занимающихся лёг-

кой атлетикой, что не позволяет получить полную информацию о влиянии циклических беговых движений различного характера на морфологические параметры стопы. Недостаточно, на наш взгляд, изучается влияние интенсивности и длительности циклических беговых движений на морфофункциональные показатели стопы легкоатлетов с учётом полового диморфизма.

Динамический скрининг морфологических параметров сводов стопы при циклической физической нагрузке является актуальным для расширения диагностической базы при выборе тактики и способов её профилактики, лечения и оценке их эффективности.

Нагрузки на опорно-двигательный аппарат при профессиональных занятиях спортом носят стрессовый характер и значительно превосходят повседневные. При этом состояние сводов стопы является лимитирующим в достижении высоких спортивных результатов. Правильная оценка адаптационных возможностей стопы, её толерантности к физическим нагрузкам различной интенсивности позволят своевременно использовать профилактические средства реабилитации на стадии её функциональных нарушений (Кашуба В.А., 2002; Лосева В.С., 2004).

Не вызывает сомнения наличие морфофункциональных изменений сводов стопы при физических нагрузках различной степени длительности и интенсивности. Не смотря на обилие публикаций по проблемам плоскостопия при физи-

ческих нагрузках, недостаточно изученным остаётся воздействие циклического нелинейного движения с опорой стопы на наклонную плоскость. Следует также подчеркнуть, что данный вид нагрузки испытывают абсолютно все спортсмены, тренирующиеся в условиях 200 метрового легкоатлетического манежа, что и определило актуальность данного исследования, которое обусловлено необходимостью изучения морфологических изменений стопы под воздействием нелинейного циклического движения различной длительности и интенсивности у лиц разного пола.

Всё вышеизложенное предопределяет необходимость выявления закономерностей структурно-функциональных изменений стоп у легкоатлетов юношеского возраста при непрямолинейных циклических беговых движениях с учётом характера нагрузки и полового диморфизма.

Постановка на повестку дня этой проблемы очерчивает и круг частных вопросов, без решения которых невозможно решение проблемы в целом. В ряду первоочередных задач нам видятся:

- выяснение морфологических параметров стоп у легкоатлетов юношеского возраста при прямолинейных циклических беговых движениях.
- выяснение морфофункциональных изменений, возникающих в сводах стоп у легкоатлетов юношеского возраста при непрямолинейных циклических беговых движениях.
- определение структурно-функциональных

изменений стоп у легкоатлетов юношеского возраста различной специализации при непрямолнейных циклических беговых движениях различной степени длительности и интенсивности.

- определение особенностей изменений морфофункциональных характеристик стоп легкоатлетов разного пола.

В соответствии с обозначенными ключевыми вопросами морфофункционального состояния стоп при циклических беговых движениях и представлен материал в данной книге.

В основу монографии легли результаты теоретического анализа, а также материалы исследований, проведённых авторами с сотрудниками на кафедре анатомии в течение пяти лет в Волгоградской государственной академии физической культуры.

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам кафедры анатомии за помощь в проведении исследований и рецензентам за ценные советы и помощь в подготовке монографии.

# **Глава I. Анатомические, биомеханические и функциональные характеристики стопы при беге**

В беге, как и остальных видах наземных локомоций человека, источником движения тела спортсмена является взаимодействие его опорно-двигательного аппарата (ОДА) с опорой. Это определило высокий интерес исследователей-специалистов в области лёгкой атлетики к особенностям взаимодействия стоп с опорой в беге (Тюпа В.В., 1978; Левченко А.В., 1996; Бальсевич В.К., 2009; Delecluse С., 1990; Shorten M.R., 1992). В то же время в большинстве исследований учёными рассматривается лишь мера взаимодействия опорно-двигательного аппарата с опорой: вертикальная, горизонтальная, сагиттальная и реже фронтальная составляющие силы реакции опоры. Гораздо менее изученными являются морфофункциональные изменения стопы. Однако сложное строение стопы (наличие продольного и поперечного сводов, выпуклостей и впадин на подошвенной части, блоковидная форма голеностопного сустава) позволяет предполагать возможность адаптационных изменений стопы, повышающих эффективность взаимодействия с опорой и бега в целом.

Анализ современного состояния теоретических и прикладных проблем изучения закономерностей деятельности организма человека под влиянием физических нагрузок свидетельствует о необходимости дальнейшего их исследования (Казначеев В.П., 1980; Леонова А.Б., Медведев В.И., 1981; Медведев В.И., 1982.; Пшонникова М.Г., 1986; Меерсон Ф.З., Пшонникова М.Г., 1988; Платонов В.Н., 1988; Солодков А.С., 1988; Солодков А.С., Сологуб Е.Б., 1999; Naase A., Steptoe A., Sallis J., Wardle J., 2004; Pols J., Boendennaker P., Mmitinghe H., 2003 и др.).

По данным литературы участие стопы в выполнении опорной функции неоднозначно. Так, например, в исследованиях Гурфинкеля В.С. (1965) установлено, что при вертикальной позе в норме масса тела на стопу распределяется следующим образом: 20,5 % – на передневнутренний отдел стопы, 18,4 % – на передненааружный отдел, 5,5 % – на область свода и на пятку – 55,6 %.

Стопа испытывает ежедневные, постоянные физические нагрузки различной длительности и интенсивности, реагирует на их воздействия активным противодействием, направленным на сохранение её целостности и высокой работоспособности. Головки плюсневых костей (кости, расположенные непосредственно за пальцами ног) соприкасаются с полом по всей своей поверхности. Наиболее типичный и легко распознаваемый недостаток – «искривление ноги» (или *tibia varum*). В этом случае линия, проходящая через пяточ-

ную кость, отклоняется от центра. Но даже при нормальном строении стопы возникают существенные различия в двигательном цикле, по-разному проявляющиеся во время ходьбы и бега. При ходьбе стопы ставятся попеременно вправо и влево, достаточно далеко друг от друга, так что центр тяжести тела перемещается из стороны в сторону. При беге же стопы ставятся почти на одной линии. Чем быстрее человек бежит, тем более прямолинейно перемещается его центр тяжести. Но для того чтобы стопы попадали на одну линию при беге, они должны слегка закручиваться вовнутрь .

При беге стопа выполняет две основные функции. Соприкасаясь с опорой, она смягчает удар, позволяя подошве ноги приспособиться к неровностям опорной поверхности. В момент отталкивания стопа выполняет роль рычага, выбрасывающего тело вперед. Биомеханика стопы во время бега – довольно сложный вопрос. Двигательный цикл стопы с нормальным строением состоит из нескольких непрерывных фаз. Первоначально поверхность соприкосновения стопы с опорой расположена с внешней стороны пятки, пяточная кость закручивается. В фазе продвижения вперед стопа поворачивается вовнутрь (пронация) и затем выравнивается в полете. После того как подошва стопы коснулась опоры, она изменяет свою функцию и становится рычагом, выбрасывающим тело вперед. В период опоры на пятку объем пронации в подтаранном суставе составляет примерно  $10^{\circ}$ .

При нормальной походке пронация возникает в начале

фазы опоры и продолжается в течение 8-10 % этой фазы. Сама пронация в подтаранном суставе приводит к появлению дополнительной подвижности в поперечном суставе предплюсны, раскрепощает стопу, позволяя ей приспособиться к неровностям рельефа плоскости опоры. Пронация в подтаранном суставе, занимающая более 8-10 % от общей продолжительности фазы опоры, считается избыточной (Доронин А.М., 1999; Лапутин А.Н., 2003; Селуянов В., 2005).

При беге объем, скорость и продолжительность пронации в подтаранном суставе больше, чем при ходьбе. У бегущего человека пронация начинается уже после касания пяткой пола, на первых 20 % продолжительности фазы опоры. Пронация достигает своего максимума на 40 % от общей продолжительности фазы опоры и может продолжаться до 85 % от длительности этой фазы. Кроме того, сама фаза опоры при беге гораздо короче, чем при ходьбе (Тюпа В., 1981).

Фаза одновременного переноса характерна только для бега. Это время, в течение которого обе стопы не соприкасаются с землей: одна нога завершает фазу переноса, стопа опускается на землю, а другая только что оторвалась от земли после фазы опоры (Cavanagh P.R., Nigg V.M., 1987). В основном сила прилагается к внутренней стороне стопы (область головок двух первых плюсневых костей). Отметим, что пяточная кость во время всего цикла то поворачивается вовнутрь, то наружу. Обычно угол отклонения стопы от нормального положения равняется примерно  $4^\circ$ . Во время

вращательного движения стопы коленный сустав также вынужден поворачиваться вовнутрь. Однако чрезмерная пронация стопы приводит к усилению вращения колена и, следовательно, к дополнительным осложнениям и травмам (Дюсенова А.А., Кокорина Е.А., Ли Хюн Чжу 2004).

Наиболее распространенный недостаток – гиперпронация или чрезмерное закручивание стопы вовнутрь перед отталкиванием. Угол поворота пяточной кости превышает норму  $4^\circ$ . Это движение создает дополнительные напряжения, передающиеся верхним звеньям ноги, в результате чего связки и соединительные ткани испытывают перегрузки.

Благодаря своему сводчатому строению стопа выполняет опорную, рессорную и локомоторную функции. Последняя главным образом заключается в том, что, производя отталкивание от опорных поверхностей, стопа обеспечивает возможность активного перемещения всего тела в пространстве при ходьбе, беге, прыжках. С помощью стоп вертикальные нагрузки, передаваемые нижней конечностью, трансформируются в горизонтальные и передаются на опору (Янсон Х.А., 1975; Филатов В.И., 1980; Аруин А.С., Зациорский В.М., 1983; Арсланов В.А., Бальсевич В.К., Запорожанов В.А., 1987; Скворцов Д.В., 1992). Если при беге в манеже на длинные дистанции крутизна виража почти не влияет на результат, то на средних и тем более коротких дистанциях это влияние очень существенно. Результаты биомеханического исследования бега по повороту (Green G., 1995 -1997) сви-

детельствуют о том, что спортсмену необходимо преодолеть большую величину центростремительной силы, спринтер становится как бы тяжелее и для сохранения оптимального параметра бегового шага ему необходимо прилагать дополнительные усилия. Данные кинематики движений свидетельствуют о различиях в динамике угловой скорости коленного сустава левой и правой ноги, особенно в период опоры (Бальсевич В.К., 2009).

В манеже не удастся развить большую частоту шагов на вираже, так как бегун испытывает более высокие нагрузки от центробежной силы. Для того чтобы противостоять ей и удержаться на дорожке ближе к бровке, бегуну необходимо увеличивать наклон туловища влево. При этом происходит увеличение нагрузки на ноги спортсмена. И такую нагрузку не каждый в состоянии выдержать. Бег по виражу можно сравнить с бегом по прямой дистанции с утяжеленным поясом. Исследования показывают, что утяжеление веса бегуна на 5 кг приводит к потере скорости бега на 0,5 м/с, уменьшению длины и частоты шагов. Бег по виражу выполняется на большой скорости и, чтобы противостоять центробежной силе, бегуну необходимо увеличивать наклон всего тела: чем выше скорость, тем больше наклон тела. Длина шага правой ноги несколько больше, чем длина шага левой ноги. Стопы ставятся немного влево. В момент прохождения вертикали угол сгибания правой ноги меньше, чем левой. Результаты некоторых исследований показали, что беговая посадка при

беге на вираже выше, чем при беге по прямой, хотя по субъективным ощущениям бегунов считается, что на вираже они бегут ниже. Это связано с углом в коленном суставе: чем нагрузка на колени выше, тем угол сгибания их меньше (Жилкин А.И., Кузьмин В.С., Сидорчук Е.В., 2003).

Таким образом, в обоих случаях на поворотах в манеже и на стадионе происходят одни и те же структурные изменения техники бега – нога ставится более выпрямленной, жестче, а беговая посадка повышается. Эти вынужденные изменения позволяют выдерживать перегрузки, действующие на тело спринтера и придавливающие его к дорожке.

В свете современных знаний процесс уплощения стопы под влиянием неадекватных для человека нагрузок объясняется срывом адаптационных возможностей всего сводчатого аппарата. Сущность функциональной адаптации стопы к действию внешних нагрузок сводится к трем моментам:

- уменьшению напряжения механических сил при амортизации костных сводов;
- понижению удельного давления за счет увеличения площади контакта стопы с опорой;
- нейтрализации мышечно-связочным аппаратом усилий растягивания и сдвига, что предотвращает появление вывихов и подвывихов.

Способность мышц и связок стопы активно противодействовать статическим моментам веса тела играет, по всей видимости, решающую роль в профилактике плоскостопия и

формировании на этой основе различных по своему характеру болезненных состояний органа. С утратой этой способности стопа становится функционально неполноценным органом, а её костно-мышечный аппарат вовлекается в постоянную патологическую перестройку. Обычно плоскостопие возникает с детства, но, не вызывая в этом возрасте функциональных нарушений, не дает повода для обращения к врачу. Рецидивировать может плоскостопие в различном возрасте: юношеском, зрелом и старческом. В юношеском возрасте плоскостопие может проявиться значительными морфологическими и функциональными изменениями. В зрелом и в старческом возрасте функциональные расстройства преобладают над морфологическими изменениями в том случае, если до этого в юношестве стопа не успела деформироваться. Являясь одним из проявлений общего состояния организма, симптомы плоскостопия чаще всего появляются в определенные периоды жизни, связанные с общим ослаблением организма.

В юношеском возрасте результаты исследования плоской стопы тесно связаны с интенсивностью физических нагрузок. Во время беговых нагрузок сильной интенсивности морфологические изменения могут быть слабо выраженными, преобладают функциональные расстройства. В дальнейшем выявляется фиксированная деформация, функциональные расстройства и боли (тарзалгия). В стадии ригидной плоской стопы обнаруживаются типичная необратимая её деформа-

ция, явления артроза, периодически обостряющиеся функциональные расстройства и боли (Shorten M.R., Winslow D.S., 1992).

В первую очередь страдает мышечно-связочный аппарат стопы, берущий на себя большую часть статической нагрузки для уменьшения ее воздействия на костные своды. В течение какого-то срока это обеспечивает временную компенсацию неблагоприятных воздействий на стопу. Болевые ощущения появляются не сразу, а лишь в конце дня. Причиной их является болезненный спазм мышц, стремящихся не допустить опускания костных сводов. Мышечное противодействие постепенно ослабевает, а нагрузка на костные своды, по мере нарастания усталости мышц, возрастает. В конечном итоге наступает такой момент, когда упругие силы стопы (обусловленные растяжением мышц, связок) перестают себя проявлять. Дальше происходит ослабление сводоудерживающего аппарата стопы, влекущего за собой опускание костных сводов, появление деформаций, а вместе с ними и различных видов хронических болей. Проследить за основными этапами развития плоскостопия помогает анализ этой ситуации с позиций биомеханики (Rodgers M.M., 1993).

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.