

На правах рукописи

Акамбасе Джонас Атулебуре

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА СТОП С РАЗНОЙ
ВЫСОТОЙ СВОДА У ЛЮДЕЙ РАЗЛИЧНЫХ
РАСОВО-ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП**

14.03.01 – Анатомия человека

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2019

Работа выполнена на кафедре анатомии человека медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

Научный руководитель:

Валентин Иванович Козлов, заслуженный деятель науки РФ, академик МАН ВШ, доктор медицинских наук, профессор; заведующий кафедрой анатомии человека ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов».

Официальные оппоненты:

Николенко Владимир Николаевич, доктор медицинских наук, профессор; заведующий кафедрой анатомии человека, директор Научно-исследовательского центра ФГАОУ ВО «Первый московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России.

Дуванский Владимир Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор; заместитель директора по научной работе федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К.Скобелкина" ФМБА России.

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России.

Защита диссертации состоится «19» ноября 2019 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета РДС 0300.02 в Российском университете дружбы народов по адресу: г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8. на кафедре анатомии человека.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского университета дружбы народов по адресу: г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

Автореферат разослан « 18 » октября 2019 года.

Секретарь диссертационного совета
кандидат исторических наук

Дробышева Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последнее время постоянно нарастает интерес к подиатрии, поскольку стопа является важнейшим структурно-функциональным сегментом опорно-двигательного аппарата, обеспечивающим не только статическую, но и динамическую функции тела, что играет важную роль в повседневной жизни человека (Мицкевич В.А., Арсеньев А.О., 2006). Как известно, главная эволюционная анатомическая особенность стопы человека заключается в формировании ее свода, в результате чего все силовые нагрузки в стопе распределяются по арочным структурам в виде продольных и поперечных арок (Иваницкий М.Ф., Гладышева А.А., Козлов В.И., 1978; Коуплэнд Г., Соломон С., 2014).

Деформации свода стопы занимают значительное место в структуре ортопедических заболеваний (Истомина И.С., Левин А.Н. 2003; Кузьмин В.И., 2003). Так, среди ортопедической патологии плоскостопие встречается в 26,4% наблюдений, а среди деформаций стоп статическое плоскостопие занимает первое место, составляя 81,5% (Шугалова А.Б., 1996). В этом аспекте проблема диагностической, морфологической и функциональной оценки состояния стоп и реабилитации плоскостопия приобретает особо важное значение (Баталов О.А., 1998; Донсков В.И., 2000; Шишкина А.А., 2000; Храброва В.Г. и др. 2002; Гисак С.Н., 2004). Некоторые клинические наблюдения показывают, что вальгусная деформация и *pes planus* более распространены у афро-американцев, чем у европейцев (Dunn J.E., Link C.L., Felson D.T., Crincoli M.G., Keysor J.J., McKinlay J.B., 2004).

Особый интерес в плане оценки функционального состояния стопы, особенно в условиях деформации ее свода, представляет изучение наряду с ее анатомо-антропометрическими характеристиками особенностей микроциркуляции крови, поскольку изменения тканевого кровотока тесно коррелируют со структурными изменениями в органах

(М. Intaglietta, 1990, 1994, 2008; Н.Н. Петрищев, 2001, 2003, 2008, 2009; В.И. Козлов, 2006, 2015). Изучение тканевого кровотока в стопе у человека важно не только в анатомическом плане с целью уточнения топографо-анатомических особенностей кровоснабжения в различных областях тела (Н.В. Крылова, Т.М. Соболева, 2002, 2004; Морозов М.В., 2008). Кожный покров стопы является доступным и удобным объектом для функциональной диагностики состояния микроциркуляции (В. Fagrell, 1995; М. Intaglietta, 1990, 1994, 2008; Э.С. Мач, 2004; Морозов М.В., 2008). В этой связи необходимы точные представления об уровне тканевого кровотока в стопе в норме и диапазоне его варьирования при разных формах деформации свода стопы.

Цель исследования состояла в комплексном изучении структурно-функциональных характеристик стоп с разной высотой свода у представителей различных расово-этнических групп и определении факторов, сопутствующих деформации свода стопы и развитию плоскостопия.

Задачи исследования

1. Изучить анатомо-антропометрические характеристики стоп у представителей африканской (негроидной) и европеоидной расово-этнических групп с учетом гендерных различий и выявить частоту встречаемости у них разных видов деформации свода стопы.
2. Изучить анатомо-антропометрические и функциональные особенности стоп с различной высотой свода.
3. Изучить влияние разной весовой нагрузки на изменения геометрии стопы в норме, при высокосводчатой стопе и при плоскостопии.
4. Изучить с помощью лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) состояние микроциркуляции крови в стопе и ее изменения при высокосводчатой и плоской деформации свода стопы.

Научная новизна

На основании комплексного структурного и функционального изучения стоп с разной высотой свода у представителей различных расово-этнических групп показано, что варьирование их анатомо-антропометрических параметров не зависит от расово-этнической принадлежности обследованных, а определяется их гендерной принадлежностью и размерно-весовыми параметрами тела. Впервые ус-

тановлено распределение частот встречаемости стоп с разной высотой сводов у юношей и девушек - представителей разных расово-этнических групп (африканцев и европеоидов).

Впервые определены структурно-функциональные характеристики нормальной (среднесводчатой) стопы у мужчин и у женщин юношеского возраста, а также показана степень отклонения этих характеристик от нормы при высокосводчатой и плоской деформации свода стопы.

Впервые прослежены изменения структурно-функциональных параметров стоп с различной высотой свода при дозированном увеличении на них весовой нагрузки и показано, что по мере нарастания весовой нагрузки происходит пропорциональное уплощение свода и перераспределение нагрузки между отделами стопы. В высокосводчатой стопе по сравнению с нормальной стопой реакция на возрастающую весовую нагрузку самая высокая, а в плоской стопе – самая низкая.

Впервые установлены особенности микроциркуляции крови в коже стопы и показано, что преобладающим частотным компонентом в ЛДФ-грамме у здоровых лиц независимо от расово-этнической принадлежности являются вазомоторный и нейрогенный ритмы, что свидетельствует о преобладании у них «активных» механизмов модуляции тканевого кровотока. Высокое содержания меланина в коже у представителей африканской расово-этнической группы приводит к снижению регистрируемых показателей ЛДФ, что связано у них с повышенной отражающей способностью кожи к зондирующему оптическому сигналу, по сравнению с европеоидами.

Впервые показано, что в высокосводчатой стопе, в отличие от нормальной стопы, отмечается усиление тканевой перфузии кровью и тенденция к повышенной активности регуляторных механизмов микроциркуляции, а при развитии плоскостопия наблюдается снижение уровня микроциркуляции в стопе и ослабление вазомоторного механизма ее регуляции.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Полученные данные по анатомо-антропометрическим характеристикам стопы у представителей разных расовых и этнических групп расширяют современные представления об анатомической изменчивости человеческого организма и преобладании гендерных различий в строении стопы. Важное теоретическое и практическое значение име-

ют полученные данные по частоте встречаемости стоп с разной высотой свода у лиц юношеского возраста, представителей африканской и европеоидной расово-этнических групп, с учетом их гендерной принадлежности.

Обоснованные в результате исследования нормативные показатели состояния микроциркуляции крови в стопах с различной высотой свода существенно облегчают выявление отклонений в функциональном состоянии стоп и всей нижней конечности с использованием ЛДФ - неинвазивной методики диагностики тканевого кровотока в стопе.

Полученные в диссертации данные внедрены и используются в учебном процессе на кафедре анатомии человека РУДН по разделам «Сердечно-сосудистая система» и «Строение опорно-двигательного аппарата человека». Возможно их использование также в спортивной медицине и при разработке методик лечебной физкультуры.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Частота встречаемости стоп с разной высотой сводов у представителей разных расово-этнических групп (африканской и европеоидной) юношеского возраста определяется их гендерной принадлежностью, габаритами тела и весовой нагрузкой на свод стопы.
2. При высокосводчатой деформации свода стопы наряду с изменением анатомо-антропометрических характеристик стопы формируется высокая подвижность ее свода при возрастающей весовой нагрузке и высокое напряжение механизмов микроциркуляции крови в стопе.
3. При развитии плоскостопия наряду с изменением анатомо-антропометрических характеристик стопы, формируется ограниченная подвижность ее свода при возрастающей весовой нагрузке, а также снижается уровень микроциркуляции крови в стопе и реактивность микрососудов.

Апробация работы

Основные положения работы доложены и обсуждены: на 10-м Международном симпозиуме «Клиническая и прикладная анатомия» (г. Москва, 13-16 сентября 2018 г.); на XIV Конгрессе Международной Ассоциации Морфологов (г. Астрахань, 19-22 сентября 2018 г.); на конференции «Единство науки, образования и практической медици-

ны будущего» (г. Москва, 25 мая 2018 г.); на расширенном заседании кафедры анатомии человека РУДН (20 февраля 2019 г.); на конференции «Experimental Biology». (Orlando Florida, USA, April 6 - 9 2019).

Объем и структура диссертации

Работа изложена на 153 страницах печатного текста. Диссертация иллюстрирована 27 таблицами и 20 рисунками. Работа состоит из введения, обзора литературы, материала и методов исследования, результатов собственных данных, обсуждения результатов собственных данных, заключения, выводов, практических рекомендации и списка литературы. Список литературы включает 149 источников, из них 62 отечественных и 87 зарубежных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Обследованный контингент включал 137 юношей (62) и девушек (75) в возрасте от 18 до 27 лет. Это - студенты РУДН: из стран Африки (этнические африканцы) – 69 человек и из европейской части России (этнические европейцы) – 68 человек. Всего обследовано у них - 274 стопы.

Все обследованные прошли стандартные антропометрические измерения длины и массы тела; проведена оценка индекса массы тела – ИМТ (по Кетле).

Исследования проведены на условии добровольного согласия всех его участников и с одобрения этического комитета РУДН (протокол № 08; от 16.02.2017).

Методика плантографии. Плантография проводилась с помощью чернильной записи, а также с помощью компьютерной плантографии, выполняемой на плантографическом комплексе ООО «Ортопед». Компьютерная плантография обладает тем преимуществом, что она, во-первых, позволяет сканировать отпечатки стоп, а во-вторых, - раздельно в автоматическом режиме оценивать геометрию стопы в ее переднем, среднем и заднем отделах (рис. 1).

При плантографии измерялись следующие анатомо-антропометрические параметры стопы:

А) Продольные размеры:

- Длина стопы;
- Длина медиальной продольной арки свода;
- Длина 1-го пальцевого луча: от точки G до точки M;
- Длина латеральной продольной арки свода;
- Длина длинной арки свода.

Б) Поперечные размеры:

- Ширина стопы;
- Ширина передней поперечной арки свода;
- Ширина медиальной части передней поперечной арки свода;
- Ширина латеральной части передней поперечной арки свода;
- Ширина задней поперечной арки свода.

В) Расчетные параметры:

- Индекс Штритера : $I = AC/AB \times 100$; в процентах характеризует степень продольного уплощения стопы.
- Индекс поперечного уплощения свода – $I_{уп} = AC/GF$, равный отношению задней поперечной арки свода к передней арке.

Всего 12 анатомо-антропометрических показателей стопы.

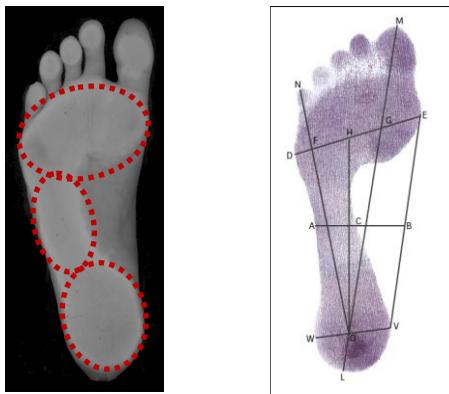


Рис. 1. Сканограмма стопы и реперные точки при плантометрии

Методика динамической плантометрии.

С целью выявления анатомо-функциональных особенностей стоп с разной высотой сводов была проведена динамическая плантометрия при ступенчатом увеличении весовой нагрузки на стопу. Для этого были отобраны три группы молодых людей по 10 человек в каждой:

- Первую экспериментальную группу составили лица с нормальной (среднесводчатой) стопой.
- Вторую экспериментальную группу составили лица с экскавированной (высокосводчатой) стопой.
- Третью экспериментальную группу составили лица с плоской (низкосводчатой) стопой.

Плантография последовательно проводилась при 4-х ступенчатом повышении весовой нагрузки:

1. В положении «Сидя». В этом положении весовая нагрузка стопы была «нулевая».
2. В положении «Стоя». В этом положении весовая нагрузка на одну стопу была равна $\frac{1}{2}$ массы тела.
3. В положении «Стоя на одной ноге». В этом положении весовая нагрузка была в два раза выше и равнялась полной массе тела. Эта нагрузка соответствует той нагрузке, которую испытывает опорная нога при ходьбе.
4. В положении «Стоя на одной ноге с добавленным весом». Добавленный вес составлял 30 кг, примерно половина от исходной массы тела.

Методика ЛДФ-метрии стопы.

Для характеристики сосудистого статуса стопы использовалась лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), позволяющая неинвазивным путем измерять тканевый кровоток в коже стопы. Как известно, метод ЛДФ основывается на оптическом зондировании тканей монохроматическим сигналом в красной области спектра и анализе частотного спектра сигнала, отраженного от движущихся эритроцитов.

Регистрируемый при ЛДФ параметр микроциркуляции (ПМ) представляет собой интегральную характеристику подвижности

эритроцитов в зондируемом объеме ткани. Поскольку запись ЛДФ-граммы ведется в режиме мониторинга, то регистрируемый статистически усредненный параметр ПМ характеризует в перфузионных единицах (перф. ед.) поток эритроцитов в единицу времени через единицу объема ткани.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) - это средняя амплитуда колебаний кровотока, которая также измеряется в перфузионных единицах (перф. ед.); она характеризует колеблемость потока эритроцитов, именуемую в литературе как флакс («flux»).

В работе нами использовался отечественный компьютерный лазерный доплеровский флоуметр ЛАКК-0П, разработанный НПО «Лазма».

Для оценки реактивности микросоудов производилась постуральная проба по стандартной методике.

Методы статистической обработки результатов исследования.

Анализ количественных показателей проведен на персональном компьютере «Pentium-4» под управлением операционной системы Microsoft Windows 2000 Server с использованием статистических программ Microsoft Excel и Microsoft Access с определением средних значений (M) и стандартной ошибки (σ). Значимость различий между среднегрупповыми показателями определяли с использованием двухвыборочного t -критерия Стьюдента. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Анатомо-антропометрическая характеристика стоп у представителей разных расово-этнических групп.

В результате проведенного комплексного структурного и функционального изучения стоп у представителей различных расово-этнических групп (африканской и европеоидной) определены средние анатомо-антропометрические параметры стоп, включая их продольные и поперечные размеры, характерные для девушек и юношей (таб. 1).

Таблица 1

Показатели подиметрии в разных гендерных и расово-этнических группах (M±m)

Параметр	Африканцы		Европейцы	
	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины
<i>Продольные размеры стопы, см</i>				
Длина стопы	22,6±0,14	25,1±0,16	22,8±0,13	25,2±0,15
Длина медиальной продольной арки свода	14,2±0,12	15,6±0,13	13,5±0,10	14,9±0,11
Длина латеральной продольной арки свода	12,8±0,08	14,4±0,12	12,7±0,09	13,9±0,09
Длина длинного свода	17,0±0,12	18,9±0,13	17,0±0,12	19,0±0,15
<i>Поперечные размеры стопы, см</i>				
Ширина стопы	8,3±0,07	9,3±0,08	8,4±0,05	9,4±0,08
Ширина передней поперечной арки свода	4,6±0,05	5,2±0,07	4,6±0,06	5,2±0,06
Ширина задней поперечной арки свода	3,4±0,13	3,7±0,12	2,5±0,12	2,9±0,14
<i>Индексы и показатели деформации стопы</i>				
Индекс уплощения свода стопы ($I_{\text{уп}}$)	0,41±0,02	0,40±0,01	0,29±0,01	0,31±0,01
Индекс Штритера	50,5±1,78	50,8±1,39	39,0±1,74	42,4±1,66
Латерализация деформации стопы	Правосторонняя	Левосторонняя	Правосторонняя	Левосторонняя
Частота встречаемости асимметрии стоп %	24	28	53	40
Индекс массы тела (ИМТ), кг/м ²	24,5±0,40	23,9±0,37	21,1±0,25	22,9±0,31

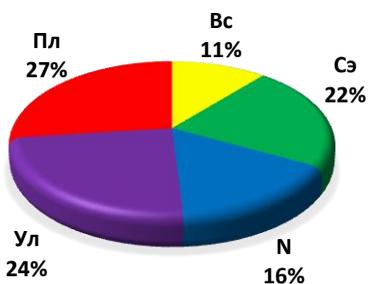
По нашим данным, варьирование анатомо-антропометрических параметров мало зависит от расово-этнической принадлежности обследованных, а в большей мере определяются гендерной принадлежностью обследованных африканцев и европейцев, а также анатомо-антропометрическими параметрами их тела.

В результате проведенного исследования установлено, что у европейцев чаще (у женщин в 53% случаев, а у мужчин в 40%), чем у африканцев (у женщин в 24%, а у мужчин в 28% случаев), встречается асимметрия стоп по показателям их уплощения; при этом у женщин независимо от расово-этнической принадлежности преобладает правосторонняя асимметрия, а у мужчин – левосторонняя.

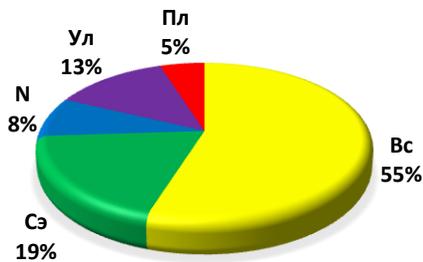
Как у европейцев, так и у африканцев достоверно выявляются гендерные различия по анатомо-антропометрическим параметрам стопы, которые проявляются в достоверных превышениях продольных и поперечных размеров стопы у мужчин по сравнению с женщинами. Другим фактором, существенно влияющим на размерные параметры стопы, являются габариты тела обследованных лиц.

Как показали результаты исследования, в популяции европейских девушек преобладают представители с высокосводчатой и субэкскавированной стопой (55% и 19% соответственно); нормальная среднесводчатая стопа наблюдалась в 8% случаев; уплощенная и плоская стопа – в 13% и 5% случаев (соответственно). В популяции африканских девушек преобладали представители с уплощенной (24%) и плоской (27%) стопой; нормальная среднесводчатая стопа наблюдалась в 16% случаев; высокосводчатая (11%) и субэкскавированная (22%) стопа наблюдались реже, чем в группе европейских девушек (рис. 2).

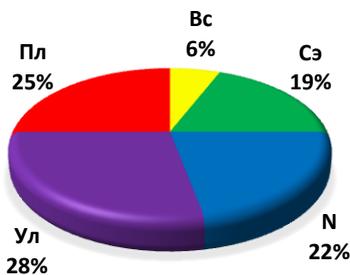
В мужской популяции как африканцев, так и европеоидов, представителей с нормальной среднесводчатой стопой было больше, чем в популяции женщин (22% и 17% соответственно); среди африканских юношей преобладали представители с уплощенной (28%) и плоской (25%) стопой, а среди европейских - с высокосводчатой (23%) и субэкскавированной (27%) стопой.



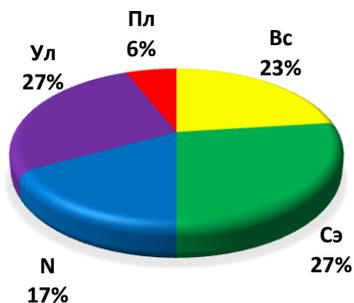
Африканцы
Женщины



Европейцы
Женщины



Африканцы
Мужчины



Европейцы
Мужчины

Рис. 2. Частота встречаемости стоп с разной высотой сводов у девушек в разных расово-этнических группах.

Примечание: Вс –высокосводчатая, Сэ – субэкскавированная, N – нормальная (среднесводчатая), Ул – уплощенная, Пл – Плоская.

Одним из факторов, обуславливающих более частую встречаемость уплощенной и плоской стопы у представителей африканских этнических групп, является более высокий у них индекс массы тела, по сравнению с европейцами.

Анатомо-антропометрическая характеристика стоп с разной высотой свода.

Как показали проведенные нами исследования, стопы с разной высотой свода различаются по своим анатомо-антропометрическим параметрам и геометрии распределения весовой нагрузки на передний, задний и средний отделы стопы (табл. 2 и 3).

Геометрия среднесводчатой стопы независимо от расово-этнических и гендерных различий характеризуется типичным распределением весовой нагрузки между отделами стопы. Проведенный нами отдельный анализ площадей переднего, среднего и заднего отделов отпечатка стопы показал, что в нормальной стопе половина весовой нагрузки (у мужчин – 51%, а у женщин – 49%) приходится на передний отдел стопы. Другая половина весовой нагрузки распределяется таким образом, что ее большая часть (27%) приходится на задний отдел стопы (рис. 4). Между продольными и поперечными размерами стопы выявлены тесные коррелятивные связи, а также между шириной стопы и площадью ее контактной поверхности ($r = 0,8$), особенно в переднем отделе ($r = 0,85$). В среднесводчатой стопе, корреляция между продольными размерами стопы и ее шириной несколько слабее – 0,75.

Независимо от расово-этнических различий геометрия высокосводчатой стопы у девушек несколько отличается от таковой у юношей. Площадь контактной поверхности высокосводчатой стопы была достоверно меньше, чем среднесводчатой стопы: у мужчин на 23%, а у женщин на 21% (соответственно). Раздельный анализ контактных площадей трех отделов высокосводчатой стопы свидетельствует о том, что в ней имеет место пространственное перераспределение весовой нагрузки, которое приводит к снижению нагрузки на передний отдел стопы и ее увеличению на задний отдел, по сравнению с нормальной стопой. Это перераспределение весовой нагрузки у юношей более заметно, по сравнению с девушками.

Геометрия плоской стопы, в отличие от нормальной и высокосводчатой стоп, характеризуются большими поперечными размерами. Так, ширина стопы у юношей достигает наибольших размеров – $9,4 \pm 0,21$ см, при этом ширина передней поперечной арки свода составляет $6,7 \pm 0,14$ см, а ширина задней поперечной арки свода поперечного свода – $5,1 \pm 0,19$ см. У девушек эти параметры достоверно ниже.

Таблица 2

Анатомо-антропометрическая характеристика стоп с разной высотой свода у мужчин ($M \pm m$)

Параметр	Экскавированная стопа	Среднесводчатая стопа	Плоская стопа
<i>Продольные размеры стопы</i>			
Длина стопы	25,4±0,15	24,8±0,19	25,3±0,25
Длина медиальной продольной арки свода	15,4±0,18	16,7±0,13	17,4±0,18
Длина латеральной продольной арки свода	14,2±0,11	15,0±0,15	15,4±0,12
<i>Поперечные размеры стопы</i>			
Ширина стопы	8,6±0,06	8,9±0,12	9,4±0,21
Ширина передней поперечной арки свода	6,0±0,09	6,3±0,13	6,7±0,14
Ширина задней поперечной арки свода	2,5±0,13	3,3±0,11	5,1±0,19
<i>Площадь контактной поверхности и ИМТ</i>			
Площадь контактной поверхности стопы, см ²	46,7±0,26	60,8±3,35	70,7±3,35
Площадь передней части стопы; %	47%	51%	46%
Площадь средней части стопы; %	23%	22%	33%
Площадь задней части стопы; %	30%	27%	21%
<i>Показатель деформации стопы</i>			
Индекс уплощения свода стопы ($I_{уп}$)	0,41±0,02	0,52±0,04	0,76±0,03

Таблица 3

Анатомо-антропометрическая характеристика стоп с разной высотой свода у женщин (M±m)

Параметр	Экскавированная стопа	Среднесводчатая стопа	Плоская стопа
<i>Продольные размеры стопы</i>			
Длина стопы	22,5±0,20	23,6±0,21	24,5±0,21
Длина медиальной продольной арки свода	13,9±0,14	15,3±0,14	16,0±0,17
Длина латеральной продольной арки свода	12,8±0,12	14,5±0,17	14,8±0,14
<i>Поперечные размеры стопы</i>			
Ширина стопы	6,8±0,08	7,2±0,15	8,4±0,19
Ширина передней поперечной арки свода	4,5±0,10	4,7±0,12	5,8±0,7
Ширина задней поперечной арки свода	1,0±0,11	3,0±0,10	4,6±0,15
<i>Площадь контактной поверхности и ИМТ</i>			
Площадь контактной поверхности стопы, см ²	41,3±3,11	52,4±3,21	58,1±3,13
Площадь передней части стопы; %	49%	49%	45%
Площадь средней части стопы; %	22%	24%	29%
Площадь задней части стопы; %	29%	27%	26%
<i>Показатель деформации стопы</i>			
Индекс уплощения свода стопы (I _{уп})	0,22±0,03	0,64±0,03	0,79±0,02

Площадь контактной поверхности плоской стопы была достоверно больше, чем соответствующая площадь среднесводчатой стопы: у юношей на 16%, а у девушек на 11%.

Динамическая плантометрия.

С целью выявления анатомо-функциональных особенностей стоп с разной высотой сводов была проведена динамическая плантометрия при ступенчатом увеличении весовой нагрузки на стопу.

В нормальной стопе, по мере возрастания весовой нагрузки и уплощения ее свода, изменения анатомических показателей стопы происходят адекватно увеличивающейся нагрузке. Общая площадь контактной поверхности ступенчато возрастает: в положении стоя на двух ногах, когда на каждую стопу приходится нагрузка, равная половине массы тела, - на 16%; а в положении стоя на одной ноге, когда на опорную стопу действует вся масса тела, - на 21%. При возрастании нагрузки на стопу в 1,5 раза общая площадь контактной поверхности увеличивается на 32% (рис. 3)

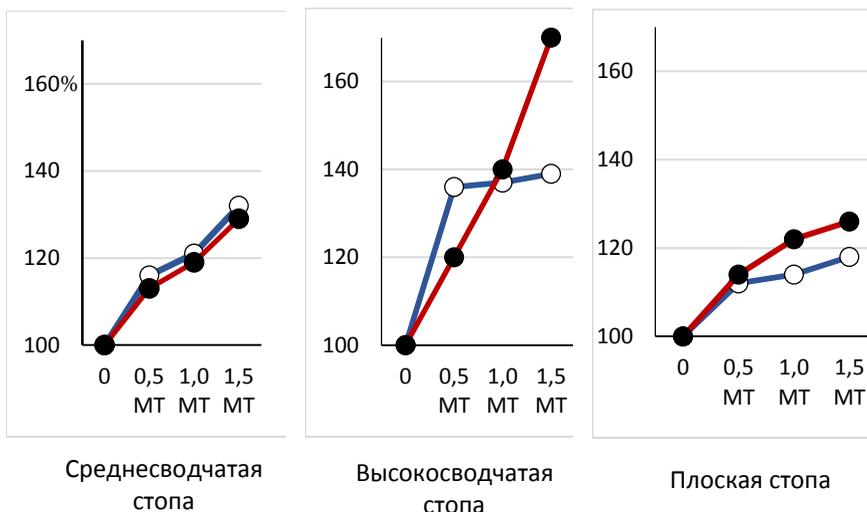


Рис. 3. Изменения параметров стоп с разной высотой свода (синяя линия) и индекса уплощения свода $I_{уп}$ (красная линия) при ступенчатом возрастании весовой нагрузки (Изменения даны в процентах к исходному уровню). . МТ – масса тела.

Таким образом, динамическая плантометрия показала, что при дозированном увеличении на стопу весовой нагрузки происходит пропорциональное уплощение ее свода, возрастание площади контактной поверхности и, что особенно важно, перераспределение нагрузки между отделами стопы. В высокосводчатой стопе, по сравнению с нормальной стопой реакция на возрастающую весовую нагрузку самая высокая, а в плоской стопе – самая низкая.

Показатели микроциркуляции в стопах с разной высотой свода.

В литературе неоднократно подчеркивалось многими исследователями, что сосудистый статус пациентов с заболеваниями стоп имеет важное значение, поскольку он свидетельствует о сбалансированности обменных процессов в стопе, которая при ходьбе и беге испытывает максимум нагрузки. В этой связи нам представлялось важным проследить возможные изменения микроциркуляции крови при дисфункции стопы, возникающей в высокосводчатой стопе, а также при развитии плоскостопия.

Результаты проведенного исследования показали, что при разной высоте свода стопы наблюдаются различия в показателях тканевого кровотока (ПМ) и его колеблемости (СКО) в коже стопы (рис. 4). При этом в плоской стопе показатели более низкие по сравнению с высокосводчатой и среднесводчатой стопами. Так, наибольшая интенсивность микроциркуляции на подошвенной поверхности стопы отмечается у лиц с высокосводчатой стопой: ПМ равен $14,8 \pm 1,8$ пф. ед., что на 85% больше, чем у лиц со среднесводчатой стопой. Наименьшие значения наблюдаются при плоскостопии – $5,6 \pm 0,5$ пф.ед. (меньше на 62%).

Проведение поструральной пробы, когда испытуемый переводится из положения «лежа» в положение «стоя», позволило выявить динамику реактивности микрососудов в стопе. При поструральной пробе в нормальной стопе происходит повышение внутрисосудистого сопротивления и возрастание миогенного и нейрогенного тонуса микрососудов стопы. Это сопровождается снижением показателя кожной микроциркуляции (ПМ) в стопе и изменением паттерна частотных составляющих ЛДФ-граммы.

В высокосводчатой стопе миогенный вазомоторный ритм понижен, а нейрогенный ритм (компенсаторно) повышен, что свидетельствует об ослаблении вазомоторного механизма в системе микроцирку-

ляции. В результате при постуральной пробе в высокосводчатой стопе выявляется не повышение работы вазомоторного механизма, а его ослабление.

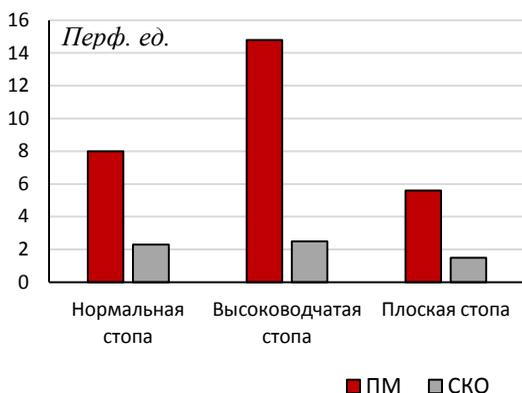


Рис. 4. Показатель микроциркуляции ПМ и СКО в стопах с разной высотой свода.

В плоской стопе наблюдается общее сужение спектрального диапазона и существенное повышение кардио-ритма; это, по мнению большинства специалистов, уже является признаками расстройства микроциркуляции в плоской стопе. Постуральная проба вызывает вместо повышения активности вазомоторного механизма вызывает его снижение.

Таким образом, деформация свода стопы (как при его повышении, так и при уплощении) создает условия для начальных расстройств микроциркуляции в стопе. Поэтому лица с деформацией свода стопы должны быть отнесены к категории риска в плане возможных сосудистых расстройств нижних конечностей.

Выводы

1. У европеоидов чаще (у женщин в 53% случаев, а у мужчин в 40%), чем у африканцев (у женщин в 24%, а у мужчин в 28% случаев), встречается асимметрия стоп в направлении нарастания показателей их уплощения; при этом у женщин независимо от расово-этнической принадлежности преобладает правосторонняя асимметрия, а у мужчин – левосторонняя.

2. В популяции европейских девушек по индексу Шриттера преобладают представители с высокосводчатой (экскавированной) и субэкскавированной стопой (55% и 19% соответственно); нормальная среднесводчатая стопа наблюдалась в 8% случаев; уплощенная и плоская стопа – в 13% и 5% случаев (соответственно). В популяции африканских девушек преобладали представители с уплощенной (24%) и плоской (27%) стопой; нормальная среднесводчатая стопа наблюдалась в 16% случаев; высокосводчатая (11%) и субэкскавированная (22%) стопа наблюдались реже, чем в группе европейских девушек.
3. В юношеской популяции как африканцев, так и европейцев, представителей с нормальной среднесводчатой стопой было больше, чем в популяции девушек (22% и 17% соответственно); среди африканских юношей преобладали представители с уплощенной (28%) и плоской (25%) стопой, а среди европейских юношей - с высокосводчатой (23%) и субэкскавированной (27%) стопой.
4. Одним из факторов, обуславливающих более частую встречаемость уплощенной и плоской стопы у африканцев юношеского возраста, является более высокая у них масса тела (по показателю индекса массы тела) по сравнению с европейцами.
5. При нулевой весовой нагрузке площадь контактной поверхности высокосводчатой стопы на 23% меньше, чем в нормальной среднесводчатой стопе, а в плоской стопе она превышает этот показатель в норме на 16%.
6. Для комплексной анатомо-антропометрической характеристики стопы предложено определять индекс уплощения ее свода, равный отношению ширины задней поперечной арки свода к ширине передней поперечной арки свода, который отражает наиболее динамичные параметры стопы при ступенчато увеличивающейся весовой нагрузке.
7. При ступенчатом возрастании весовой нагрузки на стопу общая площадь контактной поверхности нормальной стопы плавно возрастает: в положении стоя на двух ногах на 16%, а в положении стоя на одной ноге - на 21%. При возрастании нагрузки на стопу в 1,5 раза общая площадь контактной поверхности увеличивается на 32% по сравнению с исходным состоянием.
8. В высокосводчатой стопе при ступенчатом повышении весовой нагрузки уже в положении стоя на двух ногах происходит значи-

мое увеличение общей площади контактной поверхности на 36%, которая при дальнейшем увеличении весовой нагрузки мало изменится. В результате перераспределения весовой нагрузки наблюдается тенденция ее увеличения на задний отдел высокосводчатой стопы.

9. Плоская стопа характеризуется слабой реакцией на возрастание весовой нагрузки; в положении стоя на двух ногах прирост общей площади контактной поверхности стопы возрастает лишь на 12%, при стоянии на одной ноге – на 14%, а при нагрузке, равной 1,5 массы тела, – на 18%. Геометрия перераспределения весовой нагрузки между отделами плоской стопы такова, что в ней наряду с передним отделом доминирует средний отдел стопы.
10. По данным ЛДФ-метрии определены нормативные показатели состояния микроциркуляции в коже стопы: параметр микроциркуляции (ПМ) на дорзальной поверхности 1-го пальца стопы в среднем составляет $4,5 \pm 0,4$ перф. ед., а на плантарной поверхности $6,9 \pm 0,4$ перф. ед.; СКО, характеризующее временную колеблемость потока эритроцитов, – $0,8 \pm 0,1$ перф. ед. и $1,9 \pm 0,2$ перф. ед., соответственно. Преобладающим частотным компонентом в ЛДФ-грамме у здоровых лиц независимо от расово-этнической принадлежности являются вазомоторный и нейрогенный ритмы, что свидетельствует о преобладании у них «активных» механизмов модуляции тканевого кровотока.
11. Высокое содержание меланина в коже у представителей африканской расово-этнической группы приводит к снижению регистрируемых показателей ЛДФ по сравнению с европеоидами: ПМ ниже на 30%, а СКО – на 87%, что связано с повышенной отражающей способностью кожи африканцев к зондирующему оптическому сигналу.
12. В отличие от нормальной стопы в высокосводчатой стопе отмечается усиление тканевой перфузии кровью и тенденция к снижению активности регуляторных механизмов микроциркуляции.
13. При развитии плоскостопия наблюдается снижение уровня микроциркуляции в стопе, а также отмечается тенденция к ослаблению вазомоторного механизма в модуляции тканевого кровотока и уменьшение реактивности микрососудов.

Практические рекомендации

1. Для анатомо-антропометрической характеристики стопы предложено определять индекс уплощения ее свода, равный отношению ширины задней поперечной арки свода к ширине передней поперечной арки свода, который отражает наиболее динамичные параметры стопы как при высокосводчатой, так и при плоской деформации свода стопы.
2. Для структурно-функциональной характеристики свода стопы предложено проводить его динамические наблюдения при ступенчато возрастающей весовой нагрузке на стопу.
3. Полученные анатомо-антропометрические данные об особенностях свода с учетом расово-этнической и гендерной принадлежности лиц юношеского возраста целесообразно использовать в практике при более углубленном изучении опорно-двигательного аппарата человека, а также в учебном процессе на морфологических кафедрах биологического и спортивного профиля.
4. Анатомо-антропометрические характеристики стоп у представителей разных расово-этнических групп с учетом их гендерной принадлежности целесообразно учитывать при производстве повседневной, спортивной и ортопедической обуви.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Akambase J.A., Kokoreva T.V., Gurova O.A. Racial and gender comparison of anthropometric parameters of the foot // Archiv euromedica. 2018. № 1. P. 55-56.
2. Akambase J. A., Kokoreva T. V., Gurova O. A. Anthropometric evaluation of body composition and foot arches of African and European men //Morphology.2018. V.153. N 3 (Supplement). P. 13.
3. Акамбасе Д.А., Гурова О.А., Кокорева Т.В. Состояние микроциркуляции крови в стопе у лиц с различной высотой свода стопы //Единство науки, образования и практики медицине будущего: сборник статей. М., 2018. С.113-114.
4. Кокорева Т.В, Акамбасе Д.А, Владимировна Я.Б., Кульченко А. Г. Влияние плоскостопия на формирование неправильного прикуса//Морфология. 2018.Т.153, вып. 3. С. 140-141.

5. Akambase J.A., Gurova O.A., Kokoreva T.V. Laser doppler flowmetry assessment of microcirculation of the skin of the medial arch of foot types /2nd Annual National Conference, Accra, 24-26 August 2018 // Anatomical Society of Ghana. 2018. P. 5.
6. Akambase J. A., Notina E.A., Bykova A.I. A study on the correlation between BMI and prevalence of flat foot among Africans between the ages 18 - 27 // V Международной Научно-практической конференции «Современная парадигма научного знания: актуальность и перспективы» Москва, 5 апреля 2017г. (материалы конференции). РУДН, 2017. С.135-137
7. Akambase, JA, Kokoreva, TV, Gurova, OA, Odiase, BE, Okediden, CU, and Akambase JA., (2019) Anthropometric evaluation of body composition and foot arches of African and European women. FASEB J.33,1_supplement:685.2.
8. Акамбасе Дж. А., Гурова О.А. Реактивность микрососудов в стопе при различной степени плоскостопия//Лазерная медицина. – 2019. –Т.23, – Вып. 1. С. 41– 46.
9. Акамбасе Д.А., Кокорева Т.В., Гурова О.А., Исследование анатомо-функциональных параметров стоп у девушек европеоидной и африканской расы при возрастающей нагрузке.// Морфология. 2019.Т.155, вып. 2. С. 11-12.
10. Гурова О.А., Кокорева Т.В., Акамбасе Д.А.,//Состояние микроциркуляции крови в коже стоп различной формы при постуральной пробе.// Морфология. 2019.Т.155, вып. 2. С. 91.
11. Akambase Jonas A., Kokoreva Tatyana V., Gurova Olga A., Akambase Joseph A. The effect of body positions on foot types: considering body weight. Translational Research in Anatomy. 2019.100048.10.1016/J.tria.2019.100048.

Исследование включало детальное изучение структурно-функциональных характеристик стопы с помощью компьютерного плантографа и лазерной доплеровской флоуметрии. В данном исследовании были изучены своды стопы и частота их встречаемости в различных расовых группах. Кроме того, был проведен тщательный анализ микроциркуляции и реакции стопы на нагрузку каждого типа стопы.

Результаты: выявлены достоверные различия в показателях мужской и женской стопы ($P < 0,05$). Результаты показали, что плоскостопие слабо реагирует (увеличение на 18%) на нагрузку по сравнению с средне-сводчатой (32%) и высокосводчатой стопами (36%). Высоксводчатая стопа регистрировала наибольшую микроциркуляцию ($14,8 \pm 1,8$ перфузионных единиц), в то время как плоская стопа регистрировала наименьшую ($5,6 \pm 0,5$ перфузионных единиц).

The research involved a detailed study of the structural and functional characteristics of the foot using computer plantograph and a laser doppler flowmetry. In this research, the foot arches and their frequency of occurrence in different racial groups were studied. In addition, the microcirculation and the foot-loading patterns of each foot-type were carefully analyzed.

Results: the work reveals significant differences in the male and female foot parameters ($P < 0.05$). The results showed that flatfoot weakly reacts to load (increased by 18%) compared to normal arched (32%) and high arched foot (36%). High arched foot recorded the highest microcirculation ($14,8 \pm 1,8$ perfusion per unit) meanwhile low arched foot recorded the least ($5,6 \pm 0,5$ perfusion per unit).

Подписано в печать _____.

Формат 60x90/16

Усл.-печ.л. 1,37. Уч.-изд. л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ № _____.

