Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27
УДК 612; 796

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27
UDC 612; 796

ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО РАВНОВЕСИЯ

И.Е. Никитюк, М.В. Савина
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Представлены результаты анализа вертикального баланса юных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия с помощью ускоренного метода стабилометрии. Обследованы две группы детей обоих полов в возрасте от 7 до 10 лет, по 12 человек в каждой. Основная группа – спортсмены, контрольная группа – дети с обычным уровнем физической активности. У детей-спортсменов выявлена более высокая степень вертикальной устойчивости по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом. Это обусловлено формированием у спортсменов оптимальной постуральной стратегии. У детей, не занимающихся спортом, наоборот, обнаружены проявления дисфункции статокинетической системы с признаками субкомпенсации. Стабилометрический экспресс-метод диагностики позволяет оценить функциональное состояние опорно-двигательного аппарата юных спортсменов и выяснить механизмы адаптации детского организма к повышенным физическим нагрузкам.
Ключевые слова: младший школьный возраст, спорт, адаптационные изменения организма спортсмена, стабилометрия.

EXPRESS DIAGNOSTICS OF STABILOMETRIC PARAMETERS IN YOUNG ATHLETES IN UNSTABLE EQUILIBRIUM CONDITIONS

I.E. Nikityuk, M.V. Savina
H. Turner National Medical Research Center for Children’s Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

Abstract. This article presents the results of the analysis of the vertical balance of young athletes in conditions of unstable equilibrium using the accelerated method of stabilometry. Two groups of children of both genders aged 7 to 10 years, 12 people each, were examined. The main group is athletes, the control group is children with a normal level of physical activity. Child athletes have a higher degree of vertical stability compared to their peers who do not play sports. This is due to the formation of an optimal postural strategy in athletes. On the contrary, in children who do not play sports, the authors have found manifestations of the statokinetic system’s dysfunction with signs of subcompensation. The rapid stabilometric diagnostic method makes it possible to assess the functional state of the musculoskeletal system of young athletes and to find out the mechanisms of adaptation of the child's body to increased physical loads.
Keywords: primary school age, sport, adaptive changes in the athlete’s body, stabilometry.

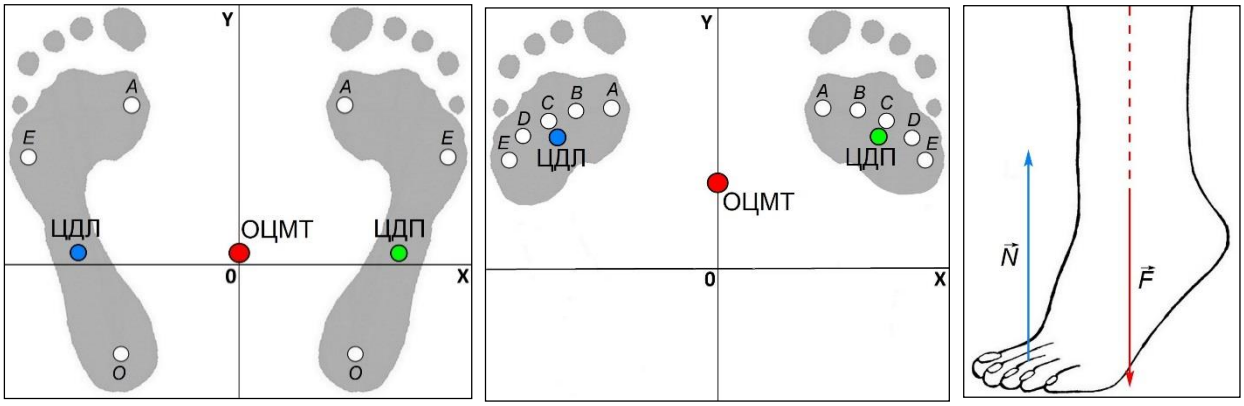
Введение. Способность спортсменов удерживать равновесие является одним из решающих факторов улучшения координации их движений, что способствует повышению спортивной квалификации [1]. Поскольку при занятиях спортом атлеты демонстрируют лучший контроль над осанкой в результате систематических повышенных физических нагрузок, многие исследования были посвящены умению спортсменов сохранять равновесие. Выявлено, что у детей младшего школьного возраста, занимающихся спортом, показатели вертикального баланса по ряду параметров оказались выше, чем у сверстников-неспортсменов [2]. Однако все эти результаты были получены только при регистрации стабилограмм при обычном стоянии участников исследования с полной опорой подошвенной поверхности обеих стоп на горизонтальную плоскость, когда в акте опоры участвуют все отделы стоп – как передний, так и задний. При этом ни одно из современных исследований не было посвящено изучению стабилометрических параметров у юных спортсменов в условиях

неустойчивого равновесия. Необходимо подчеркнуть, что стабилометрия квалифицированных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия в последние годы приобретает повышенный научный интерес [3]. В настоящее время спортивного врача интересуют не только особенности постуральной системы детей, но и в большей степени адаптивные реакции нейромышечной системы неокрепшего организма ребенка на повышенные физические нагрузки. В детском спорте, несмотря на щадящий режим тренировок, используются сложные технико-координационные вариации движений. Во время спортивных занятий и соревнований выполняется большое количество прыжков и приземлений на одну или две нижние конечности. При этом для достижения максимальной результативности прыжков и подскоков, а также для оптимального приземления требуется высокий уровень контроля положения и ориентации межсегментных движений тела. Нередко физические нагрузки требуют выполнения с высокой интенсивностью в течение короткого периода времени, поэтому набирают популярность быстродействующие методики регистрации стабилограмм в условиях повышенных силовых нагрузок спортсменов [4]. Занятия спортом предъявляют детскому организму повышенные требования к нервно-мышечной системе, которые направлены на постепенное и неуклонное повышение уровня мышечной силы. Понимание того, как юные спортсмены удерживают вертикальный баланс тела в условиях неустойчивого равновесия на фоне увеличенной физической нагрузки, поможет лучше понять нейромышечные механизмы адаптационных изменений в их организме.

Цель исследования – оценка ускоренным методом стабилометрии вертикального баланса юных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия.

Методы и организация исследования. Методом стабиломерии была изучена способность 12 спортсменов младшего школьного возраста (7-10 лет, мальчики и девочки в равном количестве) удерживать вертикальное положение тела при различных условиях. На момент обследования дети проходили подготовку в спортивных учреждениях Санкт-Петербурга в течение 1-3 лет по дисциплинам: футбол, баскетбол, легкая атлетика, спортивная и художественная гимнастика. Для сравнительного анализа сформировали группу из 12 детей аналогичного возраста с обычной физической активностью. Стабилометрическое исследование у всех детей основной и контрольной групп проводили в два этапа с использованием комплекса «Стабилан 01-2» (ОКБ РИТМ, г. Таганрог, Россия) в двухплатформенном исполнении. На первом этапе каждому ребенку предлагалось встать каждой стопой на соответствующую стабилоплатформу по «американскому» варианту – с параллельным их расположением. Указанное положение стоп с равномерной нагрузкой на все их отделы обеспечивает высокую стабильность вертикального баланса тела, поэтому в англоязычной научной литературе существует термин «quiet standing» – спокойная стойка. Опорность каждой стопы в таком случае реализуется по «трехточечной» схеме, когда вся нагрузка распределяется преимущественно по трем зонам – пяточная кость, головки первой и пятой плюсневых костей. При такой стойке тело стоящего человека можно рассматривать как перевернутый маятник, осью вращения которого являются голеностопные суставы. Так как коленные суставы и суставы стопы замкнуты, количество степеней свободы человеческого организма как колебательной системы является ограниченным, что способствует спокойному удержанию вертикального положения тела.

На втором этапе каждый ребенок также становился на платформу с «американским» расположением стоп, после чего ему предлагалось подняться на цыпочки, не меняя взаиморасположения стоп. Такая стойка является нестабильной вследствие уменьшения площади опоры тела и смещения проекции вектора силы тяжести тела за пределы его опорного контура (рис. 1).



а) б) в)

Рис. 1. Схема распределения нагрузки на стопы ребенка на стабилометрической платформе: а) спокойная стойка; б) стойка на цыпочках; в) проецирование вектора силы тяжести тела F вне границ опорного контура тела в стойке на цыпочках (N – вектор силы реакции опоры)

Примечание: Площадь опорного контура тела ребенка в положении на цыпочках резко снижена по сравнению с таковой в спокойном положении. Опорные точки: A, B, C, D, и E – соответственно головки 1-й, 2-й, 3-й, 4-й и 5-й плюсневых костей; O – пяточная кость; ЦДЛ и ЦДП – центры давления левой и правой нижних конечностей; ОЦМТ – проекция общего центра масс тела на плоскость опоры.

Регистрацию параметров на первом и втором этапах осуществляли при опущенных руках вдоль туловища: в спокойной стойке – последовательно с открытыми и закрытыми глазами, в стойке на цыпочках – только с открытыми глазами, чтобы исключить падение ребенка. Тесты в положении на цыпочках должны были быть кратковременными, так как указанная стойка является нестабильной [5]. Каждому ребенку предлагалось простоять на цыпочках в течение 5 секунд. Регистрацию сигналов проводили в середине указанного периода в течение 1 секунды. Аналогичными временными интервалами руководствовались при проведении стабилометрических тестов в спокойной стойке.

Регистрировали параметры движения проекции общего центра масс тела (ОЦМТ) ребенка на плоскость опоры: отклонение во фронтальной плоскости (X, мм), линейную скорость (V, мм/с), коэффициент резкого изменения направления движения (КРИНД, %). Рассчитывали показатели ширины (x, мм) и площади (S, мм^2) статокинезиограмм, качество функции равновесия (КФР, %). Фиксировали вариации углов направления колебаний (α, град). Измеряли различия в распределении веса тела между левой и правой нижними конечностями (Δm, кг).

Статистический анализ проводили с использованием программы Statgraphics Centurion 16.2. Предварительно осуществляли оценку выборки на нормальность распределения по критерию Колмогорова-Смирнова. Использовали критерии Манна-Уитни и Фишера (F) с уровнем для принятия различий 0,05. Применяли коэффициент Спирмена (r_s) для определения силы корреляционных связей.

Результаты исследования и их обсуждение. В обеих группах детей, независимо от положения обследуемых – в спокойной стойке или на цыпочках, была выявлена тенденция к левостороннему отклонению ОЦМТ, что характеризовалось смещением показателей координаты X справа налево в зону отрицательных значений (табл.). У спортсменов младшего школьного возраста наблюдаемое явление можно объяснить фактором неравнозначности двигательной специализации контралатеральных нижних конечностей человека [6], которая особенно выражена у растущих детей [7]. У них левая нижняя конечность функционально является более нагружаемой. Указанный факт подтверждается данными настоящего исследования, согласно которому у детей-спортсменов имеют место различия Δm в распределении

веса тела между левой и правой нижними конечностями, что приводит к частичному смещению опорности с правой нижней конечности – на левую.

Таблица

Показатели движений общего центра масс тела детей в течение 1 секунды при различных методах стабилометрии, Me [Q1; Q3]

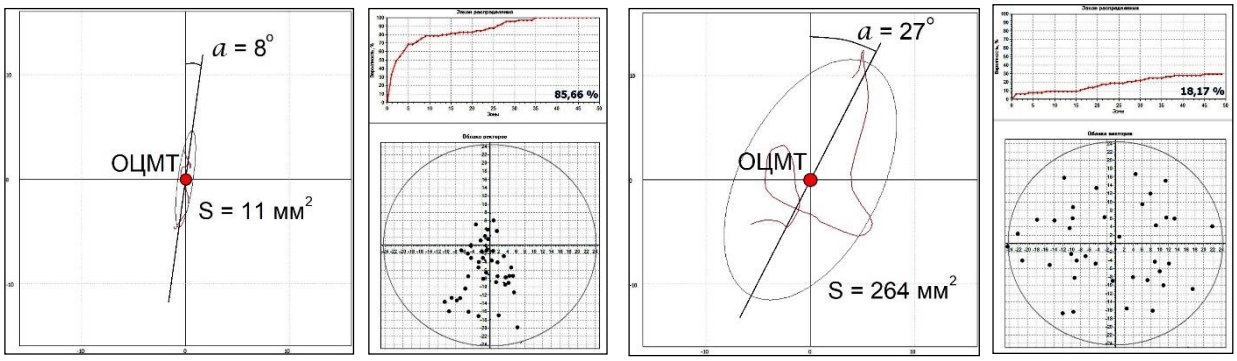
Параметры	Метод стабилометрии				P	
	Спокойная стойка		Стойка на цыпочках			
	СПОРТ (1)	НЗС (2)	СПОРТ (3)	НЗС (4)		
Отклонение X, мм	-7 [-18; 5]	-15 [-24; -3]	-7 [-15; 2]	-6 [-22; 5]	p^{1-2}=0,142 p^{3-4}=0,783	p^{1-3}=0,979 p^{2-4}=0,279
Δm, кг	-0,8 [-1,9; 1,0]	0,3 [-1,3; 1,3]	-0,2 [-1,3; 0,5]	0,8 [-1,3; 2,1]	p^{1-2}=0,597 p^{3-4}=0,395	p^{1-3}=0,662 p^{2-4}=0,505
Площадь S, мм^2	14 [8; 21]	23 [14; 56]	116 [102; 183]	159 [97; 465]	**p^{1-2}=0,012** p^{3-4}=0,408	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**
Скорость V, мм/с	10 [8; 13]	14 [10; 18]	35 [25; 46]	42 [27; 61]	**p^{1-2}=0,013** p^{3-4}=0,198	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**
КРИНД, %	15 [12; 19]	15 [12; 20]	18 [12; 25]	15 [11; 22]	p^{1-2}=0,533 p^{3-4}=0,395	p^{1-3}=0,200 p^{2-4}=0,789
Ширина x, мм	0,9 [0,5; 1,2]	1,2 [0,9; 1,8]	3,4 [2,2; 4,2]	3,6 [3,0; 7,3]	**p^{1-2}=0,022** p^{3-4}=0,083	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**
Угол α, град	-5 [-19; 16]	-4 [-27; 18]	-1 [-37; 48]	-34 [-82; 27]	p^{1-2}=0,799 p^{3-4}=0,281	p^{1-3}=0,650 p^{2-4}=0,215
КФР, %	82 [69; 89]	67 [50; 81]	18 [9; 31]	11 [7; 27]	**p^{1-2}=0,011** p^{3-4}=0,214	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**

Примечание: Отрицательные значения Δm указывают на частичный перенос веса тела с правой нижней конечности на левую. СПОРТ – дети-спортсмены; НЗС – дети, не занимающиеся спортом; КРИНД – коэффициент резкого изменения направления движения; КФР – качество функции равновесия

Таким образом, у детей, занимающихся спортом, прослеживается четкая постуральная стратегия: независимо от условий проведения стабилометрического исследования отклонение общего центра масс тела совпадает с направлением частичного переноса веса тела с одной нижней конечности на другую.

С другой стороны, у сверстников-неспортсменов отсутствовала подобная однозначная постуральная стратегия, так как у них в стойке на цыпочках на фоне преобладающего отклонения общего центра масс тела влево наблюдалась противоположная направленность переноса веса тела, преимущественно с левой нижней конечности на правую. Подобная рассогласованность направленности векторов отклонений центров давления нижних конечностей и общего центра масс тела является признаком дисбаланса кинематических цепей опорно-двигательного аппарата человека [8].

В положении «спокойная стойка» у детей-спортсменов параметры движений ОЦМТ: площадь S, скорость V и разброс колебаний во фронтальной плоскости x были значительно меньше по сравнению с таковыми у детей, не занимающихся спортом. С учетом показателей качества функции равновесия КФР это свидетельствует о более стабильном балансе их тела, что объясняется позитивным влиянием адекватных спортивных нагрузок на функцию опорно-двигательного аппарата детей [9]. В неустойчивом положении «стойка на цыпочках» в обеих группах детей произошли существенные изменения указанных параметров, демонстрирующие снижение равновесия тела (рис. 2). Хотя различия между группами не являются значимыми, отмечается тенденция к более выраженному нарушению вертикального баланса у детей, не занимающихся спортом.



а) б)

Рис. 2. Примеры графического отображения движений общего центра масс тела (ОЦМТ) ребенка Г., 8 лет, занимающегося спортом (статокинезиограмма, качество функции равновесия, облако векторов): а) в спокойной стойке; б) в стойке на цыпочках
Примечание: a – угол направления колебаний; S – площадь статокинезиограммы

При анализе медианных и квартильных показателей углов колебаний α общего центра масс тела в тестах «спокойная стойка» не было выявлено значимых различий между группами детей в величинах отклонений осей колебаний от срединной линии. В указанном положении отмечалась тенденция к левостороннему отклонению угла α как у спортсменов, так и у неспортсменов, что может быть обусловлено преимущественным однонаправленным смещением их ОЦМТ в сторону левой нижней конечности. В тестах «стойка на цыпочках», вследствие ее нестабильности, у обследованных детей было зафиксировано увеличение отклонений углов α от срединной оси. При этом в группе спортсменов на фоне значимого возрастания квартильных составляющих (F=0,41, P-value=0,046) угла α его медианный показатель практически не изменился, то есть колебания главным образом сохранили свою сагиттальную направленность. У детей, не занимающихся спортом, в указанном положении было выявлено более выраженное нарушение стабильности баланса, что демонстрировалось большей степенью увеличения квартильных составляющих (F=0,42, P-value=0,048) угла α наряду с резким левосторонним смещением медианного показателя. В этом случае ориентация колебаний ОЦМТ приобрела преимущественно фронтальную направленность, что является свидетельством менее стабильного равновесия.

В группе детей-спортсменов в спокойной стойке при повышении скорости общего центра масс тела V наблюдается с высокой вероятностью (r_s=0,76) увеличение площади колебаний S в допустимых для организма пределах. При этом вертикальный баланс сохраняет самодостаточность, так как для реализации его стабильности не требуется подключения каких-либо дополнительных механизмов уравновешивания легких отклонений ОЦМТ. Организм спортсменов не нуждается в инициации вспомогательных процессов балансировки, например резкого изменения направления колебательных движений тела. Поэтому при повышении скорости ОЦМТ у отдельных представителей указанной группы происходит снижение (r_s=-0,56) КРИНД, что может быть обусловлено компенсаторным снижением энергетических затрат по обеспечению вертикального положения тела. Иная картина наблюдается у детей, не занимающихся спортом, у которых в спокойной стойке уровень постурального равновесия по совокупности параметров значительно ниже, чем у сверстников-спортсменов. В указанной группе детей при повышении скорости колебаний общего центра масс тела V отмечается увеличение площади колебаний S, однако с меньшей силой корреляционной связи по сравнению со спортсменами (r_s=0,70). Это можно объяснить тем, что при недостаточно стабильном вертикальном балансе организм ребенка не

может беспредельно увеличивать амплитуду отклонений ОЦМТ и площадь колебаний S тела во избежание падения. В связи с этим для предотвращения избыточных отклонений ОЦМТ в опорно-двигательном аппарате инициируется вспомогательный процесс балансировки путем легкого увеличения (r_s=0,21) количества резких изменений направления колебательных движений тела, что проявляется повышением КРИНД.

Положение «стойка на цыпочках» для обеих групп обследованных детей с точки зрения биомеханики кинематических цепей опорно-двигательного аппарата является неустойчивым. Кроме того, в указанном положении уменьшается поток полезной афферентной информации со стороны подошвенных рецепторов стоп, так как пятки ребенка не касаются поверхности опоры. Это приводит к снижению соматосенсорной чувствительности системы постурального контроля, вследствие чего увеличивается амплитуда колебаний тела, что требует компенсаторного повышения мышечной активности путем увеличения энергетических затрат организма [10]. Ввиду этого в стойке на цыпочках для обеих групп детей характерно быстрое маятникообразное раскачивание тела, чтобы уравновесить нестабильность кинематических цепей и возместить снижение соматической чувствительности. В условиях неустойчивого равновесия у спортсменов отмечается повышение скорости колебаний общего центра масс тела V, что приводит к увеличению площади колебаний S (r_s=0,84). Для упреждения чрезмерных отклонений ОЦМТ постуральная система активизирует предохранительный механизм, направленный на ограничение колебаний тела, что сопровождается выраженным увеличением количества резких изменений направления его движений (r_s=0,70). Это демонстрируется повышением показателя КРИНД. Таким образом, постуральная стратегия детей-спортсменов может считаться оптимальной: четкая скоординированность отклонения ОЦМТ и смещений центров давления нижних конечностей, преимущественно сагиттальная направленность колебаний угла α, активация компенсаторного механизма ограничения избыточной скорости ОЦМТ за счет резкого изменения направлений его движений.

У детей, не занимающихся спортом, положение на цыпочках из-за его неустойчивости также приводит к повышению скорости общего центра масс тела V, величина которой в еще большей степени коррелирует с увеличением площади колебаний S статокинезиограмм (r_s=0,90) по сравнению со сверстниками-спортсменами. В таких условиях сниженной вертикальной стабильности организму ребенка необходимо подключение дополнительных механизмов уравновешивания выраженных отклонений ОЦМТ. Однако у этих детей, в отличие от спортсменов, не инициируется вспомогательный процесс оптимизации балансировки, заключающийся в резком изменении направлений движений тела. Поэтому при повышении скорости ОЦМТ у детей наблюдается процесс субкомпенсации – уменьшение количества корректирующих движений ОЦМТ (r_s=-0,46), что проявляется снижением показателя КРИНД. Поэтому в настоящем исследовании для обеспечения стойки на цыпочках у детей, не занимающихся спортом, был активизирован иной вспомогательный механизм стабилизации баланса. Его реализация заключалась в изменении направленности колебаний общего центра масс тела *a* с сагиттального в преимущественно фронтальный. В такой ситуации постуральная система обеспечивает повышение стабильности опорно-двигательного аппарата, однако при этом от организма ребенка требуются повышенные энергетические затраты. Таким образом, у детей, не занимающихся спортом, обнаруживаются проявления дисфункции статокинетической системы с признаками субкомпенсации: рассогласованность отклонения общего центра масс тела и смещений центров давления нижних конечностей, фронтализация направленности колебаний угла *α*. Рассмотренные в настоящей работе аспекты закономерностей и особенностей механизмов адаптации организма детей младшего школьного возраста к повышенным физическим нагрузкам отвечают

важнейшим задачам современной спортивной медицины.

Заключение. Метод стабилометрической экспресс-диагностики выявил у детей-спортсменов младшего школьного возраста более высокую степень вертикальной устойчивости по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом. Это обусловлено тем, что систематические адекватные возрасту повышенные физические нагрузки способствуют формированию у спортсменов оптимальной постуральной стратегии. У детей, не занимающихся спортом, наоборот, обнаружены проявления дисфункции статокинетической системы с признаками субкомпенсации. Стабилометрический экспресс-метод инструментальной диагностики является информативным, удобным и простым для анализа функционального состояния опорно-двигательного аппарата у юных спортсменов и изучения механизмов адаптации детского организма к повышенным физическим нагрузкам.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минздрава России (№ 1023030700030-9-3.2.10).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study was performed as a part of the state assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation (№ 1023030700030-9-3.2.10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liang, Y. The effect of contact sport performance level on postural control / Y. Liang, M. Hiley, K. Kanosue // PLoS ONE. – 2019. – Vol. 14. – № 2. – P. e0212334. DOI: 10.1371/journal.pone.0212334.
2. Никитюк, И.Е. Сравнительный анализ моторной асимметрии у школьников 7-10 лет, занимающихся и не занимающихся спортом / И.Е. Никитюк // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2024. – № 3. – С. 37–42. DOI: 10.17513/srms.1402.
3. Физиологическое обеспечение точности и координации движений в условиях неустойчивого равновесия и подвижной цели (на примере ударов в спортивном карате) / Л.В. Капилевич, Ф.А. Гужов, Ю.П. Бредихина, А.А. Ильин // Теория и практика физической культуры. – 2014. – № 12. – С. 22-24.
4. Физиологические характеристики техники выполнения баллистических ударных движений у спортсменов / М.Б. Ложкина, С.Н. Неупокоев, С.Г. Кривощеков, Л.В. Капилевич // Физиология человека. – 2020. – Т. 46. – № 2. – С. 47–62. DOI: 10.31857/S0131164620020083.
5. Tanabe, H. Joint Coordination and Muscle Activities of Ballet Dancers During Tiptoe Standing / H. Tanabe, K. Fujii, M. Kouzaki // Motor Control. – 2017. – Vol. 21. – № 1. – P. 72–89. DOI: 10.1123/mc.2015-0002.
6. Schorderet, C. The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis / C. Schorderet, R. Hilfiker, L. Allet // Gait Posture. – 2021. – № 84. – P. 66–78. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.11.008.
7. EMG Based Analysis of Gait Symmetry in Healthy Children / K. Daunoraviciene, J. Ziziene, J. Pauk [et al] // Sensors. – 2021. – Vol. 21. – № 17. – P. 5983. DOI: 10.3390/s21175983.
8. Center of pressure and center of mass behavior during gait initiation on inclined surfaces: A statistical parametric mapping analysis / M.F. Vieira, A.A. Junior de Brito, G.C Lehnen, F.B. Rodrigues // J Biomech. – 2017. – Vol. 3. – № 56. – P. 10–18. DOI: 10.1016/j.jbiomech. 2017.02.018.
9. Striking a balance in sports: the interrelation between children's sports experience, body size, and posture / P. Bhati, T.C.K. Cheung, G. Sithamparanathan, M.A. Schmuckler // AIMS Neurosci. – 2022. –Vol. 9. – № 2. – P. 288–302. DOI: 10.3934/Neuroscience.2022016.
10. Tanabe, H. Large postural fluctuations but unchanged postural sway dynamics during tiptoe standing compared to quiet standing / H. Tanabe, K. Fujii, M. Kouzaki // J Electromyogr Kinesiol. – 2012. – Vol. 22. – № 6. – P. 975–982. DOI: 10.1016/j.jelekin.2012.05.006.

REFERENCES

1. Liang Y., Hiley M., Kanosue K. The effect of contact sport performance level on postural control. *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. e0212334. DOI: 10.1371/journal.pone.0212334.
2. Nikityuk I.E. Comparative analysis of motor asymmetry in schoolchildren aged 7-10 years, engaged and not engaged in sports. *Scientific review. Medical sciences*, 2024, no. 3, pp. 37–42. DOI: 10.17513/srms.1402. (in Russ.)

3. Kapilevich L.V., Guzhov F.A., Bredikhina Yu.P., Il'in A.A. Physiological mechanisms to ensure accuracy and coordination of movements under conditions of unstable equilibrium and moving target (the case of strikes in sports karate). *Theory and Practice of Physical Culture*, 2014, no. 112, pp. 22–24. (in Russ.)
4. Lozhkina M.B., Neupokoev S.N., Krivoshchekov S.G., Kapilevich L.V. Physiological parameters of the performance of ballistic punch movements in athletes. *Human Physiology*, 2020, vol. 46, no. 2, pp. 47–62. DOI: 10.31857/S0131164620020083 (in Russ.)
5. Tanabe H., Fujii K., Kouzaki M. Joint Coordination and Muscle Activities of Ballet Dancers During Tiptoe Standing. *Motor Control*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 72–89. DOI: 10.1123/mc.2015-0002.
6. Schorderet C., Hilfiker R., Allet L. The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*, 2021, no. 84, pp. 66–78. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.11.008.
7. Daunoraviciene K., Ziziene J., Pauk J., Juskiene G., Raistenskis J. EMG Based Analysis of Gait Symmetry in Healthy Children. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 17, pp. 5983. DOI: 10.3390/s21175983.
8. Vieira M.F., de Brito A.A. Junior, Lehnen G.C., Rodrigues F.B. Center of pressure and center of mass behavior during gait initiation on inclined surfaces: A statistical parametric mapping analysis. *J Biomech*, 2017, vol. 3, no. 56, pp. 10–18. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2017.02.018.
9. Bhati P., Cheung T.C.K., Sithamparanathan G., Schmuckler M.A. Striking a balance in sports: the interrelation between children's sports experience, body size, and posture. *AIMS Neurosci*, 2022, vol. 9, no. 2, pp. 288–302. DOI: 10.3934/Neuroscience.2022016.
10. Tanabe H., Fujii K., Kouzaki M. Large postural fluctuations but unchanged postural sway dynamics during tiptoe standing compared to quiet standing. *J Electromyogr Kinesiol*, 2012, vol. 22, no. 6, pp. 975–982. DOI: 10.1016/j.jelekin.2012.05.006.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Игорь Евгеньевич Никитюк – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологических и биомеханических исследований, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, e-mail: femtotech@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5546-2729.
Маргарита Владимировна Савина – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории физиологических и биомеханических исследований, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, e-mail: drevma@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8225-3885.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Igor E. Nikityuk – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Physiological and Biomechanical Research, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, e-mail: femtotech@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5546-2729.
Margarita V. Savina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Physiological and Biomechanical Research, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, e-mail: drevma@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8225-3885.

Для цитирования: Никитюк, И.Е. Экспресс-диагностика стабилометрических параметров у юных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия / И.Е. Никитюк, М.В. Савина // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27

For citation: Nikityuk I.E., Savina M.V. Express diagnostics of stabilometric parameters in young athletes in unstable equilibrium conditions. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27