Дата публикации: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_3
УДК 612.833

Publication date: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_3
UDC 612.833

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТУРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ У ФИЗИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЛИЦ 5-20 ЛЕТ ПО ДАННЫМ СТАБИЛОМЕТРИИ

М.В. Васина[1], А.А. Мельников[1], С.А. Фирсин[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия
[2]Государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Московской области «Корпоративный университет развития образования», г. Мытищи, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Целью исследования являлось выявление возрастных особенностей постуральной устойчивости у здоровых физически активных лиц мужского пола 5-20 лет. Обследуемые (n=267) были распределены по возрасту в соответствии с количеством полных лет. ***Методы.*** Оценку устойчивости позы выполняли методом стабилометрии в обычной стойке при открытых и закрытых глазах. Анализировали линейную среднюю скорость перемещения центра давления и доверительную площадь эллипса. ***Результаты.*** Показано, что стабилизация устойчивости позы в условиях открытых и закрытых глаз достигается к 11 годам. В пубертатном периоде (13-14 лет) выявлено небольшое, статистически значимое снижение постуральной устойчивости. ***Заключение.*** Установлено, что окончательная стабилизация постуральной устойчивости у физически активных юношей 5-20 лет наступает в возрасте 15 лет, при этом совпадающий с пубертатными перестройками организма предшествующий период 5-14 лет характеризуется относительной стабилизацией к 11 годам и временным снижением в 13-14 лет.
Ключевые слова: вертикальная поза, постуральная регуляция, статическое равновесие, стабилометрия, возрастное развитие, дети.

AGE-RELATED FEATURES OF POSTURAL REGULATION IN PHYSICALLY ACTIVE INDIVIDUALS AGED 5-20 YEARS ACCORDING TO THE STABILOMETRY DATA

M.V. Vasina[1], A.A. Melnikov[1], S.A. Firsin[2]
[1]Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, Russia
[2]Corporate University of Education Development, Mytishchi, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The objective of the study – to identify age-related features of postural stability in healthy, physically active males aged 5-20 years. The subjects (n=267) were grouped by age according to the number of full years. ***Methods.*** Postural stability was assessed using stabilometry in a normal stance with eyes open and eyes closed. We analyzed linear mean velocity of the center of pressure displacement and confidence ellipse area. ***Results.*** It has been shown that postural stability is achieved by age 11 under both eyes-open and eyes-closed conditions. During puberty (13-14 years), a slight but statistically significant decrease in postural stability was observed. ***Conclusion.*** It has been established that final postural stability stabilization in physically active boys aged 5-20 years occurs at age 15. The preceding period from 5 to 14 years is characterized by relative stabilization by age 11 and a temporary decline at 13-14 years, coinciding with pubertal reorganization of the body.
Keywords: vertical posture, postural regulation, static balance, stabilometry, age-related development, children.

Введение. Регуляция позы – базовая сенсомоторная функция, значимая как в повседневной активности, так и во время занятий физической культурой и спортом для эффективного выполнения целенаправленных действий [1].

Функция регуляции позы формируется в результате естественного созревания сенсорных систем и механизмов сенсомоторной интеграции в процессе возрастного развития [2]. Так, в стабилометрическом исследовании Y.S. Hsu и соавт. показана выраженная возрастная динамика показателей статического равновесия у детей в возрасте 3-12 лет, отражающая постепенное совершенствование механизмов контроля

вертикальной позы и интеграции сенсорных входов по мере взросления [2]. Следует отметить, что формирование функции равновесия происходит также под влиянием спортивной тренировки [3]. По данным исследований спортсменов, в том числе борцов, систематическая подготовка сопровождается формированием специфических адаптаций регуляции равновесия, что проявляется в изменении стабилометрических показателей в зависимости от требований вида спорта [1, 3].

По данным литературы, функция равновесия наиболее интенсивно развивается в детском возрасте и, как правило, стабилизируется на уровне взрослых значений после 12 лет [2, 4]. При этом быстрее формируется контроль позы в простых условиях – в обычной вертикальной стойке на твердой опоре с открытыми глазами, стабилизация скорости колебаний центра давления происходит к возрасту 7 лет [2]. Регуляция позы в более сложных сенсорных условиях – в стойке с закрытыми глазами и на нестабильной опоре – может совершенствоваться до возраста 12 лет [2]. В исследовании Ю.В. Корягиной и соавт. у девочек и девушек 4-17 лет, занимающихся художественной гимнастикой, вестибулярная устойчивость по площади статокинезиограммы в стойке с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами совершенствовалась до 10-летнего возраста, а по скорости колебаний – до 14-летнего возраста [5]. В нашем ранее опубликованном исследовании юных дзюдоистов 7-15 лет было выявлено, что площадь эллипса и линейная средняя скорость колебаний центра давления (ЦД) достигают относительной стабилизации к 11-12 годам, тогда как некоторые спектральные показатели продолжают изменяться и после 12 лет, что интерпретировано нами как снижение избыточной высокочастотной мышечной активности и усиление супраспинального контроля постуральных реакций [4]. Однако ограниченность возрастного диапазона не позволяла сделать более убедительные заключения об этапах становления функции регуляции позы [4]. В то же время характеристики постурального контроля у физически активных детей и подростков, не обязательно занимающихся спортом, описаны недостаточно.

В настоящей работе мы увеличили возрастной диапазон испытуемых с 5 до 20 лет. Участники исследования активно занимались физической культурой и в спортивно-оздоровительных секциях дополнительного образования в городских образовательных учреждениях.

Целью нашей работы было исследование возрастных особенностей статической устойчивости в стандартных постуральных тестах у физически активных лиц 5-20 лет.

Методы и организация исследования. Нами были обследованы здоровые физически активные дети и взрослые мужского пола (n=267) в возрасте от 5 до 20 лет. Все участники вели активный образ жизни, занимались физической культурой по программам дошкольного, общего и высшего образования. Некоторые дети и юноши посещали спортивно-оздоровительные секции разной направленности в системе дополнительного образования. Испытуемые были разделены на возрастные группы по числу полных лет: 5 лет (n=12), 6 лет (n=9), 7 лет (n=18), 8 лет (n=22), 9 лет (n=28), 10 лет (n=30), 11 лет (n=21), 12 лет (n=21), 13 лет (n=19), 14 лет (n=19), 15 лет (n=20), 16 лет (n=15), 19 лет (n=19) и 20 лет (n=14). У всех испытуемых фиксировали антропометрические показатели, такие как длина и масса тела (табл. 1).

Оценка регуляции позы проводилась методом стабилометрии на платформе «Стабилан-01-2» (ОКБ «Ритм»). Для оценки устойчивости позы в разные возрастные периоды были выбраны следующие тесты:

1. Тест в обычной вертикальной стойке с ОГ, стопы параллельно, на твердой стабилоплатформе. Время записи – 20 с.

2. Тест в обычной вертикальной стойке с ЗГ, стопы параллельно, на твердой стабилоплатформе. Время записи – 20 с.

Родители (законные представители) детей и взрослые испытуемые были ознакомлены с условиями эксперимента и дали информированное добровольное согласие на исследование.

Для анализа использовались линейная средняя скорость (ЛСС, мм/с) и доверительная площадь эллипса колебаний (EllS, мм^2) общего центра давления. Сравнение показателей между возрастными

группами выполняли непараметрическим дисперсионным анализом Краскела-Уоллиса с последующими апостериорными сравнениями по Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Сравнения проводили относительно группы 20 лет («взрослый» уровень). Вычисления были выполнены в RStudio (версия 2026.01.1) с использованием языка R (версия 4.5.2) [6]. Уровень $p<0,05$ принимается как статистически существенный, а $p<0,1$ как тенденция.

Таблица 1

Антропометрические показатели по возрастным группам, M±m

Возраст, лет	Длина тела, см	Масса тела, кг
5	112,1±1,2	19,8±0,9
6	118,2±1,8	25,2±1,9
7	128,5±1,1	27,1±1,2
8	134±0,9	29,4±1,1
9	139,9±1,4	35,8±2
10	141,3±1,3	34,4±0,9
11	150,7±1,5	44,5±2,1
12	154,6±1,4	46,3±2,2
13	163,7±2,4	52,5±3,1
14	171,2±1,4	61,2±2,7
15	173,9±2,1	63,2±2,1
16	175,9±1,4	75,5±4,6
19	176,4±1,4	79,8±2,6
20	178,8±1,3	78,6±3,7

Примечание: M – среднее арифметическое; m – стандартная ошибка среднего.

Результаты исследования и их обсуждение. Непараметрический дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса выявил статистически значимые различия между всеми возрастными группами как по показателю ЛСС ($p<0,0001$ в стойке с ОГ, $p<0,0001$ в стойке с ЗГ), так и по показателю EllS ($p<0,0001$ в стойке с ОГ, $p<0,0001$ в стойке с ЗГ). Далее для уточнения различий между группами был проведен пост-хок анализ с использование U-критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони для множественных сравнений (табл. 2).

Таблица 2

Показатели стабилометрии в тестах с открытыми и закрытыми глазами, Me [Q1; Q3]

Возраст, лет	ОГ		ЗГ	
	EllS, мм^2	ЛСС, мм/с	EllS, мм^2	ЛСС, мм/с
5	359,6 [238,6; 464,5]***	18,4 [13,1; 21,6]**	440,7 [332,9; 536,6]***	19,2 [17,6; 23,8]**
6	262,7 [193,7; 427,6]**	17 [15,8; 19]**	570,4 [241,1; 1175,8]**	26,2 [25,4; 38,4]**
7	199,1 [131,5; 237,9]**	13 [12,2; 13,9]**	293 [198,2; 530,6]**	18 [16,4; 20,6]**
8	141,9 [112,6; 298]**	11,6 [10,6; 14,1]**	210,8 [158,5; 299,4]**	15,3 [13,5; 18,7]*
9	134,8 [98,4; 184]*	10,4 [8,1; 15]	186,8 [126,3; 439]*	14,8 [11,9; 21,2]*’
10	127,7 [66,3; 174,9]*’	11,6 [9,3; 14,6]*	189,9 [89,2; 386,4]*’	14,8 [11,8; 18,8]*’
11	85,9 [68,7; 204,1]	8,7 [7,6; 10,9]	156,9 [84,9; 247,8]	11,5 [10; 14,8]
12	63,9 [41,4; 145,9]	8,5 [7,5; 10,2]	157,1 [92,5; 198]	13,7 [10; 16,8]
13	107,8 [79; 192,7]*’	10,2 [8; 11,5]	227,8 [146,4; 321,3]*	13,2 [12,3; 18]
14	157,8 [88,2; 289]*	10,8 [8,4; 14,3]	189,3 [104,2; 387,5]*’	14 [10,5; 19,6]
15	58,2 [39,5; 129,8]	8 [7,3; 11,6]	112,5 [95,1; 185,9]	10,8 [9,5; 15,2]
16	54,7 [44,5; 99,5]	7,4 [6,9; 7,9]	104,7 [80; 198,4]	10,2 [8,8; 15,2]
19	63,1 [42,5; 122,2]	6,8 [5,4; 9,7]	79,6 [56,8; 183,8]	9,8 [8,2; 14,6]
20	49,4 [32,8; 87,6]	7,5 [6,3; 9,1]	90,7 [53; 115,4]	10,7 [8,5; 15]

Примечание: EllS – доверительная площадь эллипса колебаний; ЛСС – линейная средняя скорость; ОГ – открытые глаза; ЗГ – закрытые глаза; *’ – $p<0,1$, * – $p<0,05$; ** – $p<0,01$; *** – $p<0,001$ – по сравнению с группой 20 лет по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони.

Апостериорные сравнения с группой 20 лет показали, что в стойке с ОГ стабилографические показатели достигали «взрослого» уровня (EllS и ЛСС) к возрасту 11 лет. В частности, величины EllS были повышены до 10 лет, а ЛСС – до 11 лет. Однако в возрасте 14 лет был зафиксирован всплеск постуральной нестабильности: EllS в этом возрасте снова стала выше, чем в возрастной группе 20 лет (рис. 1).

В стойке с ЗГ достижение показателей постуральных колебаний уровня группы двадцати лет происходило к 10-летнему возрасту. EllS не отличалась от уровня двадцатилетних мужчин в 10 лет, а ЛСС – в 9 лет (рис. 2). Однако в возрасте 13 лет был зафиксирован всплеск нестабильности ($p<0,05$): показатель постуральной устойчивости (EllS) снова становился выше ($p<0,05$), чем в возрасте 20 лет.



Рис. 1. Площадь эллипса статокинезиограммы (EllS) в стойке с закрытыми и открытыми глазами на стабилоплатформе в возрастных группах

Примечание: * – $p<0,05$; ** – $p<0,01$; *** – $p<0,001$ – по сравнению с группой 20 лет по пост-хок критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони.



Рис. 2. Линейная скорость статокинезиограммы (ЛСС) в стойке с закрытыми и открытыми глазами на стабилоплатформе в возрастных группах

Примечание: * – $p<0,05$; ** – $p<0,01$; *** – $p<0,001$ – по сравнению с группой 20 лет по пост-хок критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони.

Таким образом, в различных сенсорных условиях стояния на твердой опоре, с наличием визуального контроля и без него, основные стабилометрические показатели приближаются к взрослому уровню уже в возрасте 11 лет. Некоторые отличия стабилизации позы в разных сенсорных условиях в 10 лет в стойке с ЗГ и 11 лет в стойке с ОГ, вероятно, связаны с внутригрупповыми колебаниями показателей и

небольшими выборками. Наиболее ценным результатом является факт временного снижения постуральной устойчивости в 13-14 лет. Мы полагаем, что это явление связано с пубертатными перестройками, в первую очередь с ростовым скачком. Действительно, разница в длине тела между 12- и 13-летними составила в среднем 9,1 см, что указывает на активацию ростовых процессов, связанных с периодом полового созревания. Быстрые соматические изменения в параметрах и составе тела требуют перестройки механизмов регуляции позы [2], которые могут отставать от соматических. Это согласуется с данными о более позднем развитии механизмов сенсорной переоценки и интеграции, в том числе при дефиците зрительного контроля [9]. По данным исследований, сначала сенсорное созревание происходит в зрительной системе, затем в проприоцептивной и, наконец, в вестибулярной системе [9]. В условиях сенсорного конфликта или при изменении надежности одного из каналов дети хуже, чем взрослые, перераспределяют сенсорные веса, что проявляется повышенной постуральной неустойчивостью. В целом, наши данные согласуются с временным снижением устойчивости позы в период пубертатных перестроек, показанных в обзоре C.C. Quatman-Yates и др. [10]. Предположено, что многие аспекты сенсомоторной функции продолжают развиваться на протяжении всего подросткового возраста, а у некоторых детей наблюдается регресс в некоторых сенсомоторных механизмах [10].

Полученные данные обосновывают выделение возрастных периодов для направленного развития постуральной устойчивости. Поскольку стабилизация ЛСС и EllS в целом завершается к 11-летнему возрасту, сенситивным периодом развития способности к равновесию может быть возрастной период до 11 лет. Кроме того, в пубертатный период, который можно идентифицировать по ростовому скачку и другим признакам, необходимо учитывать возможное снижение устойчивости позы и уделять внимание этой координационной способности, особенно в тех видах спорта, которые предъявляют высокие требования к равновесию тела. Полученные данные указывают на особое значение пубертатного периода в развитии способности к равновесию человека, эффекты и механизмы которого требуют дополнительного изучения.

Результаты работы имеют ограничения, связанные с поперечным (срезовым) дизайном. Для более точных результатов необходимы лонгитюдные исследования.

Заключение. В возрастном диапазоне 5-20 лет формирование и стабилизация устойчивости вертикальной позы в стойке на твердой опоре с открытыми и закрытыми глазами происходят к 11 годам. В 13-14 лет отмечается небольшое и временное снижение постуральной устойчивости в обоих сенсорных условиях с последующим выходом на взрослые значения после 15 лет.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников, А.А. Функция равновесия у спортсменов-борцов : монография / А.А. Мельников, А.Д. Викулов, М.В. Малахов. – Ярославль : ЯГПУ, 2016. – 150 с.

2. Hsu, Y.S. Assessing the development of balance function in children using stabilometry / Y.S. Hsu, C.C. Kuan, Y.H. Young // International Journal Pediatric Otorhinolaryngology. – 2009. – Vol. 73. – No. 5. – P. 737-740. DOI: 10.1016/j.ijporl.2009.01.016.

3. Paillard, T. Relationship Between Sport Expertise and Postural Skills / T. Paillard // Frontiers in Psychology. – 2019. – Vol. 10. – P. 1428. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01428.

4. Мельников, А.А. Возрастные особенности регуляции вертикальной позы у юношей-дзюдоистов 7-15 лет / А.А. Мельников, М.В. Васина // Журнал медико-биологических исследований. – 2022. – Т. 10. – № 3. – С. 221-231. DOI: 10.37482/2687-1491-Z110.

5. Корягина, Ю.В. Оценка динамики морфологического статуса и физических качеств девочек и девушек 4-17 лет, занимающихся художественной гимнастикой / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, О.Н. Акимкина // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2024. – Т. 3. – № 1. – С. 7-16.

6. Fletcher, R.S. On-the-Go Prediction of Soil pH Using Generalized Additive Models in Mississippi Delta: A Case Study / R.S. Fletcher // Open Journal of Soil Science. – 2025. – Vol. 15. – No. 4.

7. Horak, F.B. Postural Orientation and Equilibrium / F.B. Horak, J.M. Macpherson // In: Handbook of Physiology. Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems. – MD: American Physiological Society, 1996. – P 255-292.
8. Neuromuscular performance of balance and posture control in childhood and adolescence / O. Ludwig, J. Kelm, A. Hammes [et al.] // Heliyon. – 2020. – Vol. 6(7). – P. e04541. DOI: 10.1016/ j.heliyon.2020.e04541.
9. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study / C.D.S. Cardoso de Sá, C.C. Boffino, R.T. Ramos, C. Tanaka // Brazilian Journal Physical Therapy. – 2018. – Vol. 22(1). – P. 70-76. DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.10.006.
10. A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness? / C.C. Quatman-Yates, C.E. Quatman, A.J. Meszaros [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2012. – Vol. 46(9). – P. 649-655. DOI: 10.1136/bjsm.2010.079616.

REFERENCES

1. Melnikov A.A., Vikulov A.D., Malakhov M.V. Balance function in wrestler athletes. Yaroslavl: Yaroslavl State Pedagogical University, 2016. 150 p. (in Russ.)
2. Hsu Y.S., Kuan C.C., Young Y.H. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International Journal Pediatric Otorhinolaryngology*, 2009, vol. 73, no. 5, pp. 737-740. DOI: 10.1016/j.ijporl.2009.01.016.
3. Paillard T. Relationship between Sport Expertise and Postural Skills. *Frontiers in Psychology*, 2019, vol. 10, p. 1428. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01428.
4. Melnikov A.A., Vasina M.V. Age-Related Peculiarities of Vertical Posture Regulation in Male Judokas Aged 7-15 Years. *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 3, pp. 221-231. DOI: 10.37482/2687-1491-Z110. (in Russ.)
5. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Akimkina O.N. Assessment of changes in morphological status and physical qualities of 4-17-year-old girls engaged in rhythmic gymnastics. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2024, vol. 3, no. 1, pp. 7-16. (in Russ.)
6. Fletcher R.S. On-the-Go Prediction of Soil pH Using Generalized Additive Models in Mississippi Delta: A Case Study. *Open Journal of Soil Science*, 2025, vol. 15, no. 4.
7. Horak F.B., Macpherson J.M. Postural Orientation and Equilibrium. In: Handbook of Physiology. Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems. MD: American Physiological Society, 1996. pp. 255-292.
8. Ludwig O., Kelm J., Hammes A., Schmitt E., Fröhlich M. Neuromuscular performance of balance and posture control in childhood and adolescence. *Heliyon*, 2020, vol. 6(7), p. e04541. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04541.
9. Cardoso de Sá C.D.S., Boffino C.C., Ramos R.T., Tanaka C. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Brazilian Journal Physical Therapy*, 2018, vol. 22(1), pp. 70-76. DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.10.006.
10. Quatman-Yates C.C., Quatman C.E., Meszaros A.J., Paterno M.V., Hewett T.E. A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness? *British Journal of Sports Medicine*, 2012, vol. 46(9), pp. 649-655. DOI: 10.1136/bjsm. 2010.079616.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Маргарита Владимировна Васина – аспирант, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: vasina75@gmail.com.
Андрей Александрович Мельников – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: meln1974@yandex.ru.
Сергей Анатольевич Фирсин – кандидат педагогических наук, доцент кафедры управления, Корпоративный университет развития образования, Мытищи, e-mail: firsinsa@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Margarita V. Vasina – Postgraduate Student, Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, e-mail: vasina75@gmail.com.
Andrey A. Melnikov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology, Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, e-mail: meln1974@yandex.ru.
Sergey A. Firsin – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Corporate University of Education Development, Mytishchi, e-mail: firsinsa@yandex.ru.

Для цитирования: Васина, М.В. Возрастные особенности постуральной регуляции у физически активных лиц 5-20 лет по данным стабилометрии / М.В. Васина, А.А. Мельников, С.А. Фирсин // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_3

For citation: Vasina M.V., Melnikov A.A., Firsin S.A. Age-related features of postural regulation in physically active individuals aged 5-20 years according to the stabilometry data. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_3