

подавляет активность металлопротеиназ, а с другой – стимулирует пролиферацию, что обуславливает хондропротективное действие ОТП. Из литературных источников известно также, что ОТП *in vitro* стимулирует выработку хондроцитами коллагена II типа, снижает уровень апоптоза хондроцитов [7].

Полученные результаты не вступают в противоречие с теоретическими данным о влиянии ГК как ингибитора экссудации, образования провоспалительных медиаторов и как составляющей метаболизма матрикса. Применение ОТП, обладающей двояким действием как на про-, так и на противовоспалительные цитокины, и значительно увеличивающей концентрацию различных факторов роста, в кратчайший срок повышает пролиферативную активность грануляционной ткани и приводит к активации поврежденной ткани хряща, таким образом разрешая воспалительный процесс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При моделировании остеоартроза в коленном суставе у половозрелых крыс линии Wistar возникают грубые структурные изменения в суставном хряще, вплоть до его полного разрушения, сопровождающегося сосудистой пролиферацией и гранулематозным воспалением.

Введение ОТП на фоне развившегося остеоартроза сопровождается снижением выраженности дегенеративно-дистрофических изменений, улучшением показателей тинкториальных свойств матрикса суставного хряща.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котельников Г. П., Ларцев Ю. В., Махова А. Н. Сравнительная оценка структурных изменений тканей сустава при различных моделях экспериментального артроза // Казанский медицинский журнал. – 2006. – № 1. – С. 31–35.

2. Обогащенная тромбоцитами аутологичная плазма в лечении пациентов с гонартрозом III стадии / Д. А. Маланин, В. В. Новочадов, С. А. Демкин и др. // Травматология и ортопедия России. – 2014. – № 3. – С. 52–59.

3. Andia I., Sanchez M., Maffulli N. Joint pathology and platelet-rich plasma therapies // Expert Opin. Biol. Ther. – 2012. – Vol. 1, № 1. – P. 7–22.

4. Guner S., Buyukbebeci O. Analyzing the effects of platelet gel on knee osteoarthritis in the rat model. Clin. Appl. Thromb. Hemost. – 2013. – Vol. 19. – P. 494–498.

5. Hedbom E., Hauselmann H. J. Molecular aspects of pathogenesis in osteoarthritis: the role of inflammation // Cell. Mol. Life Sci. – 2002. – Vol. 59. – P. 45–53.

6. High molecular weight hyaluronic acid down-regulates the gene expression of osteoarthritis-associated cytokines and enzymes in fibroblast-like synoviocytes from patients with early osteoarthritis / C. T. Wang, Y. T. Lin, B. L. Chiang, et al. // Osteoarthr. Cartil. – 2006. – Vol. 12. – P. 1237–1247.

7. Influence of platelet-rich plasma on chondrogenic differentiation and proliferation of chondrocytes and mesenchymal stem cells / A. Drengk, A. Zapf, E. K. Sturmer, et al. // Cells Tissues Organs. – 2009. – Vol. 189, № 5. – P. 317–326.

8. Kwon D. R., Park G. Y., Lee S. U. The effects of intra-articular platelet-rich plasma injection according to the severity of collagenase induced knee osteoarthritis in a rabbit model // Ann. Rehabil. Med. – 2012. – Vol. 6, № 4. – P. 458–465.

9. Platelet-rich plasma: why intra-articular? A systematic review of preclinical studies and clinical evidence on PRP for joint degeneration / G. Filardo, E. Kon, A. Roffi, et al. // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. – 2015. – Vol. 23. – P. 2459–2474.

10. Walshe T. E., Dole V. S., Maharaj A. S. R. Inhibition of VEGF or TGF-beta signaling activates endothelium and increases leukocyte rolling // Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. – 2009. – Vol. 29. – P. 1185–1192.

А. И. Перепелкин, В. Б. Мандриков¹, А. И. Краюшкин, Е. С. Атрощенко

Волгоградский государственный медицинский университет,
кафедра анатомии человека, кафедра физической культуры и здоровья¹

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ПРОДОЛЬНОГО СВОДА СТОПЫ У ДЕТЕЙ

УДК 617.586-007.58:611.986:378.4

Работа посвящена исследованию продольного свода стопы у детей с использованием оригинального программно-аппаратного комплекса. Всего под наблюдением находилось 1 561 человек, из которых 199 детей первого детства, 394 – второго детства, 252 человека подросткового возраста, а также 716 лиц юношеского возраста. В каждой возрастной группе у девочек и мальчиков изучался тип телосложения. В результате исследования было выявлено, что в период первого детства гендерные различия продольного свода стопы не выявляются, в то же время обнаруживаются соматотипические различия. Изменения индексов и коэффициента К свидетельствуют об увеличении продольного свода стопы в возрасте с 4 до 7 лет. В период второго детства выявляются гендерные и усиливаются соматотипические значимые различия продольного свода стопы по сравнению с периодом первого детства. В подростковом периоде у мальчиков наблюдается более высокие показатели коэффициента К, свидетельствующие о более низком расположении продольного свода стопы по сравнению с девочками. Юношеский период характеризуется онтогенетическим завершением формирования продольного свода стопы, наиболее выраженными соматотипическими и гендерными его различиями.

Ключевые слова: продольный свод стопы, формирование стопы, плантография, дети.

A. I. Perepelkin, V. B. Mandrikov, A. I. Krayushkin, E. S. Atroschenko

TO THE QUESTION OF THE FORMATION OF THE LONGITUDINAL ARCH OF THE FOOT IN CHILDREN

The article deals with the research of the longitudinal arch of the children foot. The original hardware and software system is used. There were 1 561 persons observed (199 children of the first childhood, 394 people of the second childhood, 252 teenagers, and 716 persons of youthful age). The somatotype in each group of the girls and the boys was studied. In the period of the first childhood the gender distinctions of the longitudinal arch of the foot haven't been revealed, at the same time the somatotypical distinctions are found. The changes of the indexes and K-coefficient demonstrate the rising in the longitudinal arch in aged group from 4 to 7 years. The gender distinctions appear in the period of the second childhood and the somatotypical significant distinctions of the foot longitudinal arch increase in comparison to the first childhood period. The K-coefficient is observed to be higher in case of the boys-teenagers in comparison to the girls. This is the evidence of the lower position of the longitudinal arch of the foot in boys' case. The youthful period is characterized by the ontogenetical completion of the formation of the longitudinal arch of the foot and by its somatotypical and gender distinctions being most vividly expressed.

Key words: longitudinal foot arch, the foot formation, plantography, children.

Изучение структуры и функции стопы детей, как в норме, так и при патологии до настоящего времени является трудной задачей.

Стопа является одним из основных структурных сегментов опорно-двигательного аппарата человека, обеспечивающих его статолокомоторную функцию, и представляет целостный морфофункциональный объект, от которого зависит двигательная функция человека [2].

Важнейшей конструктивной особенностью стопы человека является ее сводчатое строение. В продольном направлении стопа образует свод различной геометрической конфигурации: в переднем отделе – по параболе, а в заднем – по дугам окружностей различных радиусов. Точками опоры стопы являются: пяточный бугор и головки плюсневых костей, преимущественно первой и пятой. У человека благодаря деятельности мышц, точки опоры могут меняться. В поперечном направлении свод представляет гиперболу [4]. Особенности ее анатомического строения костного, связочного и мышечного аппаратов определяют рессорную, балансировочную и локомоторную функции. Н. Ф. Аверьянова-Языкова выделяет пять продольных и один поперечный свод стопы [1]. Все продольные начинаются из одной точки на пяточной кости, а затем линии сводов направляются вперед вдоль предплюневых костей к пяти плюсневым костям и на соответствующие фаланги. Составными частями свода стопы являются связки, апоневрозы и мышцы. Роль мышечного окружения в формировании сводов определяется тем, что при их сокращении удерживается основание сводов, а также, прикрепляясь к апоневрозу и связкам, мышцы натягивают их, обеспечивая дополнительную прочность. Это происходит именно за счет сводов стопы, упругие колебания которых оберегают организм от грубых толчков и сотрясений при ходьбе и прыжках [7].

Существует большое количество методов диагностики состояния сводов стопы (клинических, графических, рентгенографических и др.),

которые призваны решить эту проблему, однако ни один из них не может ответить на все вопросы. Совершенствование этих методов с привлечением всех достижений научно-технического прогресса, является актуальной проблемой в настоящее время.

Среди различных деформаций нижних конечностей наиболее часто встречается плоскостопие, характеризующееся уплощением продольного и поперечного сводов стопы в сочетании с поворотом вокруг продольной оси, а также ее отведением. Преобладание плоскостопия в структуре патологии стоп говорит о необходимости совершенствования методов диагностики этого состояния. Ранняя диагностика плоскостопия очень важна при проведении диспансерных осмотров детей в дошкольных и школьных учебных заведениях, в спортивной медицине, для своевременного прогнозирования нарушения здоровья спортсменов [3].

Из имеющихся литературных источников известно, что продольный свод стопы и его рессорная функция у детей сформировываются к концу 4-го года жизни [5]. Однако это утверждение не соответствует данным, полученным в более позднем исследовании [6]. Существующие противоречивые взгляды в научной литературе на сроки окончательного формирования продольного свода стопы послужили основным мотивом для выполнения этой работы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить особенности формирования свода стопы у детей.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами проведена работа по созданию метода исследования с использованием программно-аппаратного комплекса для оценки состояния стопы. Работа проводилась в три этапа: на 1-м этапе создан программно-аппаратный комплекс, позволяющий анализировать анатомическое и функциональное состояние стопы детей.

На 2-м этапе проводилось исследование детей различных возрастных групп, а также студентов вузов. На 3-м этапе на основании полученных 18 вариантов состояния стопы разработана и внедрена лечебная программа.

Многие из существующих методов исследования стопы являются дорогостоящими и достаточно трудоемкими. Поэтому возникает необходимость качественного изменения наиболее «популярных» и простых, с технической точки зрения, методик с учетом специфики работы врачей, педагогов и воспитателей, что позволит облегчить решение поставленных задач. Для выполнения исследования нами предложен компьютерный аппаратный комплекс и методы определения анатомо-функционального состояния стопы (патенты РФ на изобретения № 2253363, 2309663, 2331360, 2358650). На компьютерный плантографический комплекс (ООО «Ортопед», Волгоград) имеется регистрационное удостоверение Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № ФСР 2011/10105 от 11 февраля 2011 г., разрешающее его производство, продажу и применение на территории Российской Федерации.

Метод направлен на повышение разрешающей способности планшетного сканирования, глубины и качества диагностики патологии стоп, интегральной оценки заключительных выводов путем создания специализированных диагностических алгоритмов. Плантограф представляет собой специально укрепленный планшетный сканер, способный выдерживать массу тела человека. Изображение стопы выводилось на монитор компьютера, и проводилась его обработка при помощи графико-расчетного метода.

В нашей работе мы проводили исследование морфофункционального состояния стоп у человека в разные возрастные периоды. В современной науке нет общепринятой классификации периодов роста и развития человека и их возрастных границ. За основу возрастной периодизации была взята схема, имеющая значительное распространение, и предложенная VII симпозиумом по проблеме возрастной анатомии, физиологии и биохимии в Москве (1965), созванным Институтом физиологии детей и подростков АПН СССР.

Всего под наблюдением находилось 1 561 человек, из которых 199 детей первого детства, 394 – второго детства, 252 человека подросткового возраста, а также 716 лиц юношеского возраста.

В ходе работы при выделении типов телосложения использовали популяционно-центристский подход. На основании показателей массы тела, роста и обхвата грудной клетки были составлены таблицы, в которых обследуемые лица распределены по группам в зависимости

от возраста, при этом в каждой возрастной группе выделены две подгруппы: мальчики и девочки. В пределах каждой подгруппы определяли для каждого ребенка индекс Пинье по уравнению $[J = L - (P + T)]$, где L – длина тела (см), P – масса тела (кг), T – обхват грудной клетки (см)]. Для улучшения визуальной групповой оценки все показатели в столбик размещали по возрастающей величине. Производилось вычисление среднего значения индекса Пинье для каждого возраста и пола, после чего определялось среднее квадратичное (сигмальное) отклонение.

Вариационный ряд признака (индекса Пинье) разбивался на основании квадратичного отклонения (σ) на три категории. При этом, если показатель индекса Пинье укладывался в величину $M \pm 1\sigma$, то ребенок относился к нормостеничному типу телосложения (первая категория). При величине этого показателя менее $M - 1\sigma$ – телосложение ребенка оценивалось как гиперстеническое (вторая категория), тогда как при величине индекса Пинье более $M + 1\sigma$, телосложение ребенка относилось к астеническому типу (третья категория).

Рассчитывались разнообразные показатели, характеризующие состояния продольного свода стопы (коэффициент K , индексы Штриттер, Вейсфлога и Штриттер–Годунова).

Коэффициенту K определяет состояние среднего отдела продольного свода стопы. Он вычислялся по формуле: $K = x/y$, где x – ширина закрашенной части отпечатка по линии vv' , y – ширина наружной части продольного свода стопы. При K от 0 до 0,5 – стопа полая, при K от 0,51 до 1,10 – стопа с нормальным сводом, при K от 1,11 до 1,20 – стопа с пониженным сводом, при K от 1,21 до 1,30 – 1-я степень плоскостопия, при K от 1,31 до 1,50 – 2-я степень плоскостопия, при K от 1,50 и выше – 3-я степень плоскостопия.

При условии, что K менее 0,1 соответствует состоянию $P1$, K от 0,1 до 0,4 – $P2$, K от 0,4 до 0,5 – $P3$, K от 0,5 до 1,1 – норма, K от 1,1 до 1,2 – B , K от 1,1 до 1,22 – $B1$, K от 1,22 до 1,28 – $B2$, K от 1,28 до 1,3 – $B3$, K от 1,3 до 1,34 – $C1$, K от 1,34 до 1,46 – $C2$, K от 1,46 до 1,5 – $C3$, K от 1,5 – D .

Кроме того, определялись протяженности переднего и заднего отделов, отсекаемых соответственно линиями ww' и uu' . Если эти отделы удлинены, значит, стопа плоская даже при нормальном состоянии среднего отдела.

Представленный выше способ определения состояния стопы, выявление и оценка возможных проявлений поперечного и продольного плоскостопия был положен в основу компьютерного метода диагностики, примененной в настоящей работе. На рисунке показано окно программы для расчета морфофункционального состояния стопы.

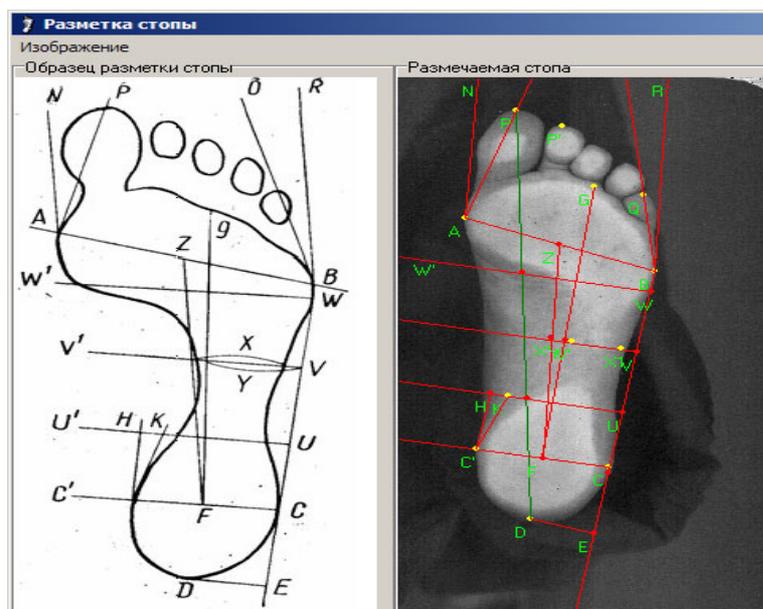


Рис. Окно программы расчета анатомо-функциональных параметров стопы

Анализ динамического (временного) ряда сводился к вычислению следующих показателей: абсолютного прироста (или снижения); темпа роста (или снижения); темпа прироста. Абсолютный прирост представляет собой разность между последующим и предыдущим уровнем. Темп роста – это отношение последующего уровня к предыдущему, умноженное на 100 %. Темп прироста является отношением абсолютного прироста (снижения) к предыдущему уровню, умноженным на 100 %.

Проводилась статистическая обработка полученных данных методами описательной статистики с использованием программы Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По нашим наблюдениям, в период первого детства коэффициент K имеет одинаковое значение как у мальчиков, так и у девочек. В период второго детства у астеников, также как и у гиперстеников, коэффициент K уменьшается как у девочек, так и у мальчиков на одинаковую величину. Более значительно это происходит у нормостеников. Различия между этими соседними возрастными группами статистически достоверны.

Аналогичные изменения наблюдали китайские исследователи А. К. Leung и соавт. (2005), которые изучали коэффициент контактного давления, вычисляемый как соотношение нагружаемой поверхности среднего отдела стопы к ее общей нагружаемой поверхности без учета пальцев [12]. Рассматриваемый ими коэффициент уменьшался от 4 до 10 лет жизни, затем оставался неизменным до 12 лет, и в последующем увеличивался до 15–16 лет.

Т. Carrello и К. М. Song (1998) считают, что при рождении у детей имеется пластичная форма «физиологического плоскостопия», а нормализация продольной дуги свода стопы происходит в первой декаде жизни или позже [9]. На это указывают и другие авторы [8, 14].

По нашим данным, коэффициент K в подростковом возрасте у мальчиков всех соматотипов по сравнению с предыдущим периодом увеличивается и становится несколько выше этого показателя девочек.

Различия между соседними возрастными группами статистически значимы только для нормостеников. У девочек этот коэффициент увеличивается у нормостеников ($p < 0,05$) и гиперстеников ($p > 0,05$), но снижается у астеников ($p > 0,05$) (см. табл.).

Динамика коэффициента K и темп его роста (снижения) в зависимости от возраста детей

Возраст измерения	Коэффициент K , ед.					
	Астеники		Гиперстеники		Нормостеники	
	Д	М	Д	М	Д	М
6–7 лет (абс. знач.)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,88	0,88
8–11 лет (абс. знач.), темп роста (снижения), %	0,75	0,75	0,75	0,75	0,7	0,69
12–15 лет (абс. знач.), темп роста (снижения), %	0,72	0,78	0,82	0,83	0,78	0,85
16–20 лет (абс. знач.), темп роста (снижения), %	0,78	0,92	0,95	0,94	0,82	0,87
	90,7	107,0	110,47	109,3	93,18	98,9

В юношеском периоде коэффициент К по сравнению с предыдущим периодом продолжает увеличиваться у обоих полов (у нормостеников, гиперстеников и астеников): у девушек на 4,54 ($p < 0,05$), 15 ($p < 0,05$) и 6,98 % ($p > 0,05$) соответственно, а у юношей – на 2,3, 12,8 и 16,3 % ($p < 0,05$) соответственно, оставаясь у них наибольшим. На это указано и в исследовании P. S. Igbigbi, et al. (2005), которые обнаружили наличие более высокого индекса свода стопы у мужчин по сравнению с женщинами [11].

Значение коэффициента К в астеническом типе телосложения у юношей превышает это значение периода первого детства, что свидетельствует о значительном снижении продольного свода стопы. Следовательно, мы видим, что неблагоприятное влияние на формирование продольного свода стопы, а значит и рессорной ее функции, оказывает принадлежность к астеническому типу телосложения у мужчин и к гиперстеническому – у женщин. S. C. Wearing, et al. (2004) также считают, что телосложение изменяет величину индекса свода стопы, особенно у людей с ожирением и избыточным весом [13].

Начиная с подросткового периода, у мальчиков наблюдается более низкое расположение продольного свода стопы по сравнению с девочками. На это половое различие продольного свода стопы указывается и в другой работе [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в период первого детства гендерные различия продольного свода стопы не выявляются, в то же время обнаруживаются соматотипические различия. Изменения индексов и коэффициента К свидетельствуют об увеличении продольного свода стопы в возрасте с 4 до 7 лет. В период второго детства выявляются гендерные и усиливаются соматотипические значимые различия продольного свода стопы по сравнению с периодом первого детства. В подростковом периоде у мальчиков наблюдается более высокие показатели коэффициента К, свидетельствующие о более низком расположении продольного свода стопы по сравнению с девочками. Юношеский период характеризуется онтогенетическим завершением формирования продольного свода стопы, наиболее

выраженными соматотипическими и гендерными его различиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянова-Языкова Н. Ф. Развитие сводов стопы в раннем онтогенезе человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Ярославль, 1990. – 19 с.
2. Ефимов А. П. Информативность биомеханических параметров походки для оценки патологии нижних конечностей // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 80–88.
3. Исследование опорной поверхности стопы в юношеском возрасте / А. И. Перепелкин, А. И. Краюшкин, Е. С. Смаглюк и др. // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – Т. 18, № 2. – С. 150–152.
4. Кашуба В. А., Сергиенко К. Н. Технология биомеханического контроля состояния опорно-рессорной функции стопы человека // Биомеханика стопы человека: матер. I Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно, 2008. – С. 32–34.
5. Корнилов Н. В., Грязнухин Э. Г. Травматология и ортопедия: Руководство для врачей: в 4 т. – СПб., Изд-во «Гиппократ», 2006. – Т. 3. – С. 569.
6. Перепелкин А. И. Соматотипологические закономерности формирования стопы человека в постнатальном онтогенезе: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Волгоград, 2009. – 53 с.
7. Перепелкин А. И., Краюшкин А. И. Динамика линейных параметров стопы девушек при возрастающей нагрузке // Вестник ВолгГМУ. – 2013. – № 2. – С. 25–27.
8. Brooks M. H. Flat feet in children // Br. Med. J. – 1991. – № 302. – P. 237.
9. Cappello T., Song K. M. Determining treatment of flatfeet in children // Curr. Opin. Pediatr. – 1998. – Vol. 10, № 1. – P. 77–81.
10. Igbigbi P. S., Msamati B. C. The footprint ratio as a predictor of pes planus: a study of indigenous Malawians // J. Foot Ankle Surg. – 2002. – Vol. 41, № 6. – P. 394–397.
11. Igbigbi P. S., Msamati B. C., Shariff M. B. Arch index as a predictor of pes planus: a comparative study of indigenous Kenyans and Tanzanians // J. Am. Podiatr. Med. Assoc. – 2005. – Vol. 95, № 3. – P. 273–276.
12. Leung A. K., Cheng J. C., Mak A. F. A cross-sectional study on the development of foot arch function of 2715 chinese children // Prosthet. Orthot. Int. – 2005. – Vol. 29, № 3. – P. 241–253.
13. The arch index: a measure of flat or fat feet? / S. C. Wearing, A. P. Hills, N. M. Byrne, et al. // Foot Ankle Int. – 2004. – Vol. 25, № 8. – P. 575–581.
14. Volpon J. B. Footprint analysis during the growth period // J. Pediatr. Orthop. – 1994. – № 14. – P. 83–85.