

© М.П. Лагутин и Р.П. Самусев, 2009
УДК 617.586:612.766

М.П. Лагутин и Р.П. Самусев

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОПЫ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАГРУЗКАХ У СПОРТСМЕНОВ-БЕГУНОВ

Кафедра анатомии (зав. — проф. Р.П. Самусев), медико-санитарная часть (зав. — М.П. Лагутин) Волгоградской государственной академии физической культуры

Изучены структурно-функциональные особенности стопы при циклических центробежных физических нагрузках у спортсменов. В работе представлен результат компьютерной морфометрии у 120 спортсменов-легкоатлетов (50 юношей и 70 девушек) 15–17 лет Волгоградского училища Олимпийского резерва и Волгоградской государственной академии физической культуры. Циклические центробежные нагрузки ударного характера (длительный бег по наклонной плоскости — виражу) приводят к существенному снижению высоты сводов стопы. При этом у спортсменов-девушек преимущественно снижается продольный свод стопы, а у спортсменов-юношей — поперечный свод стопы. Определяются два основных типа реакции сводов стопы на длительные циклические нагрузки, что позволило нам впервые разделить статическое плоскостопие на две основные группы: компенсированное, или динамическое, и истинное. При компенсированном статическом плоскостопии, после реабилитации, структурно-функциональные показатели стоп возвращаются к исходным цифрам, а при истинном — комплексные реабилитационные мероприятия не позволяют восстановить начальные морфофункциональные показатели — своды стоп остаются сниженными.

Ключевые слова: стопа, морфометрия, статическое плоскостопие, физическая нагрузка.

Часто встречающейся патологией опорно-двигательного аппарата у спортсменов высокой квалификации является статическое плоскостопие. Патогенетические механизмы его возникновения и динамика структурно-функциональных показателей стопы изучены достаточно полно [2, 5, 7–10]. Но при этом практически отсутствуют работы и исследования по изучению показателей структурно-функционального состояния стопы при циклических центробежных физических нагрузках (ЦЦФН). Подобные нагрузки спортсмен испытывает при длительном, интенсивном виражном беге по наклонной плоскости в условиях легкоатлетического манежа [1, 3].

Цель настоящего исследования был анализ структурно-функционального состояния стоп при ЦЦФН у спортсменов разного пола с помощью оригинальной методики цифровой морфометрии.

Материал и методы. Проведено компьютерное морфометрическое исследование стоп у 120 спортсменов-легкоатлетов (50 юношей и 70 девушек) 15–17 лет Волгоградского училища Олимпийского резерва и Волгоградской государственной академии физической культуры. Спортсмены, имеющие хроническую патологию сводов стопы, в обследовании участия не принимали. Все обследуемые тренировались в легкоатлетическом манеже, длина дорожки 200 м, два виража: угол наклона каждого виража 30°, длина виража 30 м. Общее тренировочное время 100–120 мин, интенсивный виражный бег составлял 25–30 мин. До начала эксперимента все обследуемые спортсмены тренировались на легкоатлетическом стадионе, с длиной дорожки 400 м, без крутых наклонных виражей, при этом беговые движения имели прямолинейный циклический характер. В работе была использована оригинальная технология компьютерной морфометрии стопы, разработанная на кафедре

анатомии и биомеханики Волгоградской государственной академии физической культуры (патент на изобретение № 2253363, зарегистрирован 10 июня 2005 г. «Способ диагностики состояния отделов стопы»). После сканирования стопы программа автоматически рассчитывала плоскостные и угловые характеристики стопы, площади подошвенной поверхности стопы в цифровом формате. Были исследованы следующие параметры: высота свода (см), длина стопы (мм), площадь стопы (тотальная и по отделам, см²), медиальная часть переднего отдела стопы по углу отклонения I пальца (МУ), латеральная часть переднего отдела стопы по углу отклонения V пальца (ЛУ), пяточный угол (ПУ), коэффициент продольного свода (К) в усл. ед. Морфометрическое обследование стопы проводили в начале наблюдений и через 1 мес, после 40–50 тренировочных занятий. Сканирование стопы выполняли в положениях: сидя и стоя перед нагрузкой; стоя — сразу после нагрузки; стоя — в день последней реабилитационной процедуры. Реабилитация включала в себя массаж и рефлексотерапию стоп и голеней по 7–10 сеансов, продолжительностью 30–40 мин. Общее время беговой нагрузки во время реабилитации снижалось на 50–75%.

Результаты исследования. ЦЦФН приводит к перестройке ее физиологического и морфологического статуса. Эта нагрузка (виражный бег с опорой на наклонную плоскость) сопровождается существенным ($P < 0,05$) снижением морфофункциональных показателей сводчатого аппарата стоп, уменьшением МУ переднего отдела стопы при одновременном увеличении ЛУ (табл. 1) и значительном увеличении площади опоры переднего отдела стопы (см. табл. 1), что говорит о снижении поперечного свода и «распластанности» стопы. Вместе с тем, реакция стопы на ЦЦФН проявляется увеличением числовых значений показателя продольного свода — К, который

Таблица 1

Морфометрические показатели стопы у юношей-спортсменов до нагрузки, после 90-минутного бега по выражу и после реабилитации ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Условия эксперимента	Положение тела	Высота свода (см)	Длина стопы (мм)			Угловые характеристики (°)				К (усл. ед.)	Площадь подошвенной поверхности (см ²)			
			Вся стопа	Отделы стопы		МУ	ЛУ	ПУ	Вся стопа		Отделы стопы			
				передний	средний						задний	передний	средний	задний
До нагрузки	Сидя	5,2±0,8	270,3±1,1	82,5±0,4	82,5±0,3	8,1±0,3	12,9±0,3	6,93±0,10	0,78±0,10	63±4	24,2±3	19,4±1,3	19,8±1,1	
	Стоя	4,5±1,8	276,5±1,2	82,9±0,5	82,7±0,3	6,8±0,5	13,0±0,4	4,55±0,20	0,95±0,20	75±4	35±3	20,0±1,4	19,8±1,2	
После нагрузки	Сидя	4,4±1,7	277,4±1,1	84,6±0,3	84,6±0,20	6,9±0,6	14,5±0,5	4,0±0,3	1,1±0,3	90±4	41,78±2,7	26,5±0,9	21,4±1,0	
	Стоя	4,5±0,9	275,5±1,2	83,4±0,4	83,4±0,4	6,8±0,4	13,1±0,4	4,65±0,20	0,94±0,20	77±4	36,0±3	20,5±1,3	20,3±1,1	

Примечание. Здесь и в табл. 2: МУ — медиальный угол; ЛУ — латеральный угол; ПУ — пяточный угол (градусы); К — коэффициент продольного свода.

Таблица 2

Морфометрические показатели стопы у девушек-спортсменов до нагрузки, после 90-минутного бега по выражу и после реабилитации ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Условия эксперимента	Положение тела	Высота свода (см)	Длина стопы (мм)			Угловые характеристики (°)				К (усл. ед.)	Площадь подошвенной поверхности (см ²)			
			Вся стопа	Отделы стопы		МУ	ЛУ	ПУ	Вся стопа		Отделы стопы			
				передний	средний						задний	передний	средний	задний
До нагрузки	Сидя	5,4±0,7	242,3±1,2	72,5±0,4	73,5±0,3	10,61±0,20	9,8±0,3	5,41±0,10	0,76±0,10	56±3	24,2±2,4	15,4±1,3	16,4±1,1	
	Стоя	4,4±1,3	243,3±1,3	73,4±0,5	73,4±0,3	9,4±0,4	11,3±0,5	4,2±0,3	0,97±0,20	64±4	30,4±2,1	16,3±1,1	17,3±1,0	
После нагрузки	Сидя	4,2±1,5	244,0±1,2	73,5±1,3	73,9±0,3	9,3±0,5	11,7±0,6	3,87±0,20	1,12±0,20	71,2±3	33,9±2,3	19,0±1,1	20,3±1,0	
	Стоя	4,3±0,9	242,1±1,1	72,6±0,4	73,6±0,4	9,4±0,4	11,3±0,4	4,23±0,20	0,97±0,10	64±3	30,2±2,2	16,2±1,3	17,2±1,2	

становится равным или даже больше единицы (см. табл. 1), и снижением высоты свода стопы (см. табл. 1), что указывает на снижение рессорных функций продольного свода. Величина ПУ снижается с $6,9 \pm 0,1$ до $4,0 \pm 0,3^\circ$, что свидетельствует о вальгусной ротации голеностопного сустава.

Аналогичные результаты получены в наблюдениях на девушках-спортсменках (табл. 2).

Однако амплитуда изменения высоты свода стопы у девушек больше, чем у юношей, и составляет 1,23 см (у юношей — 0,86 см), К также изменяется на большую величину (0,36 усл. ед. по сравнению с 0,29 усл. ед. у юношей). Таким образом, у девушек нагружается больше продольный свод стопы. При этом показатели динамики поперечного свода стопы у девушек значимо не отличаются от показателей у спортсменов-юношей. Среднее значение ПУ у девушек имеет меньший размах — $1,54^\circ$, а у юношей — $2,93^\circ$.

После реабилитации у юношей все показатели (плоскостные, площадные, угловые) морфофункционального состояния сводов стопы практически вернулись к исходным цифрам: высота сводов стопы; угловые показатели МУ, ЛУ, ПУ; площадь подошвенной поверхности стопы восстановилась не полностью (см. табл. 1). У девушек все угловые характеристики, среднее значение подошвенной поверхности стопы и высота продольного свода восстановились до первоначальных величин (см. табл. 2).

Обсуждение полученных данных. Длительные, интенсивные, повторяющиеся ударные циклические нагрузки, преимущественно центробежной направленности, вызывают структурно-функциональные изменения сводчатого аппарата стоп. В целом данные нашего исследования согласуются с современными представлениями о структурно-функциональных изменениях стопы при линейных или прыжковых физических нагрузках [1–7]. Биомеханические особенности выраженного бега по наклонной плоскости предъявляют повышенные требования к функциональным возможностям поперечного свода стопы. Из

приведенных данных видно, что реакция сводов стопы на эту нагрузку у спортсменов-юношей и спортсменок-девушек имеет существенные отличия. У девушек наиболее выражены изменения продольного свода стопы, что можно объяснить меньшей массой тела, низким расположением центра тяжести, меньшей скоростью «вхождения» в вираж и соответственно меньшей ударной нагрузкой переднего отдела стопы. У спортсменов-юношей определяется отчетливо выраженное опускание поперечного свода, сочетающееся с опусканием продольного свода. Однако, независимо от половых отличий, было установлено, что развитие плоскостопия (поперечного и продольного) у этих спортсменов имеет функциональный характер и является обратимым. После проведенных реабилитационных мероприятий у всех без исключения спортсменов установлена положительная динамика морфофункционального состояния сводов стоп.

По данным компьютерного морфометрического обследования, было выявлено два основных типа реакции сводов стопы на физическую нагрузку, что позволило нам впервые разделить статическое плоскостопие на две основные группы: компенсированное, или динамическое, и истинное. При компенсированном статическом плоскостопии после реабилитации структурно-функциональные показатели стоп возвращаются к исходным цифрам, а при истинном — комплексные реабилитационные мероприятия не позволяют восстановить начальные морфофункциональные показатели. Нами установлено, что длительные ЦЦФН с опорой стопы на наклонную поверхность вызывают преимущественно развитие динамического плоскостопия и имеют значимые половые отличия. При этом у спортсменок-девушек преимущественно снижается продольный свод стопы, а у спортсменов-юношей — поперечный свод стопы.

Контроль за динамикой структурно-функциональных показателей стопы у спортсменов-легкоатлетов позволяет выявить минимальные количественные изменения сводчатого аппарата, что расширяет диагностическую базу и оптимизирует лечебную тактику и мероприятия по профилактике статического плоскостопия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриков К.В., Самусев Р.П. и Лагутин М.П. Динамическое стрессовое плоскостопие при циклических физических нагрузках у спортсменов. В кн.: Материалы Международной научно-практической конференции по проблемам в сфере физической культуры и спорта. Волгоград, Изд-во Волгоградск. гос. акад. физ. культуры, 2006, с. 287–289.
2. Кашуба В.А., Сергиенко К.Н. и Валиков Д.П. Компьютерная диагностика опорно-рессорной функции стопы человека. В кн.: Физ. воспитание студентов творческих специально-

стей. Сборник научн. трудов, Харьков, Изд-во Харьковск. худ.-пром. ин-та, 2002, № 1, с. 11–16.

3. Лагутин М.П., Ефремова Г.В., Гавриков К.В. и Перепелкин А.И. Эффективность метода компьютерной плантографии для оценки состояния свода стопы при циклических физических нагрузках. В кн.: Материалы I Всерос. с междунар. участием, конф. по управлению движением. Великие Луки, Изд-во Великолукск. гос. академии физ. культуры, 2006, с. 16–17.
4. Лагутин М.П. и Самусев Р.П. Наш опыт использования оригинального метода компьютерной плантографии в спорте. Журн. Рос. ассоц. по спорт. мед. и реабил. больных и инвалидов, 2008, № 4, с. 103–104.
5. Щуров В.А. Метод исследования биомеханических свойств мягких тканей опорной поверхности стопы. Ортопед. травматол., 1986, № 3, с. 32–34.
6. Щуров В.А., Сазонова Н.В. и Щуров И.В. Способ оценки биомеханических свойств мягких тканей опорной поверхности стопы. Росс. журн. биомех., 2008, т. 12, № 4, с. 47–52.
7. Kitaoka H.B., Lundberg A., Luo Z.P. and An K.N. Kinematic of the normal arch of the foot and ankle under physiologic loading. *Foot Ankle Int.*, 1995, v. 16, № 8, p. 493–499.
8. Kovaleski, J. Instrumented measurement of AP and inversion-eversion laxity of the normal ankle joint complex. *Foot Ankle Int.*, 1999, v. 20, № 12, p. 808–814.
9. Mitskevitch V. and Bennet P. Clinical analysis of plantar foot pressure. *J. Am. Podiatric Med. Assoc.*, 1993, v. 83, № 12, p. 674–678.
10. Mombberger N., Morgan J.M., Bachus K.N. and West J.R. Calcaneocuboid joint pressure after lateral column lengthening in a cadaveric planovalgus deformity model. *Foot Ankle Int.*, 2000, v. 21, № 9, p. 730–735.

Поступила в редакцию 16.01.09
Получена после доработки 27.10.09

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES OF THE FOOT AFTER CYCLIC CENTRIFUGAL PHYSICAL LOADS IN SPORTS RUNNERS

M.P. Lagutin and R.P. Samusev

Foot structural and functional peculiarities after cyclic centrifugal physical loads in sports runners were studied. The work demonstrates the results of computer morphometry of 120 athlete runners (50 boys and 70 girls) aged 15–17 years – the students of Volgograd School of Olympic Reserve and Volgograd State Academy of Physical Education. Cyclic centrifugal loads of shock-type (long run on an inclined plane) resulted in significant reduction of the foot arch height. In female runners, the reduction was found mainly in the longitudinal foot arch, while in male runners it was detected in transverse foot arch. Two basic types of foot arch reaction to prolonged cyclic loads were detected. This allowed us, for the first time, to divide the static flat-footedness into two major categories: compensated, or dynamic, and true. In compensated static flat-footedness, the structural and functional foot parameters returned to their initial levels after the rehabilitation, while in true flat-footedness the complex rehabilitation measures could not restore the initial morpho-functional parameters: foot arches remained reduced.

Key words: *foot, static flat-footedness, morphometry, physical activity.*

Department of Human Anatomy and Biomechanics; Medico-Sanitary Department, Volgograd State Academy of Physical Education.