

УДК 612.886

РАЗВИТИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ НАВЫКОВ КООРДИНАЦИИ БАЛАНСИРОВОЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Нагаева Е. И., Бирюкова Е. А., Черный С. В., Власова В. В., Кускевич Т. В.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: enagaeva75@mail.ru*

Статья рассматривает влияние биологической обратной связи по стабилметрическим параметрам на способность к поддержанию равновесия у мальчиков 10 лет. Исследование выявило, что двигательльно-когнитивная динамическая проба оказывает положительное влияние на постуральную устойчивость младших школьников.

Ключевые слова: стабилметрия, постуральная устойчивость, биологическая обратная связь (БОС) по стабилметрическим параметрам, младший школьный возраст.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время многие исследования посвящены изучению тренингов в виде упражнений в виртуальной реальности на равновесие для развития постуральной устойчивости [1–3]. Почти во всех исследованиях сделан вывод, что программа виртуального тренинга баланса с использованием компьютерной техники и реабилитационного оборудования является эффективным методом для улучшения динамического или статического баланса [3]. Вместе с тем практически отсутствуют экспериментальные работы, связанные с изучением постурального баланса у детей младшего школьного возраста и влияния на функцию поддержания равновесия биологической обратной связи (БОС) по стабилметрическим параметрам. Так как младший школьный возраст является сенситивным периодом в развитии координационных способностей, детальное изучение постурального баланса и эффективности применения БОС по стабилметрическим параметрам у детей этого возраста не только позволит провести оценку и прогноз развития координационных способностей, но и может стать эффективным способом развития способностей к поддержанию равновесия.

Целью нашего исследования было изучение влияния биологической обратной связи (БОС) по стабилметрическим параметрам на способность к поддержанию равновесия у мальчиков 10 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в декабре 2016 года на базе МБОУ СОШ № 2 г. Симферополя и Центра коллективного пользования «Экспериментальная физиология и биофизика» Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского.

Обследованы 2 группы по 10 детей – учащихся 5 классов. В группу 1 вошли дети в возрасте $10,02 \pm 0,3$ лет, которым ежедневно в течение 5 дней учебной недели проводили двухфазный тест – модифицированную пробу Ромберга (30 секунд с открытыми глазами, 30 секунд с закрытыми глазами) на стабилометрической платформе ST-150. Во 2 группу вошли 10 детей в возрасте $10,03 \pm 0,2$ лет, с которыми после ежедневного проведения двухфазного теста Ромберга на стабилометрической платформе в течение 5 дней проводили двигательно-когнитивный тест, реализованный в виде динамической пробы, когда испытуемому предлагалось в течение 5-ти минут смещать метку на экране монитора, связанную с проекцией центра давления на стабилометрической платформе в соответствии с программой, заданной на экране монитора [2], после чего у них повторно проводили пробу Ромберга. Целью двигательно-когнитивной динамической пробы была тренировка поструральной устойчивости методом биологической обратной связи по стабилометрическим параметрам. От родителей всех испытуемых было получено добровольное согласие на участие в исследованиях.

Исследования проходили с использованием сертифицированного электронного стабилометрического устройства ST-150 (ТУ 9441-005-49290937-2009), имеющего метрологическую аттестацию (Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.28.004.A № 41201) и внесенного в государственный реестр средств измерений, а также лицензионного программного обеспечения STPL (ООО Мера-ТСП, г. Москва). В ходе исследования регистрировались основные показатели стабиллограммы, в частности длина (L, мм), площадь (S, мм²) статокинезиограммы и работа (A, Дж) по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры и коэффициент Ромберга (КР, усл. ед.). Целью двигательно-когнитивной динамической пробы была тренировка поструральной устойчивости методом биологической обратной связи по стабилометрическим параметрам.

Для математической обработки фактического материала использовался пакет программ STATISTICA 5.0. Для анализа полученных данных применялись стандартные методы вариационной статистики: мерами центральных тенденций, иллюстрирующими выраженность исследуемых признаков, выступали значения среднего и стандартной ошибки среднего. Для выявления внутригрупповых различий применяли критерий Вилкоксона для зависимых выборок, для выявления различий между исследуемыми группами применялся критерий Манна – Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования были выявлены внутригрупповые различия исследуемых показателей, значения которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Достоверность различий показателей пробы Ромберга в 1 и 2 группе младших школьников между 1 и 5 днем обследования

Группа 1			
Исследуемый показатель	1 день X±Sx	5 день X±Sx	P
Длина статокинезиограммы с открытыми глазами (Lo), мм	303,16±43,90	406,18±54,04	0,027
Длина статокинезиограммы с закрытыми глазами (Lз), мм	389,10±58,12	537,56±92,33	0,115
Площадь статокинезиограммы с открытыми глазами (So), мм ²	231,80±71,09	486,20±152,85	0,027
Площадь статокинезиограммы с закрытыми глазами (Sз), мм ²	403,83±238,75	656,66±319,79	0,248
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с открытыми глазами (Ao), Дж	2,17±0,58	3,78±1,08	0,027
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с закрытыми глазами (Az), Дж	3,62±0,95	7,72±3,46	0,115
Коэффициент Ромберга (КР), усл. ед.	170,66±18,05	181,66±23,94	0,916
Группа 2			
Длина статокинезиограммы с открытыми глазами (Lo), мм	422,20±89,49	316,78±39,50	0,046
Длина статокинезиограммы с закрытыми глазами (Lз), мм	509,50±109,18	583,14±165,62	0,224
Площадь статокинезиограммы с открытыми глазами (So), мм ²	237,76±61,34	132,84±28,22	0,115
Площадь статокинезиограммы с закрытыми глазами (Sз), мм ²	366,75±148,77	623,08±321,21	0,074
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с открытыми глазами (Ao), Дж	4,87±2,20	2,56±0,53	0,046
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с закрытыми глазами (Az), Дж	6,59±2,78	9,97±5,27	0,345
Коэффициент Ромберга (КР), усл. ед.	139,83±11,42	202,33±28,09	0,027

В 1 группе обследуемых школьников в течение 5 дней обследования наблюдались статистически значимые изменения показателей пробы Ромберга с открытыми глазами, так, в первый день длина статокинезиограммы составила $303,16 \pm 43,90$ мм, а на 5 день этот показатель увеличился на 33,98 % и составил $406,18 \pm 54,04$ мм ($p < 0,05$). Площадь статокинезиограммы также увеличилась на 5 день с $231,80 \pm 71,09$ мм² до $486,20 \pm 152,85$ мм² на 109 % ($p < 0,05$). Показатель работы по перемещению общего центра давления в плоскости опоры с открытыми глазами в первый день обследования составил $2,17 \pm 0,58$ Дж, а к 5 дню увеличился до $3,78 \pm 1,08$ Дж на 74,19 % (табл. 1, рис. 1). С закрытыми глазами исследуемые показатели пробы Ромберга не имели статистически значимых отличий, так, в 1 день обследования длина статокинезиограммы составила $389,10 \pm 58,12$ мм, а на 5 день увеличилась на 38,15 % до $537,56 \pm 92,33$ мм ($p > 0,05$), площадь статокинезиограммы возросла на 62,6 % ($p > 0,05$) с $403,83 \pm 238,75$ мм² до $656,66 \pm 319,79$ мм² на 5 день обследования, показатель работы по перемещению (ОЦД) вырос на 113,25 % ($p > 0,05$) с $3,62 \pm 0,95$ Дж до $7,72 \pm 3,46$ Дж (табл. 1, рис. 1).

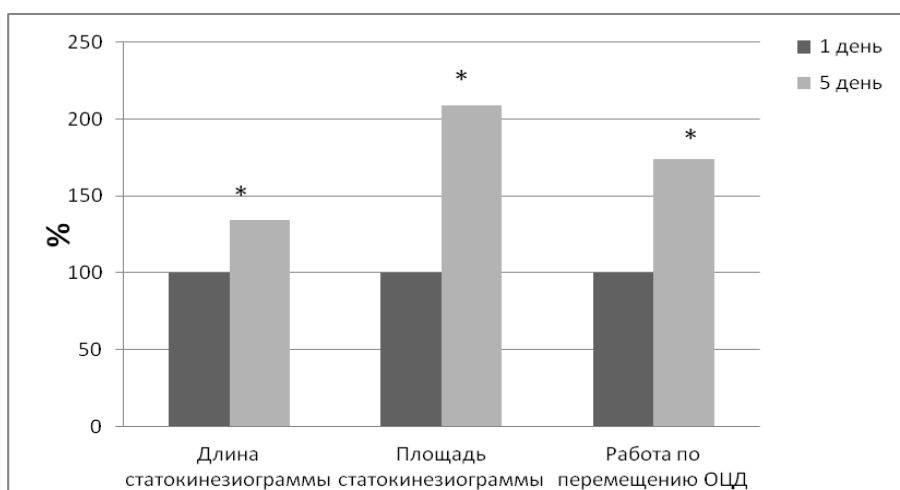


Рис. 1. Динамика показателей пробы Ромберга с открытыми глазами, выраженная в процентах изменений в 1 и 5 день обследования, у исследуемых 1 группы (* – $p < 0,05$)

Полученные результаты свидетельствуют о снижении показателей поструральной устойчивости в 1 группе школьников к концу рабочей недели. Это, возможно, вызвано тем, что процесс пребывания ребенка в школе в течение учебной недели приводит к снижению порога психоэмоционального возбуждения, снижению показателей основных психических функций и двигательной активности [4]. Считается, что подобные изменения связаны с высоким уровнем когнитивной нагрузки и особенностями микросоциального окружения [5], а также с вынужденным поддержанием режима дня [6]. Указанные выше причины приводят к усилению спонтанной, а не произвольной двигательной активности, что

характеризуется повышением уровня коркового возбуждения на фоне снижения эффективности решения когнитивных задач [7]. В свою очередь, данный вид двигательной активности приводит к специфическому изменению в восприятии окружающего пространства, что характеризуется снижением восприятия расстояния и, как следствие, снижением контроля за положением тела в пространстве [8].

Во второй группе школьников после проведения пробы Ромберга и БОС по стабилметрическим параметрам в течение 5 дней показатели пробы Ромберга с открытыми глазами имели статистически значимые изменения. Так, в первый день длина статокинезиограммы с открытыми глазами составила $422,20 \pm 89,49$ мм, а на 5 день этот показатель уменьшился на 24,96 % и составил $316,78 \pm 39,50$ мм ($p < 0,05$), площадь статокинезиограммы уменьшилась на 55,87 % ($p > 0,05$) с $237,76 \pm 61,34$ мм² до $132,84 \pm 28,22$ мм², а показатель работы по перемещению общего центра давления в плоскости опоры с открытыми глазами в первый день обследования составил $4,87 \pm 2,20$ Дж, а к 5 дню уменьшился до $2,56 \pm 0,53$ Дж на 47,43 % ($p < 0,05$) соответственно (табл. 1, рис. 2). С закрытыми глазами исследуемые показатели пробы Ромберга не имели статистически значимых отличий, так, в 1 день обследования длина статокинезиограммы составила $509,50 \pm 109,18$ мм, а на 5 день увеличилась на 14,45 % до $583,14 \pm 165,62$ мм ($p > 0,05$), площадь статокинезиограммы возросла на 69,89 % ($p > 0,05$) с $366,75 \pm 148,77$ мм² до $623,080 \pm 321,21$ мм² на 5 день обследования, показатель работы по перемещению (ОЦД) вырос на 51,28 % ($p > 0,05$) с $6,59 \pm 2,78$ Дж до $9,97 \pm 5,27$ Дж (табл. 1, рис. 2).

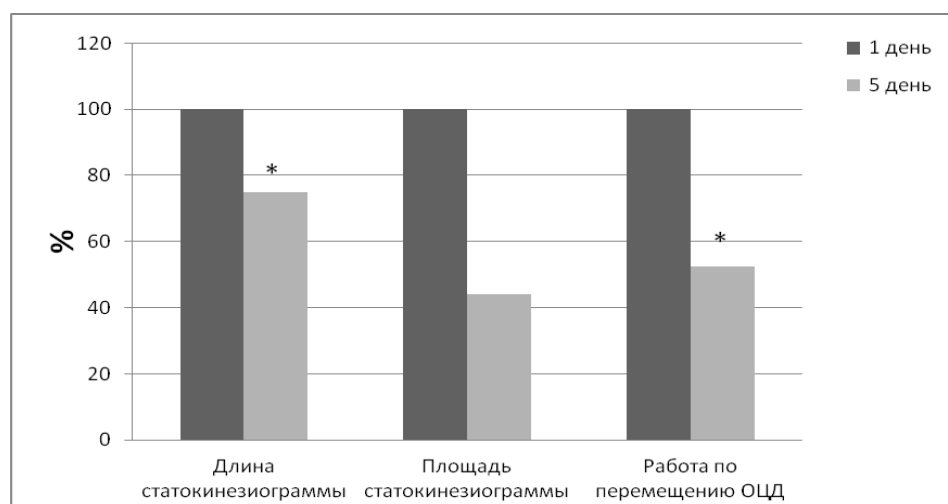


Рис. 2. Динамика показателей пробы Ромберга, выраженная в процентах изменений в 1 и 5 день обследования, у исследуемых 2 группы (* – $p < 0,05$)

Полученные результаты свидетельствуют об улучшении показателей поструральной устойчивости во 2 группе школьников к концу рабочей недели. Это вызвано тем, что используемая динамическая тренировка по методу БОС с

визуализацией перемещения центра давления на экране монитора в первую очередь тренирует визуальную систему контроля баланса, а в возрасте 9–11 лет у детей постуральная устойчивость в значительной мере функционально опосредована зрительным контролем [9].

В результате проведенного исследования были выявлены внутригрупповые различия коэффициента Ромберга (КР), значения которых представлены в таблице 1. Так, в 1 группе школьников на 5 день обследования достоверных изменений КР по сравнению с 1 днем обнаружено не было (табл. 1, рис. 3). Во 2 группе школьников после прохождения БОС по стабилметрическим параметрам (динамическая проба) по сравнению с первым днем этот показатель достоверно изменился с $139,83 \pm 11,42$ усл. ед. до $202,33 \pm 28,09$ усл. ед. ($p < 0,05$) т. е. на 44,69 % (табл. 1, рис. 3).

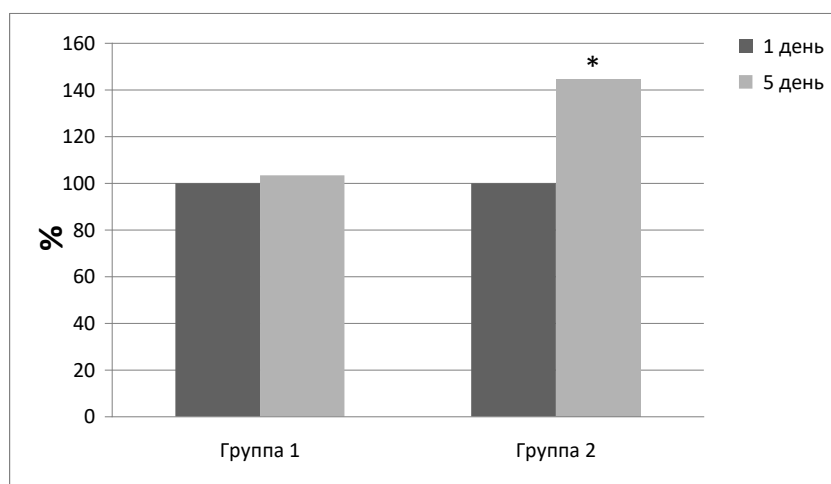


Рис. 3. Динамика коэффициента Ромберга, выраженная в процентах изменений в 1 и 5 день обследования, у исследуемых 1 и 2 группы младших школьников

У младших школьников постуральная устойчивость опосредована зрительным контролем [9], что характеризуется функциональной незрелостью взаимосвязей между вестибулярной и центральной нервной системами [10]. Коэффициент Ромберга количественно определяет соотношение между зрительной и проприорецептивной системами в контроле баланса в основной стойке [11]. Увеличение значений коэффициента Ромберга во 2 группе обследуемых школьников свидетельствует о возрастании вклада зрительной системы в поддержание постуральной устойчивости и обусловлено тем, что посредством БОС по стабилметрическим параметрам тренируется именно визуальная система контроля баланса.

Таблица 2

Достоверность различий показателей пробы Ромберга в 1 и 2 группе младших школьников в 1 день обследования

Исследуемый показатель	Группа 1 X±Sx	Группа 2 X±Sx	P1
Длина статокинезиограммы с открытыми глазами (Lo), мм	303,16±43,90	422,20±89,49	0,016
Длина статокинезиограммы с закрытыми глазами (Lз), мм	389,10±58,12	509,50±109,18	0,075
Площадь статокинезиограммы с открытыми глазами (So), мм ²	231,80±71,09	237,76±61,34	0,815
Площадь статокинезиограммы с закрытыми глазами (Sз), мм ²	403,83±238,75	366,75±148,77	0,627
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с открытыми глазами (Ao), Дж	2,17±0,58	4,87±2,20	0,031
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с закрытыми глазами (Az), Дж	3,62±0,95	6,59±2,78	0,028

Таблица 3

Достоверность различий показателей пробы Ромберга в 1 и 2 группе младших школьников на 5 день обследования

Исследуемый показатель	Группа 1 X±Sx	Группа 2 X±Sx	P2
Длина статокинезиограммы с открытыми глазами (Lo), мм	406,18±54,04	316,78±39,50	0,035
Длина статокинезиограммы с закрытыми глазами (Lз), мм	537,56±92,33	583,14±165,62	0,770
Площадь статокинезиограммы с открытыми глазами (So), мм ²	486,20±152,85	132,84±28,22	0,011
Площадь статокинезиограммы с закрытыми глазами (Sз), мм ²	656,66±319,79	623,08±321,21	0,730
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с открытыми глазами (Ao), Дж	3,78±1,08	2,56±0,53	0,131
Работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры с закрытыми глазами (Az), Дж	7,72±3,46	9,97±5,27	0,129

Анализ межгрупповых различий выявил статистически значимую разницу ($p < 0,05$) в показателях длины и работы по перемещению общего центра давления с открытыми и закрытыми глазами в 1 день обследования. Во 2 группе школьников данные показатели были выше на 39,26 %, 124,42 % и 82 % соответственно по сравнению с первой группой (табл. 2). На 5 день обследования статистически значимыми ($p < 0,05$) были различия в показателях в длине и площади статокинезиограммы с открытыми глазами, во второй группе исследуемые показатели были ниже на 22,01 % и 74,5 % соответственно (табл. 2, 3).

Таким образом, снижение уровня контроля постурального баланса на протяжении недели школьного обучения в 1 группе школьников связано с процессами функционального утомления центральной нервной системы под влиянием когнитивных нагрузок и социальных факторов, а также с преимущественным влиянием зрительной системы на контроль положения тела у детей данного возраста. Увеличение контроля постурального баланса во 2 группе обусловлено влиянием БОС по стабилметрическим параметрам с визуализацией перемещения центра давления, направленной именно на тренировку зрительной системы контроля баланса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В 1 группе детей, с которой не проводился БОС по стабилметрическим параметрам, анализ внутригрупповых различий полученных результатов выявил статистически значимое ($p < 0,05$) изменение показателей постуральной устойчивости, выразившееся в увеличении длины и площади статокинезиограммы при открытых глазах на 33,98 % и 109 % соответственно. Показатель работы по перемещению общего центра давления в плоскости опоры увеличился на 74,19 % к концу учебной недели, что свидетельствует об ухудшении стабильности баланса и обусловлено процессами функционального утомления центральной нервной системы под влиянием когнитивных нагрузок и социальных факторов.
2. У исследуемых школьников 2 группы после проведения БОС по стабилметрическим параметрам на протяжении 5 суток обследования наблюдалось статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение показателей длины на 24,96 % и площади статокинезиограммы на 55,87 % при открытых глазах, а также показателя работы по перемещению общего центра давления в плоскости опоры на 47,43 %. Это свидетельствует о тренировке визуальной системы контроля баланса и улучшении стабильности баланса в основной стойке под влиянием БОС.
3. Анализ межгрупповых различий на 5 день обследования выявил статистически значимую разницу ($p < 0,05$) в показателях в длины и площади статокинезиограммы с открытыми глазами. Во второй группе исследуемые показатели были ниже на 22,01 % и 74,5 % соответственно. Результаты проведенного исследования свидетельствуют об эффективности применения БОС по стабилметрическим параметрам для коррекции показателей постуральной устойчивости младших школьников.

Работа поддержана грантом Государственного совета Республики Крым для молодых ученых «Когнитивные аспекты управления виртуальным объектом в системе с биологической обратной связью по опорной реакции» от 01.02.2017 № 368-1/17.

Работа выполнена на оборудовании КП ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

Список литературы

1. Teasdale N. The role of proprioceptive information for the production of isometric forces and for handwriting tasks / N. Teasdale, R. Forget, C. Bard [et al.]. – San Francisco: Acta Psychol. – 1993. – Vol. 82. – P. 179–191.
2. Кубряк О. В. Практическая стабилметрия. Статические двигательно- когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции / О. В. Кубряк, С. С. Гороховский. – М.: Маска, 2012 – 88 с.
3. Ibrahim M. S. Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults / M. S. Ibrahim, A. G. Mattar, S. M. Elhafez [et al.] // Journal of Physical Therapy Science. – 2016. – Vol. 28, No 1. – P. 20–26
4. Park S. The impact of the availability of vending machines on eating behavior during lunch: the Youth Physical Activity and Nutrition Survey / S. Park, W. Sappenfield, Y. Huang [et al.] // Am Diet Assoc. – 2010. – Vol. 110, No 10. – P. 1532–1536.
5. Biddle S. J. Physical activity and mental health in children and adolescents / S. J. Biddle, M. Asare // Sports Med. – 2011. – Vol. 45, No 11. – P. 886–895.
6. Bostic J. Building Better Brains: Evidence-Based Interventions to Enhance Contemporary Schooling / J. Bostic, L. Hart // Child Adolesc Psychiatric Clin N Am. – 2012. – Vol. 21. – P. 69–80.
7. Dragnea A. A. The Theory of Motor Activities // A. Dragnea, A. Bota. – Bucharest: Didactic and Pedagogical Publishing House R. A., 1999. – 136 p.
8. Albu A. Perceptual-Motor at Age of Growth and Development / A. Albu, C. Albu // Iasi: Publishing House Spiru Haret. – 1999. – Vol. 91. – P. 103–105.
9. Cherng R. Vestibular system in performance of standing balance of children and young adults under altering sensory conditions / R. Cherng, J. Chen, F. Su // Percept. Motor Skills. – 2001. – Vol. 92. – P. 1167–1179.
10. Ferber-Viart C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and young adults / C. Ferber-Viart, E. Ionescu, T. Morlet [et al.] // Pediatr. Otorhinolaryngol. – 2007. – Vol. 71. – P. 1041–1046.
11. Скворцов Д. В. Стабилметрическое исследование / Д. В. Скворцов. – М.: Маска, 2010. – 176 с.

THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED SKILLS, COORDINATION, BALANCE MOVEMENTS AMONG CHILDREN OF PRIMARY SCHOOL AGE

Nagaeva E. I., Biryukova E. A., Cherniy S. V., Vlasova V. V., Kuskevych T. V.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: enagaeva75@mail.ru*

Recently, many research works are devoted to the study of trainings in the form of exercises on balance for the development of postural stability carried out in virtual reality. However, there is practically no experimental work associated with the study of postural balance and the influence of biological feedback (BFB) by stabilometric parameters on the

function of maintaining the balance among children of primary school age. The aim of the investigation was to study the effect of BFB by stabilometric parameters on the ability to maintain balance among boys of 10 years.

There were 2 groups of 10 children each, pupils of 5th grades of primary school examined. Group 1 included children aged 10.02 ± 0.3 years, who daily performed the Romberg test on a stabilometric platform. Group 2 consisted of 10 children aged 6.03 ± 0.2 years, who were the subjects of the following studies: postural test (Romberg test), followed by motor-cognitive dynamic test, and then again Romberg test. The research has been carried out using a stabilometric platform ST-150 with software STPL.

The 1st group of testees showed a decrease in postural stability by the end of the school week. The 2nd group of testees showed the improvement in the stability of the balance in the main stance under the influence of BFB by stabilometric parameters. The analysis of intergroup differences on the 5th day of the survey revealed statistically significant difference ($p < 0.05$) in the indicators of length and area of statokinesigram with open eyes. In the second group the studied indices were lower by 22.01 % and 74.5 % respectively. The results of the study indicate the effectiveness of use of BFB by stabilometric parameters for the correction of postural stability among primary school children.

Keywords: stabilometry, postural stability, biological feedback (BFB) by stabilometric parameters, primary school age.

References

1. Teasdale N., Forget R., Bard C., Paillard J., Fleury M., Lamarre Y. The role of proprioceptive information for the production of isometric forces and for handwriting tasks, *Acta Psychol.*, **82**, 179 (1993).
2. Kubryak O. V., Gorohovskiy S. S. *Prakticheskaya stabilometriya. Sticheskie dvigatelno- kognitivnyie testyi s biologicheskoy obratnoy svyazyu po opornoy reaktsii*, 88 („Maska“, Moscow, 2012).
3. Ibrahim M. S., Mattar A.G., Elhafez S.M. Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults. *Journal of Physical Therapy Science*, **28(1)**, 20 (2016).
4. Park S., Sappenfield W.M., Huang Y. et al. The impact of the availability of school vending machines on eating behavior during lunch: the Youth Physical Activity and Nutrition Survey, *J Am Diet Assoc*, **110(10)**, 1532 (2010).
5. Biddle S.J., Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews, *Sports Med*; **45(11)**, 886 (2011).
6. Jeffrey Q., Bostic, Lauren J. Hart. Building Better Brains: Evidence-Based Interventions to Enhance Contemporary Schooling, *Child Adolesc Psychiatric Clin N Am*, **21**, 69 (2012).
7. Dragnea A., Bota A. The Theory of Motor Activities, *Bucharest: Didactic and Pedagogical Publishing House*, R. A., 136 (1999).
8. Albu A., Albu C. Perceptual-Motor at Age of Growth and Development, *Iasi: Publishing House Spiru Haret*, **91**, 103 (1999).
9. Cherng R. J., Chen J. J., Su F. C. Vestibular system in performance of standing balance of children and young adults under altering sensory conditions, *Percept. Motor Skills*, **92**, 1167 (2001).
10. Ferber-Viart C., Ionescu E., Morlet T., Froehlich P., Dubreuil C., Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and young adults, *J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, **71**, 1041(2007).
11. Skvortsov D. V. *Stabilometricheskoe issledovanie*, 176 („Maska“, Moscow, 2010).