Дата публикации: 01.03.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_49
УДК 612.886; 796.422.16

Publication date: 01.03.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_49
UDC 612.886; 796.422.16

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАВНОВЕСИЯ У ЮНЫХ ЛЕГКОАТЛЕТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЬНО-КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧ

Е.И. Нагаева, Е.А. Бирюкова, Д.Н. Захаров, Е.С. Ткач
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Аннотация. Целью исследования явилось изучение динамики показателей постуральной устойчивости юношей легкоатлетов под воздействием специализированных двигательно-когнитивных задач. Выявлено, что проводимая в течение 5 дней двигательно-когнитивная динамическая проба привела к росту коэффициента эффективности баланса, а изменения значений коэффициента Ромберга свидетельствуют о увеличении вклада проприорецептивной системы в поддержание баланса в основной стойке у юных легкоатлетов. Результаты проведенного исследования показывают, что тренировки с использованием биологической обратной связи по стабилометрическим параметрам обладают высокой эффективностью и приводят к росту стабильности баланса.
Ключевые слова: стабилометрия, постуральная устойчивость, статическое равновесие, проба Ромберга, биологическая обратная связь, легкая атлетика.

CHANGES IN BALANCE INDICATORS IN YOUNG TRACK-AND-FIELD ATHLETES UNDER THE INFLUENCE OF SPECIALIZED MOTOR-COGNITIVE TASKS

E.I. Nagaeva, E.A. Biryukova , D.N. Zaharov, E.S. Tkach
V.I. Vernadskij Crimean Federal University, Simferopol', Russia

Annotation. The purpose of the research was to study the dynamics of postural stability indices in young male track-and-field athletes under the influence of special motor-cognitive tasks. It was revealed that a motor-cognitive dynamic test conducted for 5 days led to an increase in the balance efficiency coefficient, and changes in the Romberg coefficient values indicate an increase in the contribution of the proprioceptive system to maintaining balance in the standing position in young track-and-field athletes. The results of the study show that training with biofeedback according to stabilometric parameters is highly effective and leads to an increase in balance stability.
Key words: stabilometry, postural stability, standing balance, Romberg test, biological feedback, track-and-field.

Введение. На сегодняшний день методики биологической обратной связи (БОС) активно не только используются в качестве медицинского приложения в восстановительном лечении больных с двигательной патологией, но и находят свое место в спорте в качестве средств, используемых для совершенствования механизмов саморегуляции физиологических функций организма и тренировочных техник для освоения новых двигательных действий [1-2].

Методы биологической обратной связи по стабилометрическим параметрам позволяют регистрировать и выводить на экран монитора положение центра давления тела. Любые задачи координационного характера, направленные на перенос центра давления тела в определенном направлении с визуализацией действий испытуемого, позволяют посредством зрительного или слухового каналов активно развивать навыки балансировочных движений [1, 3].

Многими авторами отмечается, что тренировки с использованием БОС по стабилометрическим параметрам могут оказывать модулирующее действие на динамический и статический баланс спортсменов [1, 3, 4, 5]. Вместе с тем, работ, анализирующих влияние БОС на функцию поддержания равнове-

сия у спортсменов-легкоатлетов, все еще недостаточно. Развитие способностей к равновесию, ориентированию в пространстве и дифференцировке параметров движения особенно важно в легкой атлетике, т.к. степень согласованности работы двигательного аппарата, вестибулярной и зрительной систем может оказывать непосредственное влияние на спортивный результат [6-7]. Направленное развитие координационных способностей, специфичное для легкой атлетики, на сегодняшний день становится особенно актуальным.

В связи с вышесказанным, целью нашего исследования явилось изучение изменений показателей постуральной устойчивости юношей-легкоатлетов под воздействием специализированных двигательно-когнитивных задач.

Методы и организация исследования. Исследования проводились на базе Центра коллективного пользования «Экспериментальная физиология и биофизика» и кафедры физиологии человека и животных и биофизики факультета биологии и химии Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

В исследованиях принимали участие 10 юношей легкоатлетов стайеров (бег на дистанции 800-3000 метров) 1-2 разрядов в возрасте 14-15 лет. На протяжении 5 дней с помощью стабилометрической платформы ST-150 и программного обеспечения STPL (ООО Мера-ТСП, г. Москва) проводились следующие исследования: постуральная проба (проба Ромберга), сеанс БОС по стабилометрическим параметрам (двигательно-когнитивная динамическая проба) и снова проба Ромберга. У всех волонтеров было получено добровольное согласие на участие в исследованиях.

Электронное стабилометрическое устройство ST-150, (ТУ 9441-005-49290937-2009) имеет метрологическую аттестацию (Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.28.004.A № 41201) и внесено в государственный реестр средств измерений [1]. Использование стабилометрической платформы позволяет проводить количественную оценку рациональности и экономичности движений спортсмена для поддержания постурального баланса. Во время выполнения двигательно-когнитивной динамической пробы на стабилометрической платформе с помощью мультимедийных компьютерных технологий в режиме реального времени предоставляется информация о физиологических показателях деятельности организма человека с помощью сигналов обратной связи (световых или звуковых).

Для математической обработки фактического материала использовался пакет программ STATISTICA 5.0. Для выявления внутригрупповых различий применяли критерий Т-критерий Вилкоксона для зависимых выборок.

Результаты исследования и их обсуждение. При проведении пробы Ромберга в исследуемой группе юных легкоатлетов фоновые значения длины статокинезиограммы составили 230,90±20,85 мм с открытыми глазами и 263,80±16,68 мм с закрытыми глазами, что свидетельствует о высокой постуральной устойчивости с незначительным количеством и частотой девиаций по сравнению со средними популяционными значениями.

Юные легкоатлеты продемонстрировали более высокие значения площади статокинезиограммы как с открытыми глазами 261,65±26,61 мм2, по сравнению со средними значениями – 182,2 мм^2, так и с закрытыми глазами 309,76±15,39 мм^2 (среднее значение 258,4±145,7 мм2). Скорость перемещения общего центра давления (ОЦД) у обследуемых легкоатлетов наоборот была ниже средних значений с открытыми (10,6±3,7 мм/с) и закрытыми глазами (11,5±3,4 мм/с) и соответственно составила 7,68±1,9 мм/с и 8,80±1,57 мм/с, что говорит о меньшей амплитуде и частоте колебаний тела испытуемых.

Таблица 1

Достоверность различий исследуемых показателей стабилограммы при проведении пробы Ромберга (глаза открыты) на 1 и 5 день исследования в группах юношей, занимающихся легкой атлетикой

Показатель стабилограммы Глаза открыты	1 день X±Sx	5 день X±Sx	p	%
Длина статокинезиограммы (L, мм)	230,90±20,85	225,75±29,28	0,674	2,23%
Площадь статокинезиограммы (S, мм^2)	261,65±26.61	179,41±27,90	0,044	31,43%
Работа по перемещению ОЦД в плоскости опоры (A, Дж)	1,84±0,33	1,90±0,49	0,528	3,26
Скорость перемещения центра давления (V, мм/с)	7,68 ±1,9	7,53±1,7	0,953	1,95

Таблица 2

Достоверность различий исследуемых показателей стабилограммы при проведении пробы Ромберга (глаза закрыты) на 1 и 5 день исследования в группах юношей, занимающихся легкой атлетикой

Показатель стабилограммы Глаза закрыты	1 день X±Sx	5 день X±Sx	p	%
Длина статокинезиограммы (L, мм)	263,80±16,68	283,36±31,74	0,326	7,41
Площадь статокинезиограммы (S, мм^2)	309,76±15,39	266,65±13,28	0,0460	13,91
Работа по перемещению ОЦД в плоскости опоры (A, Дж)	2,18±0,19	2,74±0,18	0,04428	25,68
Скорость перемещения центра давления (V, мм/с)	8,80±1,57	9,42±1,98	0,0800	7,04

Общий анализ показателей стабилограммы показал преимущественное использование юными легкоатлетами голеностопной двигательной стратегии для поддержания баланса в основной стойке (табл. 1-2).

Динамическая проба в нашем исследовании выступала в качестве БОС-тренировки по стабилометрическим параметрам, позволяя испытуемым с помощью движений своего тела управлять событиями, происходящими на экране. Как видно из таблицы 1, за 5 дней тренировок произошло значительное увеличение длины статокинезиограммы на 63,27% ($p \leq 0,05$) с 7341,03±1550,03 мм до 11986,21±1450,88 мм. Площадь статокинезиограммы возросла на 13% по сравнению со значениями первого дня с 35,32±4,41 мм^2 до 39,96±6,19 мм^2. В то же время скорость перемещения ОЦД не имела достоверных различий: в первый день она составила 6110,00±826,33 мм/с, а на пятый день достигла 6453,57±826,33 мм/с, разница между значениями 1 и 5 дней составила 5,62% (табл. 3).

Наибольшие изменения наблюдались в показателях работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры. В первый день исследования они были 195,47±41,79 Дж, а к пятому дню возросли на 92,56% и достигли 376,38±57,8 Дж ($p \leq 0,05$). В результате тренировки число баллов, набранных при выполнении динамической пробы, возросло на 75,6% с 38,37±11,60 до 67,38±6,90 к 5 дню тренировок ($p \leq 0,05$) (табл. 3). Незначитель-

ные изменения на протяжении 5 дней площади статокинезиограммы и скорости перемещения ОЦД с одновременным ростом значений работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры и количеством набранных баллов при выполнении динамической тренировки свидетельствуют о постепенном обучении испытуемых юношей-легкоатлетов волевому изменению тренируемого навыка координации балансировочных движений в основной стойке (табл. 3).

Таблица 3

Показатели стабилограммы юных легкоатлетов при проведении двигательно-когнитивной динамической пробы

Динамическая проба	1 день X±Sx	5 день X±Sx	p	%
Длина статокинезиограммы (L, мм)	7341,03±1550,03	11986,21±1450,88	0,0429	63,27
Площадь статокинезиограммы (S, мм^2)	35,32±4,41	39,96±6,192	0,549	13,13
Скорость перемещения центра давления (V, мм/с)	6110,00±826,33	6453,57±826,33	0,772	5,62
Работа по перемещению ОЦД в плоскости опоры (А, Дж)	195,47±41,79	376,38±57,8	0,021	92,56
Баллы	38,37±11,60	67,38±6,90	0,046	75,60

В пробе Ромберга анализ динамики показателей стабилограммы выявил ряд изменений в исследуемых показателях баланса юных легкоатлетов спустя 5 дней тренировок с БОС по стабилометрическим параметрам. Показатель длины статокинезиограммы снизился на 2,23% по сравнению со значениями 1 дня, с 230,90±20,85 мм до 225,75±29,28 мм ($p \geq 0,05$). Площадь статокинезиограммы уменьшилась на 31,43%, с 261,65±26,61 мм^2 до 179,41±27,90 мм^2 ($p \leq 0,05$). Показатели работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры и скорости перемещения центра давления не имели достоверных различий ($p \geq 0,05$), а разница в процентах по сравнению со значениями первого дня составила 3,26% и 1,95% соответственно (табл. 1).

Результаты пробы Ромберга, проводимой с закрытыми глазами на 5 день исследования, выявили, что в группе испытуемых произошло достоверное снижение площади статокинезиограммы на 13,91% ($p \leq 0,05$) по сравнению с фоновыми значениями с 309,76±15,39 мм^2 до 266,65±13,28 мм^2, что свидетельствует о возрастании стабильности баланса в основной стойке. В то же время показатель работы по перемещению ОЦВ в плоскости работы вырос с 2,18±0,19 Дж до 2,74±0,18 Дж ($p \leq 0,05$), а разница в процентах составила 25,68%. Данные изменения могут указывать на рост энергозатрат при выполнении пробы Ромберга с закрытыми глазами, что вызвано срабатыванием фоновых коррекций в период построения двигательного навыка. Длина статокинезиограммы также выросла с 263,80±16,68 мм до 283,36±31,74 мм, на 7,47 % ($p \geq 0,05$). Изменения скорости перемещения центра давления составили 7,04% ($p \geq 0,05$), достигнув к 5 дню 9,42±1,98 мм/с (табл. 2).

После 5 дней тренировок с БОС по стабилометрическим параметрам у юных легкоатлетов коэффициент эффективности баланса вырос на 13,43% ($p \leq 0,05$), а снижение значений коэффициента Ромберга на 21,15% ($p \leq 0,05$) показало увеличение вклада проприорецептивной системы в поддержание баланса в основной стойке у испытуемых (табл. 4).

Таблица 4

Достоверность различий исследуемых коэффициентов при проведении пробы Ромберга в группах юношей, занимающихся легкой атлетикой

Показатель стабилограммы	1 день X±Sx	5 день X±Sx	p	%
Коэффициент эффективности	135,62±5,4	153,87±6,6	0,047	13,43
Коэффициент Ромберга	213,87±14,4	168,62±16,5	0,048	21,15

Результаты проведенного исследования подтвердили выводы исследований Hamann K.F., Krausen Ch., показавших, что тренировки с использованием БОС по стабилометрическим параметрам обладают высокой эффективностью и приводят к росту стабильности баланса [4].

Заключение. Общий анализ показателей стабилограммы юных легкоатлетов выявил высокую постуральную устойчивость с небольшим количеством и частотой девиаций по сравнению со средними популяционными значениями. Результаты исследования показали преимущественное использование юными легкоатлетами голеностопной двигательной стратегии для поддержания баланса в основной стойке.

Анализ результатов динамической пробы на протяжении 5 дней выявил незначительные изменения площади статокинезиограммы и скорости перемещения центра давления с одновременным ростом значений работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры и количеством набранных баллов, что свидетельствует о постепенном обучении испытуемых юношей волевому изменению тренируемого навыка координации балансировочных движений в основной стойке.

Спустя 5 дней тренировок с БОС, по стабилометрическим параметрам площадь статокинезиограммы в пробе Ромберга уменьшилась на 31,43% ($p \leq 0,05$) с открытыми глазами, а с закрытыми – на 13,91% ($p \leq 0,05$) по сравнению с фоновыми значениями, что свидетельствует о возрастании стабильности баланса в основной стойке. Коэффициент эффективности баланса вырос на 13,43% ($p \leq 0,05$), а снижение значений коэффициента Ромберга на 21,15% ($p \leq 0,05$) показало увеличение вклада проприорецептивной системы в поддержание баланса. Результаты проведенного исследования показывают, что тренировки с использованием БОС по стабилометрическим параметрам обладают высокой эффективностью и приводят к росту стабильности баланса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скворцов Д.В. Стабилометрическое исследование: краткое руководство / Д.В. Скворцов // М.: Маска. – 2010. – 176 с.
2. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилометрия / Д.В. Скворцов // М.: НМФ «МБН». – 2007. – 617 с.
3. Кубряк О.В. Практическая стабилометрия. Статические двигательно-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции / О.В. Кубряк, С.С. Гороховский // М.: ООО ИПЦ «Маска». – 2012. – 88 с.
4. Hamann K.F. Clinical application of posturography: Body tracking and biofeedback training / K.F. Hamann, Ch. Krausen / Xth Int. Symp. Dis. of Posture and Gait. – Munich. – 1990. – P. 295-298.
5. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience / T. Pallard // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. – 2017. – Vol. 72. – P. 129-152.
6. Kummel J. Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis / J. Kummel, A. Kramer, L.S. Giboin, M. Gruber // J. Sports Med. – 2016. – Vol. 46(9). – P. 1261-1271.

7. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance / C. Hrysomallis // Sports Med. – 2011. – Vol. 41. – P. 221-232.

REFERENCES

1. Skvortsov D.V. Stabilometric study: brief guidelines / D.V. Skvortsov // M.: Mask. – 2010. – 176 p.
2. Skvortsov D.V. Diagnosis of motor pathology by instrumental methods: gait analysis, stabilometry / D.V. Skvortsov // M.: SMF "MBN". – 2007. – 617 p.
3. Kubryak O.V. Practical stabilometry. Static motor-cognitive tests with biofeedback based on the support reaction / O.V. Kubryak, S.S. Gorokhovskij // M.: LLC "Mask". – 2012. – 88 p.
4. Hamann K.F. Clinical application of posturography: Body tracking and biofeedback training / K.F. Hamann, Ch. Krausen / Xth Int. Symp. Dis. of Posture and Gait. – Munich. – 1990. – P. 295-298.
5. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience / T. Pallard // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. – 2017. – Vol. 72. – P. 129-152.
6. Kummel J. Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis / J. Kummel, A. Kramer, L.S. Giboin, M. Gruber // J. Sports Med. – 2016. – Vol. 46(9). – P. 1261-1271.
7. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance / C. Hrysomallis // Sports Med. – 2011. – Vol. 41. – P. 221-232.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Елена Ивановна Нагаева – доцент кафедры теории и методики физической культуры, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: enagaeva75@mail.ru.
Елена Александровна Бирюкова – доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: biotema@rambler.ru.
Дмитрий Николаевич Захаров – магистр кафедры теории и методики физической культуры, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: Dimafart98@mail.ru.
Евгений Сергеевич Ткач – магистр кафедры теории и методики физической культуры, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: jeka_tkach14@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Elena Ivanovna Nagaeva – Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture, V.I. Vernadskij Crimean Federal University, Simferopol', e-mail: enagaeva75@mail.ru.
Elena Aleksandrovna Biryukova – Associate Professor of the Department of Human and Animal Physiology and Biophysics, V.I. Vernadskij Crimean Federal University, Simferopol', e-mail: biotema@rambler.ru;
Dmitrij Nikolaevich Zakharov – Master of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture, V.I. Vernadskij Crimean Federal University, Simferopol', e-mail: Dimafart98@mail.ru.
Evgenij Sergeevich Tkach – Master of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture, V.I. Vernadskij Crimean Federal University, Simferopol', e-mail: jeka_tkach14@mail.ru**.**

Для цитирования: Нагаева Е.И. Изменение показателей равновесия у юных легкоатлетов под воздействием специализированных двигательно-когнитивных задач / Е.И. Нагаева, Е.А. Бирюкова, Д.Н. Захаров, Е.С. Ткач // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_49

For citation: Nagaeva E.I. Changes in balance indicators in young track-and-field athletes under the influence of specialized motor-cognitive tasks / E.I. Nagaeva, E.A. Biryukova, D.N. Zaharov, E.S. Tkach // Modern Issues of Biomedicine. – 2022. – Vol. 6. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_49