

Выработка новых двигательных программ регуляции равновесия позы у девушек на основе баланс-тренировки

А.А. Мельников^{1✉}, П.А. Смирнова², А.Е. Черкашин²

¹ Российский университет спорта (ГЦОЛИФК), г. Москва, Россия

² Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского, г. Ярославль, Россия

✉ meln1974@yandex.ru

Аннотация

Обоснование. Регуляция позы совершенствуется под влиянием различных тренировочных программ, однако эффекты тренировки на неустойчивых опорах (баланс-тренировки) в развитии статического и динамического равновесия остаются полностью не изученными. **Цель:** изучить эффект баланс-тренировки на статическое и динамическое равновесие у молодых физически активных девушек. **Материалы и методы.** До и после десятидневной баланс-тренировки обследованы две группы девушек: «Баланс» (n = 14) и «Контроль» (n = 14). Группа «Контроль» занималась в рамках дисциплины «физическая культура» университета, группа «Баланс» тренировалась на неустойчивых опорах (3 раза в неделю по 80 минут). Статическое равновесие моноопорной позы определяли в стойке на стабиллоплатформе (Стабилан-01. ОКБ «Ритм»), а динамическое равновесие – в стойке на подвижной по сагиттали пресс-папье в условиях открытых и закрытых глаз. Данные обработаны с применением метода двухфакторного дисперсионного анализа. **Результаты.** В моноопорной стойке на устойчивой платформе в группе «Баланс» выявлено более выраженное, чем в группе «Контроль», снижение скорости колебаний центра давления только в условиях закрытых глаз. В динамической стойке на пресс-папье в группе «Баланс» выявлено более существенное снижение площади колебаний тела как в стойке с открытыми, так и закрытыми глазами, также в стойке с закрытыми глазами снижалась скорость колебаний тела. **Заключение.** Баланс-тренировка вызывает более существенное совершенствование динамического равновесия и менее заметно влияет на статическое равновесие. Взаимосвязь между развитием статического и динамического равновесия под влиянием баланс-тренировки слабая.

Ключевые слова: статическое и динамическое равновесие вертикальной позы, стабิโลграфия, баланс-тренировка, молодые здоровые девушки

Благодарности: авторы выражают благодарность ректору ЯГПУ им. К.Д. Ушинского М.В. Груздеву за техническую и организационную помощь в проведении исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Мельников А.А., Смирнова П.А., Черкашин А.Е. Выработка новых двигательных программ регуляции равновесия позы у девушек на основе баланс-тренировки // Психология. Психофизиология. 2022. Т. 15, № 4. С. 106–113. DOI: 10.14529/jpps220410

Original article
DOI: 10.14529/jpps220410

Development of new motor programs for postural balance in girls based on balance training

A.A. Melnikov¹✉, P.A. Smirnova², A.E. Cherkashin²

¹ Russian University of Sports (SCOLIPE), Moscow, Russia

² Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

✉ meln1974@yandex.ru

Abstract

Introduction. Postural regulation can be improved by different training programs. However, the effects of training on unstable surfaces (balance training) on static and dynamic balance are insufficiently studied. **Aims.** The paper identifies the effects of balance training on static and dynamic balance in physically active girls. **Materials and methods.** Two groups of girls (“Balance”, n = 14 and “Control”, n = 14) were examined before and after the ten-week balance training. The control group attended PE at the university, while the balance group had balance training on unstable surfaces (3 times per week for 80 minutes). Static balance in the single-support posture was evaluated with a force platform. Dynamic balance was evaluated with a seesaw in the stance with open and closed eyes. The data were processed using a two-factor analysis of variance. **Results.** After balance training in the single-support posture, only a decrease in CoP velocity in the balance group was found. After balance training with a seesaw, a more significant decrease in the area of CoP displacement with open and closed eyes was found in the balance group, as well as decreased CoP velocity with closed eyes. **Conclusion.** Balance training causes a more significant improvement in dynamic balance and less noticeably affects static balance. The relationship between the development of static and dynamic balances under the influence of balance training is weak.

Keywords: static and dynamic balance, vertical posture, force platform, balance training, healthy girls

Acknowledgments: the authors thank the rector of the YSPU named after K.D. Ushinsky, M.V. Gruzdev, for assistance in the study.

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Melnikov A.A., Smirnova P.A., Cherkashin A.E. Development of new motor programs for postural balance in girls based on balance training. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology*. 2022;15(4):106–113. (in Russ.) DOI: 10.14529/jpps220410

Введение

Баланс или равновесие позы – это способность организма поддерживать общий центр тяжести в пределах базы опоры с минимальными колебаниями [1, 2]. К функции равновесия относится также способность эффективно реагировать на дестабилизирующие факторы с целью восстановления вертикального положения позы с помощью постуральных перестроек перед, во время и после самопроизвольных движений и в ответ на внешние возмущения [3]. Постуральное равновесие разделяют на два подвида: статическое и динамическое. К статическому относят способность регулировать вертикальную позу на неподвижной опоре, а к динамическому – способность сохранять равновесие на подвижной опоре или во время перемещений [1–3].

Способность поддерживать статическое и динамическое равновесие позы является важной предпосылкой для управления движениями и локомоциями в быту и особенно в спорте [4]. Достижение высокого результата во многих видах спорта – гимнастике, единоборствах, стрельбе, спортивных играх и других – связано с высокой способностью к регуляции позы [5]. Напротив, сниженное равновесие позы повышает риск падений во время спортивных упражнений, ведет к ухудшению спортивных результатов и появлению травм [6].

Для совершенствования регуляции позы предлагают различные тренировки, которые включают силовые, плиометрические, спортивные упражнения, а также специальные упражнения для баланса на неустойчивых опорах или баланс-тренировку [7, 8].

Баланс-тренировка – это методика физической тренировки, направленная главным образом на развитие способности сохранять равновесие вертикального тела на неустойчивых опорах. Под влиянием баланс-тренировки повышаются скоростно-силовые способности спортсменов, а также результативность в прыжковых тестах [9, 10].

Многими исследованиями было показано улучшение способности сохранять равновесие. Как правило, скорость колебаний тела на податливой или подвижной опоре после тренировки испытуемых снижается [11, 12]. Однако в некоторых работах позитивные изменения в регуляции позы не были установлены, например, у детей дошкольного возраста [13]. Более того, установлено, что после трех месяцев ходьбы по натянутой подвижной стропе – слэклайну – статическое равновесие в моноопорной стойке не улучшалось, но повышалось специфическое равновесие в тренируемых заданиях на слэклайне [14]. Полагают, что отсутствие переноса двигательной способности связано с высокой специфичностью двигательного обучения [13, 14]. Таким образом, в нашей работе мы исследовали эффект десятидневной баланс-тренировки на статическое и динамическое равновесие у молодых физически активных девушек. Мы предположили, что в результате долговременных упражнений на подвижных опорах скорость и площадь колебаний центра давления тела больше снизится в стойке на подвижной опоре, но практически не изменится в стойке на неподвижной опоре.

Цель: изучить эффект баланс-тренировки на статическое и динамическое равновесие молодых физически активных девушек.

Материалы и методы

В исследовании на добровольной основе приняли участие физически активные здоровые девушки-студентки ($n = 28$, $19,8 \pm 1,1$ года). 14 девушек вошли в группу «Контроль» (вес: 63 ± 15 кг, рост: 163 ± 7 см) и 14 человек с такими же антропометрическими данными (вес: 63 ± 11 кг, рост: 165 ± 6 см) – в экспериментальную группу «Баланс». Критериями включения в исследование были возраст 18–22 года, отсутствие заболеваний опорно-двигательного аппарата и систем, способных влиять на функцию равновесия тела. Критериями исключения – наличие заболеваний, отсутствие мотивации участия в 10-недельном

эксперименте. Определение всех показателей выполнены до и после 10-недельной программы баланс-тренировки. Группа «Контроль» занималась физическими упражнениями в рамках дисциплины «физическая культура» (два раза в неделю) университета. Группа «Баланс» тренировалась по программе тренировки способности сохранять устойчивость позы на неустойчивых и ограниченных по площади опорах (три раза в неделю по 80 минут). Занятия включали статодинамические упражнения на гимнастической скамье, балансирующих досках, подушках и полусферах. Исследование проведено на базе кафедры физического воспитания ЯГПУ им. К.Д. Ушинского

Регуляцию вертикальной позы определяли с помощью стабилеографического комплекса «Стабилан-01» (ЗАО ОКБ «Ритм») в моноопорном положении без обуви с открытыми (ОГ, 30 секунд) и закрытыми глазами (ЗГ, 30 секунд). Статическую устойчивость позы регистрировали в стойке на твердой устойчивой стабилеплатформе, а динамическую устойчивость – в стойке на подвижной по сагиттали пресс-папье, размещенной на стабилеплатформе (пресс-папье, $h = 10$, $r = 60$ см). Для анализа использовали среднюю линейную скорость ($V_{\text{оцд}}$, мм/сек), 95%-ную площадь ($S_{\text{оцд}}$, мм²) колебаний общего центра давления (ОЦД).

Силовые способности нижних конечностей анализировались с помощью силовых тренажеров: определяли силовые способности сгибателей и разгибателей бедра с субмаксимальным стандартным весом (повторный максимум составил 10–15 раз). Для оценки активной гибкости определяли амплитуду активной подвижности голеностопного сустава в положении лежа с помощью электронного угломера.

Все участники оформляли добровольное письменное информированное согласие на участие в предстоящем экспериментальном исследовании (согласно принципам Хельсинкской декларации). Протокол исследования одобрен независимым локальным комитетом по биоэтике ФГБОУ ВО «ЯГПУ имени К.Д. Ушинского».

Статистика. Результаты на рис. 1–4 представлены как средняя арифметическая (M) \pm 95 % доверительный интервал (95 % дов. инт.). Полученные данные проверены на нормальность распределения, применяя кри-

терий Шапиро – Уилка. Двухфакторный анализ для повторных измерений (ANOVA) использовался для определения различий в изменении показателей за период тренировки между группами «Контроль» и «Баланс». Для парных сравнений внутри групп использован post-hoc критерий Tukey HSD. Для расчета взаимосвязей использована корреляция Пирсона. Расчёты выполнены в программе Statistica v.12 (StatSoft).

Результаты

Силовые способности и подвижность нижних конечностей по данным функциональных тестов. После баланс-тренировки силовая выносливость сгибателей ($+7,2 \pm 7,1$ % и $1,9 \pm 6,6$ % в группах «Баланс» и «Контроль», ANOVA $p = 0,053$) и разгибателей ($8,5 \pm 5,9$ и $1,5 \pm 5,7$ в группах «Баланс» и «Контроль», ANOVA $p = 0,006$) ног в коленном суставе увеличилась более существенно в группе «Баланс» ($p < 0,01$ в обоих тестах по сравнению с исходным уровнем) по сравнению с группой «Контроль». Активная подвижность в голеностопном суставе в группах не изменилась ($p > 0,05$).

Статическая устойчивость вертикальной позы. В обычной моноопорной стойке на стабилоплатформе с ОГ существенных изменений $V_{оцд}$ и $S_{оцд}$ внутри обеих групп, а также между группами не выявлено (для обоих показателей ANOVA $p > 0,05$, рис. 1). Однако в стойке с ЗГ установлено более существенное снижение $V_{оцд}$ в группе «Баланс» по сравнению с группой «Контроль»

($-14,6$ % и $1,6$ % в группах «Баланс» и «Контроль», ANOVA $p = 0,025$, см. рис. 2), но изменения $S_{оцд}$ между группами были не существенны (ANOVA $p = 0,090$).

Динамическая устойчивость вертикальной позы. В стойке на пресс-папье с ОГ существенных изменений $V_{оцд}$ в группах не произошло, а динамика $V_{оцд}$ не различалась между группами (ANOVA $p = 0,467$, рис. 3). Однако $S_{оцд}$ существенно снизилась в группе «Баланс» ($-30,3$ %, $p = 0,01$) по сравнению с уровнем до тренировки, а величина снижения была фактически больше, чем в группе «Контроль» (ANOVA $p = 0,051$ (см. рис. 3).

В стойке на пресс-папье с ЗГ в группе «Баланс» существенно снизилась $V_{оцд}$ ($-22,5$ %, $p < 0,05$ по сравнению с уровнем до тренировки) и стало практически ниже, чем в группе «Контроль» ($p = 0,055$, рис. 4). Более того, степень снижения $V_{оцд}$ в группе «Баланс» была больше по сравнению с группой «Контроль» (ANOVA $p = 0,013$). Также на пресс-папье с ЗГ в экспериментальной группе более существенно, чем в группе «Контроль» уменьшилась $S_{оцд}$ ($-25,8$ % и $19,5$ % в группах «Баланс» и «Контроль» соответственно, ANOVA $p = 0,024$ (см. рис. 4)).

Кроме того, мы установили слабые корреляции между изменениями статического и динамического равновесия в общей группе испытуемых: изменение $S_{оцд}$ на пресс-папье с ОГ коррелировало с изменением $S_{оцд}$ на стабилоплатформе с ОГ ($r = 0,42$; $p < 0,05$), а изменение $V_{оцд}$ на пресс-папье с ЗГ коррелировало с изменением $S_{оцд}$ на стабилоплат-

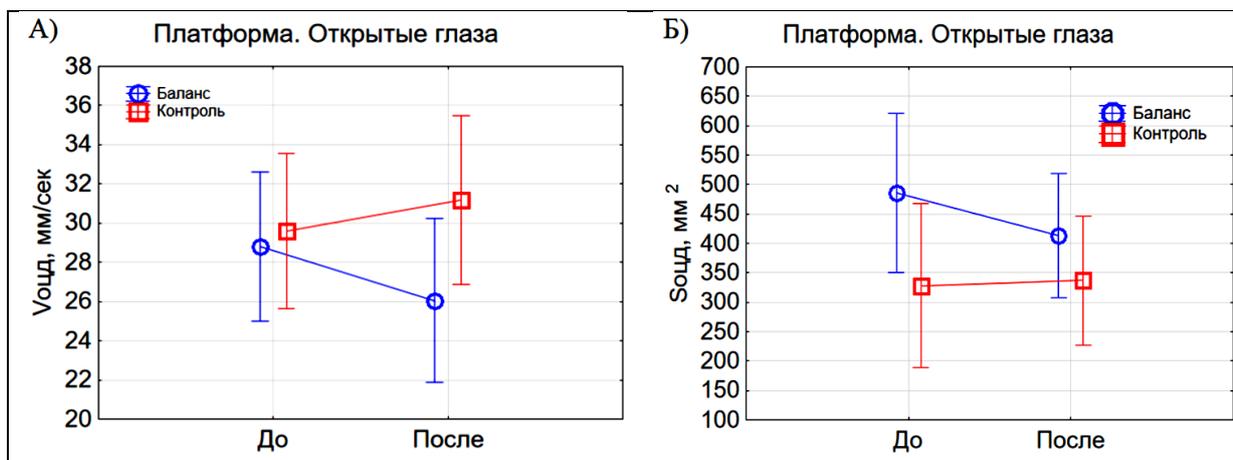


Рис. 1. Изменение $V_{оцд}$ (А) и $S_{оцд}$ (Б) в группах «Контроль» и «Баланс» в моноопорной стойке на стабилоплатформе с открытыми глазами после периода тренировки. $M \pm 95$ % дов. инт.
Fig. 1. Changes in V (A) and S (B) in the control and balance groups in a single-support stance on a force platform with open eyes after training. $M \pm 95$ % CI

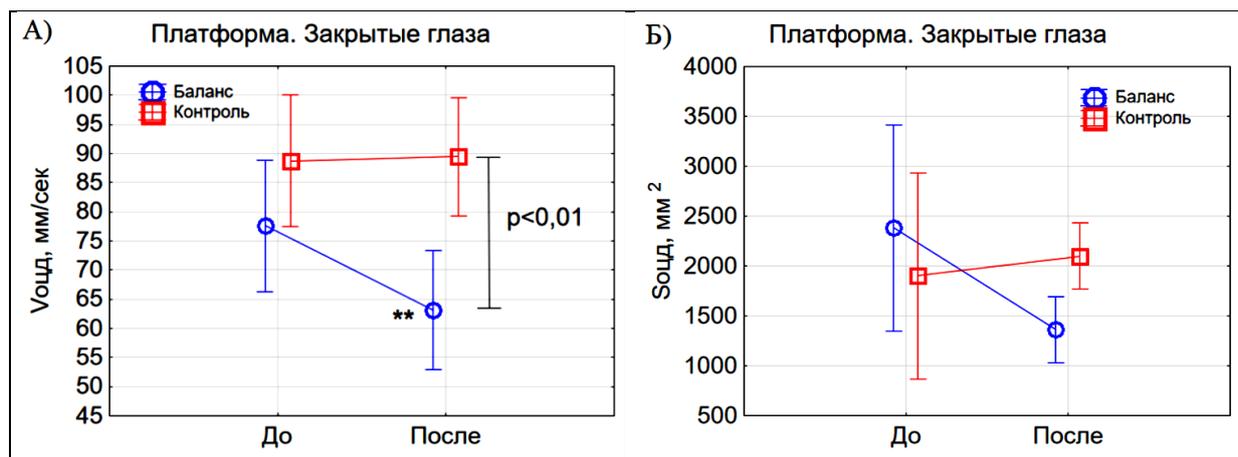


Рис. 2. Изменение Vоцд (А) и Соцд (Б) в группах «Контроль» и «Баланс» в моноопорной стойке на стабиллоплатформе с закрытыми глазами после периода тренировки. $M \pm 95\%$ дов. инт.
Fig. 2. Changes in V (A) and S (B) in the control and balance groups in a single-support stance on a force platform with closed eyes after training. $M \pm 95\%$ CI

Примечание: ** – $p < 0,01$ по сравнению с исходным уровнем в группе «Баланс».
Note: ** – $p < 0.01$ when compared to baseline data in the balance group.

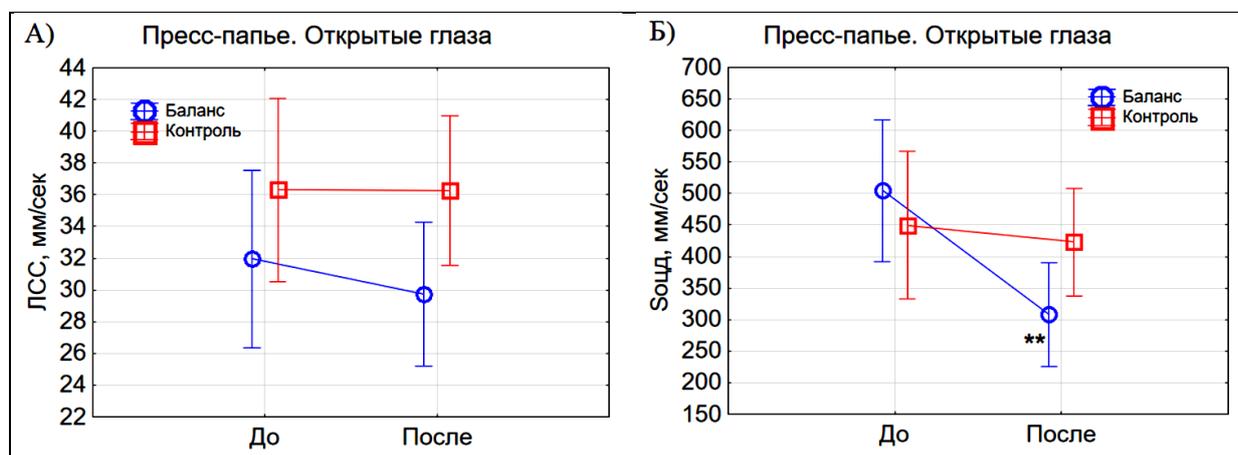


Рис. 3. Изменение Vоцд (А) и Соцд (Б) в группах «Контроль» и «Баланс» в моноопорной стойке на пресс-папье с открытыми глазами после периода тренировки. $M \pm 95\%$ дов. инт.
Fig. 3. Changes in V (A) and S (B) in the control and balance groups in a single-support stance on a seesaw with open eyes after training. $M \pm 95\%$ CI

Примечание: ** – $p < 0,01$ по сравнению с уровнем До в группе «Баланс».
Note: ** – $p < 0.01$ when compared to baseline data in the balance group.

форме с ЗГ ($r = 0,47$; $p < 0,05$), что указывает на слабую взаимосвязь между статическим и динамическим равновесием.

Обсуждение

Основными результатами нашей работы можно считать следующие: 1) баланстренировка оказывает более выраженное положительное влияние на динамическое равновесие и менее существенное – на статическое равновесие позы; 2) между вызванными тренировкой изменениями показателей статического и динамического равновесия существуют слабые взаимосвязи, что указывает на слабый перенос адаптаций в поструральной регуляции.

Наши данные совпадают с результатами работ, которые отмечали эффект переноса тренировки динамического равновесия на статический баланс [11, 12], но противоречат работам, в которых данный эффект не наблюдали [13, 14]. Мы полагаем, что «перенос» тренировочного эффекта развивается на уровне центральных структур управления позой, в частности, в мозжечке и базальных ганглиях [15]. В этих структурах происходит параллельное с моторной корой формирование и запоминание новых двигательных программ регуляции позы во время двигательных тренировок, которые могут использоваться в схожих поструральных заданиях, но

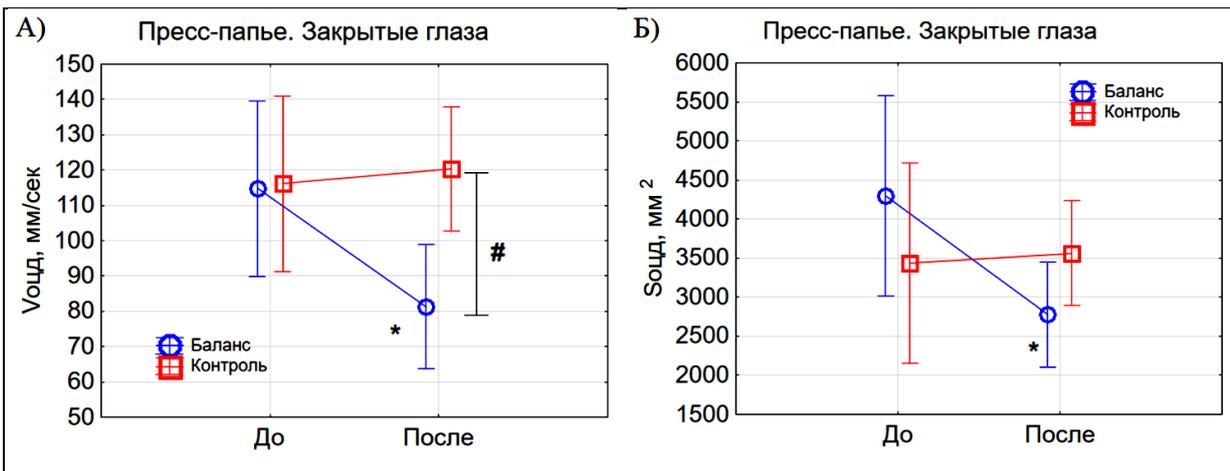


Рис. 4. Изменение Vоцд (А) и Соцд (Б) в группах «Контроль» и «Баланс» в моноопорной стойке на пресс-папье с закрытыми глазами после периода тренировки. $M \pm 95\%$ дов. инт.

Fig. 4. Changes in V (A) and S (B) in the control and balance groups in a single-support stance on a seesaw with closed eyes after training. $M \pm 95\%$ CI

Примечание: * – $p < 0,05$ по сравнению с исходным уровнем в группе «Баланс». # – $p = 0,055$ между группами.
Note: * – $p < 0.05$ when compared to baseline data in the balance group; # – $p = 0.055$ between groups.

отличающихся по некоторым биомеханическим и динамическим параметрам [16]. Вероятность и сила положительного переноса, по-видимому, не высокие, поскольку на это влияют как индивидуальные особенности и преднастройки испытуемых, так и внешние условия выполнения движений, которые всегда различаются.

Полученные результаты о позитивных эффектах баланс-тренировки на различные виды равновесия позволяют рекомендовать упражнения на неустойчивых баланс-опорах (подушках, досках и качающихся полусферах) для совершенствования функции равновесия у представителей различных видов спорта и школьников на уроках физической культуры, а также для пожилых лиц с ухудшением постурального равновесия.

Заключение

Результаты нашего исследования показывают, что баланс-тренировка на неустойчивых опорах способствует совершенствованию регуляции вертикальной позы. Меньшие положительные изменения были выявлены в статическом равновесии, а наиболее существенные – в динамическом равновесии. Эти результаты указывают, что, во-первых, тренировочный эффект в регуляции позы имеет высокую специфичность и наибольшие изменения происходят в тех условиях, в которых была тренировка (динамическое равновесие); во-вторых, улучшение динамического равновесия в результате тренировки «переносится» на статическое равновесие, но «сила» такого переноса слабая; в-третьих, высокая способность к динамическому равновесию может не проявляться в простых статических тестах.

Список источников/References

1. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(2):ii7-ii11. DOI: <http://doi.org/10.1093/ageing/afl077>
2. Kümmel J., Kramer A., Giboin L.S., Gruber M. Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2016;46(9):1261–1271.
3. Shumway-Cook A. Woollacott M.H. Motor control theory and practical applications. Lipincott, Williams & Wilkins Publ. 2001:165.
4. Granacher U., Muehlbauer T., Gollhofer A., Kressig R.W., Zahner L. An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention – a mini-review. *Gerontology*. 2011;57(4):304–315. DOI: <http://doi.org/10.1159/000320250>
5. Paillard T. Relationship between sport expertise and postural skills. *Frontiers in Psychology*. 2019;10:1428. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01428>

6. Murphy D.F., Connolly D.A.J., Beynon B.D. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*. 2003;37:13–29. DOI: <http://doi.org/10.1136/bjism.37.1.13>
7. Zech A., Hübscher M., Vogt L., Banzer W., Hänsel F., Pfeifer K. Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *Journal of Athletic Training*. 2010;45(4):392–403. DOI: <http://doi.org/10.4085/1062-6050-45.4.392>
8. Paillard T. Methods and strategies for reconditioning motor output and postural balance in frail older subjects prone to falls. *Frontiers in Psychology*. 2021;12:700723. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.700723>
9. Gruber M., Gollhofer A. Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*. 2004;92(1-2):98–105. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00421-004-1080-y>
10. Taube W., Kullmann N., Leukel C., Kurz O., Amtage F., Gollhofer A. Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 2007;28(12):999–1005. DOI: <http://doi.org/10.1055/s-2007-964996>
11. Trecroci A., Cavaggioni L., Lastella M. et al. Effects of traditional balance and slackline training on physical performance and perceived enjoyment in young soccer players. *Research in Sports Medicine*. 2018;26(4):450–461. DOI: <http://doi.org/10.1080/15438627.2018.1492392>
12. Schedler S., Brock K., Fleischhauer F., Kiss R., Muehlbauer T. Effects of balance training on balance performance in youth: Are there age differences? *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2020;91(3):405–414. DOI: <http://doi.org/10.1080/02701367.2019.1676371>
13. Giboin L.S., Gruber M., Kramer A. Task-specificity of balance training. *Human Movement Science*. 2015;44:22–31. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.humov.2015.08.012>
14. Giboin L.S., Gruber M., Kramer A. Three months of slackline training elicit only task-specific improvements in balance performance. *PLoS One*. 2018;13(11):e0207542. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0207542>
15. Takakusaki K. Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control. *Journal of Movement Disorders*. 2017;10(1):1–17. DOI: <http://doi.org/10.14802/jmd.16062>
16. Schmidt R.A., Lee T.D. *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. *Human Kinetics*. 2011:581.

Поступила 05.10.2022; одобрена после рецензирования 14.10.2022; принята к публикации 23.10.2022.

Информация об авторах:

Мельников Андрей Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии, Российский университет спорта (ГЦОЛИФК) (Россия, 105122, г. Москва, Сиреневый бульвар, 4), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-5306>, e-mail: meln1974@yandex.ru

Смирнова Полина Александровна, аспирант, кафедра медико-биологических основ спорта, Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского (Россия, 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108/1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3218-8584>, e-mail: Polina954t@mail.ru

Черкашин Александр Евгеньевич, ассистент кафедры физического воспитания, Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского (Россия, 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108/1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9632-7072>, e-mail: alx.cherkashin@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Мельников А.А. – общая концепция исследования, статистические расчеты и подготовка рукописи.

Смирнова П.А., Черкашин А.Е. – организация исследования, проведение баланс-тренировки и занятий по физической культуре, тестирование испытуемых.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Submitted 05.10.2022; approved after reviewing 14.10.2022; accepted for publication 23.10.2022.

About the authors:

Andrey A. Melnikov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology, Russian University Of Sport (4 Lilac Boulevard, Moscow, 105122, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-5306>, e-mail: meln1974@yandex.ru

Polina A. Smirnova, postgraduate student, Department of Biomedical Foundations of Sports, Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (108/1, Republican st., Yaroslavl, 150000. Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3218-8584>, e-mail: Polina954t@mail.ru

Alexander E. Cherkashin, Assistant of the Department of Physical Education, Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (108/1, Republican st., Yaroslavl, 150000. Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9632-7072>, e-mail: alx.cherkashin@yandex.ru

Contribution of the authors.

A.A. Melnikov – general concept of research, statistical calculations and preparation of the manuscript.

P.A. Smirnova, A.E. Cherkashin – organization of research, balance training and general physical training, testing of subjects.

All authors have read and approved the final manuscript.