

УДК 796.012.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ПОСТУРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Никитюк И.Е.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: femtotech@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – оптимизация стабилметрической диагностики системы постурального контроля у юных спортсменов в тестах с различной ориентацией стоп. Проведено исследование вертикального баланса 15 здоровых детей в возрасте от 7 до 10 лет, занимающихся спортом, с использованием стабилметрической платформы. Для контроля обследовали 15 детей того же возраста с обычным уровнем повседневной физической активности. Обе группы детей прошли две серии исследований. В первой серии исследований каждый ребенок становился на платформу по европейскому варианту – с ориентацией стоп «пятки – вместе, носки – врозь» под углом 30°. Во второй серии осуществляли установку ребенка на платформу по американскому варианту, при котором стопы были расположены параллельно друг другу на дистанции, соответствующей индивидуальному расстоянию между передними верхними осями таза обследуемого. У детей-спортсменов показатели вертикального баланса не были снижены по сравнению с детьми, не занимающимися спортом. Это предполагает сбалансированность и адекватность повышенных физических нагрузок для опорно-двигательной системы растущего организма ребенка. По ряду параметров у детей, занимающихся спортом, стабильность осанки была лучше, чем у неспортсменов: показатели площади статокинезиограмм S при параллельной ориентации стоп составляли соответственно 46 [27 – 67] и 88 [51 – 129] мм² ($p < 0,05$). Стабилметрические тесты с ориентацией стоп по американскому варианту показали более высокий уровень постурального контроля в обеих группах детей, независимо от интенсивности их физических нагрузок. Американский вариант ориентации стоп при стабилметрии юных спортсменов можно рассматривать как более удобный, простой и информативный по сравнению с европейским вариантом стабилметрии.

Ключевые слова: детский спорт, медицинское сопровождение, функциональная диагностика в спорте, ориентация стоп, стабилметрия

Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF STABILOMETRIC DIAGNOSTIC METHODS FOR ADAPTIVE CAPABILITIES OF THE POSTURAL CONTROL SYSTEM IN YOUNG ATHLETES

Nikityuk I.E.

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia, e-mail: femtotech@mail.ru

Annotation. The aim of the study is to optimize the stabilometric diagnostics of the postural control system in young athletes in tests with different foot orientations. A study of the vertical balance of 15 healthy children involved in sports, aged 7 to 10 years, using a stabilometric platform. For control, 15 children of the same age with the usual level of daily physical activity were examined. Both groups of children underwent two series of studies. In the first series of studies, each child stood on the platform according to the European version with the orientation of the feet "heels together, socks apart" at an angle of 30°. In the second series, the child was placed on a platform according to the American version, in which the feet were located parallel to each other at a distance corresponding to the individual distance between the anterior upper pelvic bones of the subject. In child athletes, the vertical balance indicators were not reduced compared to children who do not play sports. This implies the balance and adequacy of increased physical activity for the musculoskeletal system of the growing child's body. According to a number of parameters, the stability of posture in children involved in sports was better than in non-athletes: the indicators of the areas of statokinesigrams S with parallel orientation of the feet were, respectively, 46[27-67] mm² and 88[51-129] mm² ($p < 0.05$). American-style stabilometric foot orientation tests showed a higher level of postural control in both groups of children, regardless of the intensity of their physical exertion. The American version of foot orientation in the stabilometry of young athletes can be considered as more convenient, simple and informative compared to the European version of stabilometry.

Keywords: children's sport, medical maintenance, functional diagnostics in sports, stabilometry, foot orientation

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Укрепление и сохранение здоровья детского населения страны является приоритетной задачей, стоящей перед нашим государством. Поэтому современные медицинские исследования уделяют большое внимание указанной проблеме [1]. Вопросы детского здоровья ставятся в программах различного уровня вплоть до федерального. Предлагается не только осуществлять оздоровительные мероприятия в развивающихся детских центрах в летнее время [2], но и приобщать школьников к круглогодичным систематическим занятиям спортом. Поэтому на сегодняшний день в стране уделяется большое внимание вовлечению в спорт детей младшей возрастной группы, так как сбалансированные физические нагрузки благоприятно влияют на растущий детский организм [3]. Необходимо учитывать, что спортивные занятия должны проводиться в соответствии с требованиями федеральных стандартов спортивной подготовки. При этом в первую очередь следует решать задачи укрепления здоровья детей, приобретения разносторонних двигательных навыков, развития способности к быстрому освоению новых движений. Необходимо принимать во внимание незрелость опорно-двигательной системы у юных спортсменов, поэтому из программы тренировок исключаются интенсивные и форсированные физические нагрузки. Инструментальная диагностика параметров опорно-двигательной системы может не только характеризовать ее функциональное состояние, но и являться важным диагностическим критерием оценки адаптивных возможностей организма ребенка, занимающегося спортом. Весьма перспективно использование метода стабилотрии, который широко применяется при диагно-

стике опорно-двигательной системы юных спортсменов [4].

Цель исследования – оптимизация стабилотрической диагностики системы пострурального контроля у юных спортсменов в тестах с различной ориентацией стоп.

Материалы и методы исследования

Было проведено исследование пострурального баланса у 15 детей в возрасте от 7 до 10 лет, систематически занимающихся спортом в течение не менее одного года 3 раза в неделю. Спортивные дисциплины были разрешены для занятий детям младшего школьного возраста: легкая атлетика, спортивная и художественная гимнастика, баскетбол, футбол. Все дети находились либо на спортивно-оздоровительном этапе подготовки, либо на этапе начальной спортивной специализации. В контрольную группу отобрали 15 детей того же возраста, не занимающихся спортом, у которых физическая активность ограничивалась нагрузками в рамках уроков физкультуры в школе. У детей обеих групп весовые и ростовые параметры тела соответствовали возрастным нормативам, не была выявлена патология опорно-двигательной и нервной систем. Постуральный баланс тела всех детей оценивали последовательно в двух сериях методом стабилотрии с использованием стабилотрической платформы комплекса «Стабилан 01-2» (ОКБ РИТМ, Россия).

В первой серии исследований каждый ребенок становился на платформу по европейскому варианту в положении стоп «пятки – вместе, носки – врозь» под углом 30° (рис. 1, а), при котором разворот каждой стопы наружу от средней линии составлял 15° с расстоянием между пятками, равным 2 см [5].

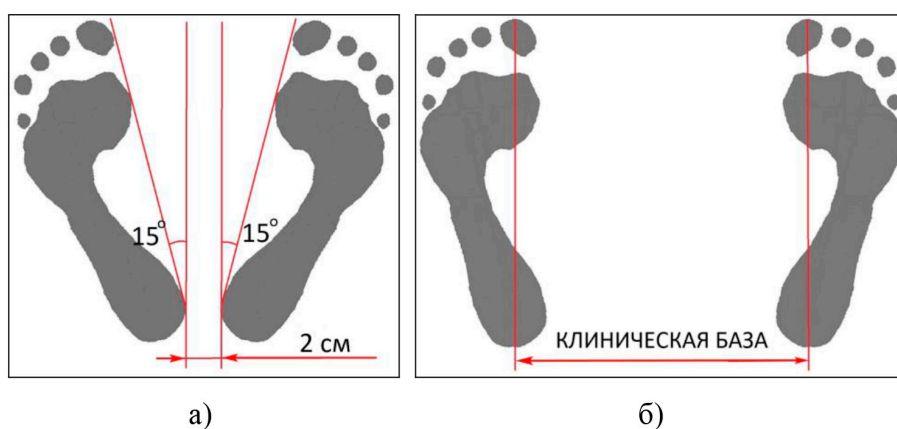


Рис. 1. Схема размещения стоп обследуемого на стабилотрической платформе: а) ориентация стоп по европейскому варианту; б) ориентация стоп по американскому варианту. Размер опорного контура при ориентации стоп в американском варианте больше по сравнению с таковым при ориентации стоп в европейском варианте

Во второй серии исследований регистрацию стабилотрограмм осуществляли при установке ребенка на платформу по американскому варианту (рис. 1, б). В этом случае стопы были расположены параллельно друг другу на дистанции, соответствующей клинической базе – индивидуальному расстоянию между передними верхними осями таза обследуемого [6].

Таким образом, при американском варианте стабилотрометрии система постурального контроля ребенка находилась в заведомо более благоприятных условиях по сравнению с европейским вариантом, так как площадь опорного контура тела, зависящая от расстояния между стопами и их ориентацией, во второй серии была гораздо больше, чем в первой.

Процедуру стабилотрометрии осуществляли стандартно с последовательным прохождением тестов по 20 с с открытыми и закрытыми глазами, регистрируя параметры движения центра давления (ЦД) тела: смещения по осям X (мм) и Y (мм), линейные V (мм/с) и угловые Ω (град/с) скорости ЦД, коэффициент резкого изменения направления движения $K_{ринд}$ (%). Определяли площади стаботрограмм S (мм²),

коэффициент сжатия $K_{сжат}$ фигур эллипса стаботрограмм (соотношение длин его большой и малой осей), интегральный показатель качества функции равновесия КФР (%) детей. Рассчитывали величину угла направления колебаний a (град) стаботрограмм, который является важным параметром при оценке постурального баланса [7].

Статистический анализ проводили с использованием программы Statgraphics Centurion 16.2. Использовали критерии Манна – Уитни и Фишера с уровнем для принятия различий 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Стабилотрометрия по европейскому варианту не выявила значимых различий между группами детей в смещении центра давления тела во фронтальной (ось X) и сагиттальной (ось Y) плоскостях. При этом в обеих группах отклонения ЦД тела по оси X были равновероятны как в левостороннем, так и в правостороннем направлении (таблица). В то же время по оси Y ЦД тела у всех детей был значительно смещен назад, что свойственно детям младшей возрастной группы [8].

Показатели движений центров давления ($Me [Q_{25} - Q_{75}]$) при различных методах стабилотрометрии у обследованных детей

Параметры	Метод стабилотрометрии				p	
	Европейский вариант		Американский вариант			
	Дети НЗС (1) n = 15	Спортсмены (2) n = 15	Дети НЗС (3) n = 15	Спортсмены (4) n = 15		
X (мм)	1 [-2 – 5]	1 [-2 – 4]	-5 [-8 – 0]	-8 [-12 – -4]	$p^{1-2} = 0,261$ $p^{3-4} = 0,203$	$p^{1-3} < 0,001$ $p^{2-4} < 0,001$
Y (мм)	-18 [-25 – -10]	-12 [-28 – -2]	-7 [-12 – 2]	-8 [-11 – 2]	$p^{1-2} = 0,445$ $p^{3-4} = 0,651$	$p^{1-3} < 0,001$ $p^{2-4} = 0,032$
S (мм ²)	217 [159 – 336]	141 [83 – 189]	88 [51 – 129]	46 [27 – 67]	$p^{1-2} = 0,001$ $p^{3-4} = 0,001$	$p^{1-3} < 0,001$ $p^{2-4} < 0,001$
V (мм/с)	14 [11 – 17]	11 [9 – 13]	12 [9 – 16]	10 [8 – 11]	$p^{1-2} = 0,011$ $p^{3-4} = 0,017$	$p^{1-3} = 0,148$ $p^{2-4} = 0,198$
Ω (град/с)	17 [15 – 19]	19 [16 – 21]	23 [22 – 27]	26 [23 – 29]	$p^{1-2} = 0,022$ $p^{3-4} = 0,079$	$p^{1-3} < 0,001$ $p^{2-4} < 0,001$
a (град)	13 [-48 – 71]	-18 [-39 – 10]	3 [-1 – 15]	1 [-9 – 4]	$p^{1-2} = 0,151$ $p^{3-4} = 0,111$	$p^{1-3} = 0,667$ $p^{2-4} = 0,113$
$K_{сжат}$	1,5 [1,3 – 1,7]	1,5 [1,3 – 1,7]	2,1 [1,4 – 3,4]	2,6 [2,2 – 3,4]	$p^{1-2} = 0,736$ $p^{3-4} = 0,158$	$p^{1-3} = 0,013$ $p^{2-4} < 0,001$
КРИНД (%)	8 [6 – 10]	9 [7 – 11]	13 [11 – 18]	16 [13 – 19]	$p^{1-2} = 0,069$ $p^{3-4} = 0,091$	$p^{1-3} < 0,001$ $p^{2-4} < 0,001$
КФР (%)	66 [55 – 74]	77 [67 – 82]	72 [55 – 82]	80 [75 – 86]	$p^{1-2} = 0,008$ $p^{3-4} = 0,020$	$p^{1-3} = 0,105$ $p^{2-4} = 0,158$

Примечание: $p^{1-2, 3-4}$ – уровень значимости различий между группами детей; $p^{1-3, 2-4}$ – уровень значимости различий между методами стабилотрометрии. НЗС – не занимающиеся спортом.

Переход к стабилотрии по американскому варианту в обеих группах детей привел к идентичным изменениям ориентации центров давления тела в каждой из плоскостей. Во фронтальной плоскости наметилась тенденция к левостороннему отклонению ЦД, которое характерно для стабилотрических методик с увеличенными расстояниями между стопами [9]. Вместе с тем в сагиттальной плоскости произошло улучшение центрации ЦД тела, что проявлялось менее выраженной его задней диспозицией по сравнению со стабилотрическими тестами по европейскому варианту.

У детей, занимающихся спортом, показатели площадей статокинезиограмм S были значимо ниже таковых у детей-неспорсменов как при европейском варианте стабилотрии, так и при американском. В то же время время указанный параметр в обеих группах детей был более низким при американском варианте ориентации стоп по сравнению с европейским (рис. 2), что является признаком большей сбалансированности системы постурального контроля при американском варианте стабилотрии. Это может быть обусловлено тем, что при развороте стоп в «европейской» стойке происходит изменение силового момента, поддерживающего вертикальное положение тела, которое неизбежно приводит к увеличению амплитудных характеристик движения центров давления каждой нижней конечности [10].

При анализе скоростных характеристик движения центров давления тела обследованных детей выявлена закономерность: чем выше показатели линейной скорости V , тем ниже показатели угловой скорости

Ω . У юных спортсменом параметры V были снижены по сравнению с неспортсменами как при европейской установке стоп, так и при американской. Сниженные показатели линейных скоростей у детей, занимающихся спортом, указывают на более высокую стабильность баланса их тела. Вместе с тем у спортсменом были повышены показатели Ω по сравнению с детьми, не занимающимися спортом, независимо от метода стабилотрии. При этом в обеих группах детей в тестах с американской ориентацией стоп был более высокий показатель коэффициента резкого изменения направления движений КРИНД центра давления, по сравнению с европейской ориентацией стоп.

Сравнительный анализ медианных и квартильных значений, а также стандартных отклонений по F-критерию Фишера углов направления колебаний α статокинезиограмм выявил в тестах с европейской ориентацией стоп менее выраженные отклонения углов α от сагиттальной оси у детей-спортсменом по сравнению с детьми, не занимающимися спортом ($F = 2,57$; $P\text{-value} = 0,015$). В тестах с американским вариантом ориентации стоп наблюдалось резко выраженное уменьшение углов α как у неспортсменом, так и у спортсменом (соответственно $F = 6,05$; $P\text{-value} < 0,001$ и $F = 4,69$; $P\text{-value} < 0,001$) (рис. 2). В этом случае направленность колебаний центра давления тела детей обеих групп была ориентирована преимущественно в сагиттальной плоскости, что является свидетельством более стабильного постурального контроля при американском варианте стабилотрии по сравнению с европейским.

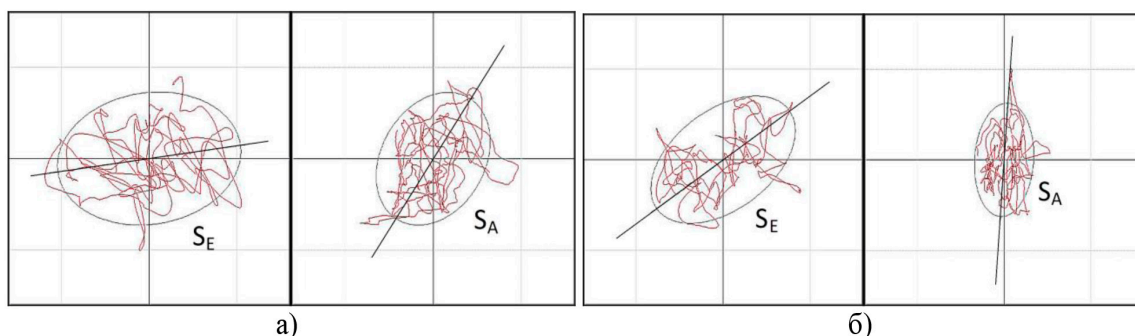


Рис. 2. Статокинезиограммы, полученные при стабилотрии детей по европейскому (Е) и американскому (А) вариантам: а) ребенок, не занимающийся спортом; б) ребенок-спортсмен. У всех детей площади статокинезиограмм $S_E > S_A$. Угол α между длинной осью статокинезиограммы и срединной линией больше в тестах с европейской ориентацией стоп по сравнению с таковым в тестах с американской ориентацией стоп. Показатели коэффициентов сжатия $K_{сжат}$ при американской ориентации стоп выше, чем при европейской, что демонстрируется более вытянутыми фигурами эллипсов статокинезиограмм

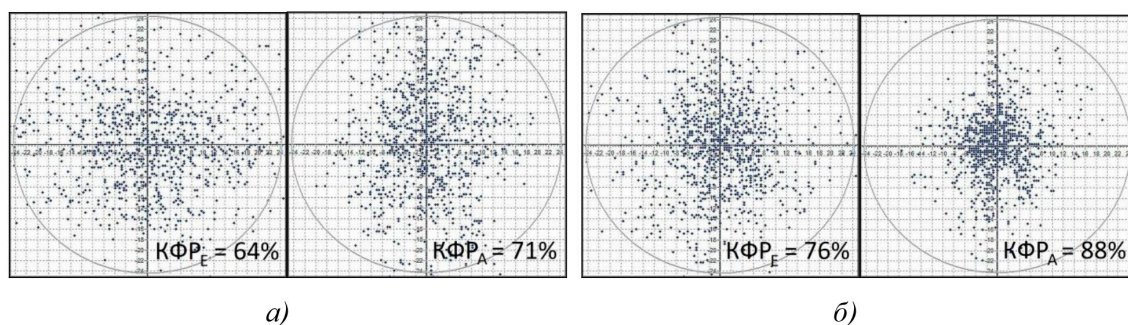


Рис. 3. Графическое представление качества функции равновесия КФР (%) посредством облаков вершин векторов скоростей центра давления тела, полученных при стабилометрии детей по европейскому (Е) и американскому (А) вариантам при открытых глазах:

а) ребенок, не занимающийся спортом; б) ребенок-спортсмен.

У всех детей КФР увеличивается при переходе от тестов с европейской ориентацией стоп к тестам с американской ориентацией стоп: $KFR_E < KFR_A$

Анализ коэффициентов сжатия $K_{сжат}$ позволил оценить форму фигуры эллипса статокинезиограмм. При стабилометрии по европейскому варианту не было выявлено значимых различий между группами детей в показателях $K_{сжат}$, которые были относительно невысокие, что объясняло овальную форму статокинезиограмм (рис. 2, а). Переход к стабилометрическим тестам по американскому варианту в обеих группах детей привел к увеличению параметров $K_{сжат}$, проявлением чего стало вытягивание статокинезиограмм в направлении длинной оси, придающее им веретеновидную форму (рис. 2, б). Более вытянутая форма статокинезиограмм может служить показателем более устойчивой осанки.

По совокупности признаков у детей, занимающихся спортом, качество функции равновесия КФР было значимо выше по сравнению с детьми-неспорсменами как при европейском методе стабилометрии, так и при американском (рис. 3).

Это может быть обусловлено активизацией системы постурального контроля, как составляющей адаптивных реакций детского организма в ответ на повышенные физические нагрузки. Считается, что вертикальный баланс тела у спортсменов улучшается вследствие выработанной в процессе постоянных тренировок повышенной способности удерживать осанку [11]. В настоящем исследовании отмечается тенденция к повышению КФР при переходе от европейской установки стоп к американской, что свидетельствует об улучшении способности детей обеих групп удерживать равновесие [12]. Указанный отклик системы постурального контроля обследуемых детей может быть обусловлен не только переориентацией стоп, но и изменением площади опорного контура их тела

[13]. Некоторые исследователи не считают ни европейский, ни американский вариант установки стоп идеальным для широкого круга людей, поэтому при проведении стабилометрии предлагают обследуемым самостоятельно выбирать удобную для них произвольную ориентацию стоп на платформе [14]. Каждый из описанных стабилометрических методов имеет свои положительные стороны, однако в практической деятельности целесообразнее придерживаться стандартизированного положения стоп при систематической оценке функции равновесия в динамике [15]. В настоящем исследовании при изучении постурального баланса у юных спортсменов американский вариант стабилометрии показал свои преимущества.

Заключение

У детей-спортсменов показатели вертикального баланса не были снижены по сравнению с детьми, не занимающимися спортом. Это предполагает сбалансированность и адекватность повышенных физических нагрузок для опорно-двигательной системы растущего организма ребенка. По ряду параметров у детей, занимающихся спортом, стабильность осанки была лучше, чем у неспортсменов. Стабилометрические тесты с параллельной ориентацией стоп (американский вариант) показали более высокий уровень постурального контроля в обеих группах детей, независимо от интенсивности их физических нагрузок, по сравнению с тестами с развернутой ориентацией стоп (европейский вариант). Американский вариант ориентации стоп при стабилометрическом обследовании юных спортсменов можно рассматривать как более удобный, простой и информативный по сравнению с европейским вариантом.

Список литературы

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления // Казанский медицинский журнал. 2018. Т. 99, № 4. С. 698–705. DOI: 10.17816/kmj2018-698.
2. Антонова А.А., Сомова Е.И., Тимаева Э.А., Манджиева Н.Ю., Биймурзаева А.Т. Эффективность оздоровления детей и подростков за время пребывания в летнем оздоровительном центре // Пермский медицинский журнал. 2023. Т. 40, № 5. С. 90–99. DOI: 10.17816/pmj40590-99.
3. Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Полфунтикова А.В., Иорданская Ф.А., Зюрин Э.А., Петрук Е.Н., Тарасова Л.В. Влияние систематических занятий спортом на физическое развитие и физическую подготовленность детей 6–10 лет // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2019. № 3. С. 5–14. DOI: 10.32521/2074-8132.2019.3.005-014.
4. Opala-Berdzik A., Glowacka M., Wilusz K., Kofacz P., Szydło K., Juras G. Quiet standing postural sway of 10 to 13-year-old, national-level, female acrobatic gymnasts // Acta Bioeng. Biomech. 2018. Vol. 20, Is. 2. P. 117–123.
5. Соловых Е.А. Диагностические возможности регистрации постурального баланса в стоматологии // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19, № 6. С. 1986–1993.
6. Sozzi S., Ghai S., Schieppati M. Incongruity of Geometric and Spectral Markers in the Assessment of Body Sway // Front Neural. 2022. No. 13. P. 929132. DOI: 10.3389/fneur.2022.929132.
7. Никитюк И.Е., Кононова Е.Л., Гаркавенко Ю.Е. Особенности нарушения баланса тела у детей с односторонним укорочением нижней конечности // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста // 2019. Т. 7. № 3. С. 45–54. DOI: 10.17816/PTORS7345-54.
8. Никитюк И.Е., Савина М.В. Двухплатформенный метод оценки стабильности вертикального баланса тела у детей раннего возраста, занимающихся спортом // Современные проблемы науки и образования. 2024. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33248> (дата обращения: 14.02.2024). DOI: 10.17513/spno.33248.
9. Kirby R.L., Price N.A., MacLeod D.A. The influence of foot position on standing balance // J Biomech. 1987. Vol. 20, Is. 4. P. 423–427. DOI: 10.1016/0021-9290(87)90049-2.
10. Казенников О.В., Киреева Т.Б., Шлыков В.Ю. Исследование вертикальной позы человека при стоянии с разной ориентацией стопы одной или обеих ног // Физиология человека. 2020. Т. 46, № 5. С. 37–45. DOI: 10.31857/S0131164620050057.
11. Andreeva A., Melnikov A., Skvortsov D., Akhmerova K., Vavaev A., Golov A., Draugelite V., Nikolaev R., Chechelnic-aia S., Zhuk D., Bayerbakh A., Nikulin V., Zemková E. Postural stability in athletes: The role of sport direction // Gait Posture. 2021. No. 89. P. 120–125. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.07.005.
12. Доценко В.И., Усачев В.И., Морозова С.В., Скелдина М.А. Современные алгоритмы стабилметрической диагностики постуральных нарушений в клинической практике // Медицинский совет. 2017. № 8. С. 116–122. DOI: 10.21518/2079-701X-2017-8-116-122.
13. Gibbons C.T., Amazeen P.G., Likens A.D. Effects of Foot Placement on Postural Sway in the Anteroposterior and Mediolateral Directions // Motor Control. 2019. Vol. 23, Is. 12. P. 149–170. DOI: 10.1123/mc.2017-0074.
14. Oliveira J.V., Azzi N.M., Coelho D.B., Teixeira L.A. Differential activation of the planter flexor muscles in balance control across different feet orientations on the ground // J Electromyogr Kinesiol. 2022. No. 62. P. 102625. DOI: 10.1016/j.jelekin.2021.102625.
15. Azzi N.M., Coelho D.B., Teixeira L.A. Automatic postural responses are generated according to feet orientation and perturbation magnitude // Gait Posture. 2017. No. 57. P. 172–176. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.06.003.