Дата публикации: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_9
УДК 612.886

Publication date: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_9
UDC 612.886

ИЗМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ У ЗДОРОВЫХ ДЕВУШЕК ПОД ВЛИЯНИЕМ БАЛАНС-ТРЕНИРОВКИ

А.А. Мельников[1], П.А. Смирнова[2], В.В. Шабакова[3]

[1]Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), г. Москва, Россия

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

[3]Череповецкий государственный университет, г. Череповец, Россия

Аннотация. Целью работы было изучить эффект длительной баланс-тренировки на регуляцию моноопорной позы у здоровых девушек. Постуральную регуляцию анализировали на стабилоплатформе «Стабилан-01». Установлено снижение скорости, амплитуды и мощности очень низкочастотных колебаний общего центра давления (ОЦД) в сагиттальной плоскости, а также скорости колебаний во фронтальной плоскости после тренировки только в стойке с закрытыми глазами. Таким образом, баланс-тренировка оказывает положительное влияние на статическое моноопорное равновесие позы у здоровых испытуемых. Изменения спектральных показателей указывает, что механизмы тренировки баланса, вероятно, связаны с автоматизацией новых постуральных коррекций и усилением центральных тормозных влияний на спинномозговые рефлексы.

Ключевые слова: регуляция вертикальной позы, стабилография, баланс-тренировка.

THE EFFECT OF BALANCE TRAINING ON THE VERTICAL POSTURE REGULATION IN HEALTHY GIRLS

A.A. Mel'nikov[1], P.A. Smirnova[2], V.V. Shabakova[3]

[1]Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

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

[3]Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

Annotation. The aim of the work was to study the effect of prolonged balance training on the regulation of a monopodal posture in healthy girls. Postural regulation was analyzed on the "Stabilan-01" force plate. We have found a decrease in the velocity, amplitude and power of very low frequency oscillations of the center of pressure in the sagittal plane, as well as the oscillations velocity in the frontal plane after training only in a posture with closed eyes. Thus, balance training has a positive effect on the static postural balance in monopodal posture in healthy subjects. Changes in spectral indicators indicate that the mechanisms of balance training are probably associated with the automatization of new postural corrections and increased central inhibitory effects on spinal reflexes.

Keywords: vertical posture regulation, posturography, balance training.

Введение. Способность поддерживать баланс позы является важной предпосылкой для обеспечения движений и локомоций в быту и особенно в спорте [1]. Во время занятий общеразвивающими и спортивными физическими упражнениями возможны падения. Например, сообщают, что примерно 15% детей в возрасте 1-17 лет имеют одно падение в год [2]. Очень часто последствиями падений являются серьезные бытовые и спортивные травмы, которые требуют существенных затрат на лечение, а в спорте падения ведут к снижению спортивных результатов и даже к уходу из спорта. Для совершенствования регуляции позы предлагают различные тренировки, которые включают силовые, плиометрические, спортивные упражнения, а также специальные упражнения для баланса на неустойчивых опорах.

Баланс-тренировка – это методика физической тренировки, направленная главным образом на развитие способности сохранять равновесие (т.е. баланс) вертикального тела на неустойчивых опорах. Показано, что баланс-тренировка эффективна для предотвращения падений у пожилых людей, снижения риска травм и улучшения спортивных результатов у спортсменов [3-5].

Несмотря на то, что многими исследованиями показано, что тренировка на неустойчивой опоре вызывает снижение скорости колебаний общего центра давления стоп на опору [6-7], некоторые авторы не смогли выявить позитивных эффектов на физические и постуральные способности после баланс-тренировки у детей 6-7 лет [8]. В данной работе мы исследовали эффект десятинедельной баланс-тренировки на спектральные показатели регуляции вертикальной моноопорной позы на неподвижной опоре (статическое равновесие) у молодых физически активных девушек. Мы предположили, что в результате длительных упражнений на подвижных опорах скорость колебаний снизится в стойке с закрытыми глазами, и это будет связано с уменьшением высокочастотных колебаний ОЦД.

Методы и организация исследования. В исследовании на добровольной основе приняли участие практически здоровые девушки-студентки (n=29, 19,8±1,1 лет), ведущие физически активный образ жизни. 14 девушек вошли в группу «Контроль» (вес: 63±15 кг, рост: 163±7 см), 15 человек с такими же антропометрическими данными (вес: 63±11 кг, рост: 165±6 см) – в экспериментальную группу «Баланс». Определение всех показателей выполнено до и после 10-недельной программы баланс-тренировки. Контрольная группа занималась физическими упражнениями в рамках дисциплины физическая культура университета. Группа «Баланс» тренировалась по программе тренировки способности сохранять устойчивость позы на неустойчивых и ограниченных по площади опорах (3 раза в неделю по 80 минут). Занятие включало статодинамические упражнения на гимнастической скамье, балансирующих досках, подушках и полусферах.

Устойчивость позы определяли с помощью стабилографического комплекса «Стабилан-01», ЗАО ОКБ «Ритм» в моноопорном положении без обуви с открытыми глазами (ОГ, 30 сек) и закрытыми глазами (ЗГ, 30 сек). Для анализа использовали среднюю линейную скорость ($V_{оцд}$, мм/сек), 95% площади ($S_{оцд}$, мм^2) колебаний общего центра давления (ОЦД), а также спектральные показатели колебаний ОЦД: Pw(ВЧ)-с/ф (мм^2) – мощность высокочастотных колебаний ОЦД в диапазоне высоких частот 2-5 Гц в сагиттальной (с) и фронтальной (ф) плоскостях, Pw(НЧ)-с/ф (мм^2) – мощность низкочастотных колебаний ОЦД в диапазоне 0,2-2 Гц; Pw(ОНЧ)-с/ф (мм^2) – мощность очень низкочастотных колебаний ОЦД в диапазоне 0-0,2 Гц.

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), также регистрировали прыжок с длину с места.

Результаты представлены как средняя арифметическая (M) ± стандартное отклонение. 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. Сравнительный анализ между группами выполнен с помощью t-критерия Стьюдента. Расчёты выполнены в программе “Statistica V12” (StatSoft).

Результаты исследования и их обсуждение. *Силовые способности нижних конечностей по данным функциональных тестов.* После баланс-тренировки не изменялись результаты в прыжке в длину с места (p=0,86) и амплитуда подвижности голеностопного сустава (p=0,64). Однако,

показатели силовой выносливости сгибателей (p=0,07) и разгибателей (p=0,006) ног в коленном суставе увеличились более существенно в группе «Баланс» (p<0,01 в обоих тестах по сравнению с исходным уровнем).

Устойчивость вертикальной позы. В обычной моноопорной стойке с ОГ существенных изменений $V_{оцд}$ и $S_{оцд}$ внутри обеих групп, а также между группами не выявлено (рис. 1). Однако, в стойке с ЗГ в группе «Баланс» установлено существенное снижение линейной скорости колебаний $V_{оцд}$ (по данным ANOVA p=0,026, рис. 2), как за счет уменьшения Voцд во фронтальной плоскости (p<0,01 по сравнению с уровнем до тренировки), так и снижения $V_{оцд}$ в сагиттальной плоскости (p<0,01 по сравнению с уровнем до тренировки). В контрольной группе никаких изменений не выявлено. В наибольшей мере $SD_{оцд}$ снизилось в сагиттальной плоскости (по данным ANOVA p=0,042, рис. 3). Напротив, эффект тренировки отсутствовал во фронтальной плоскости (по данным ANOVA p=0,106).

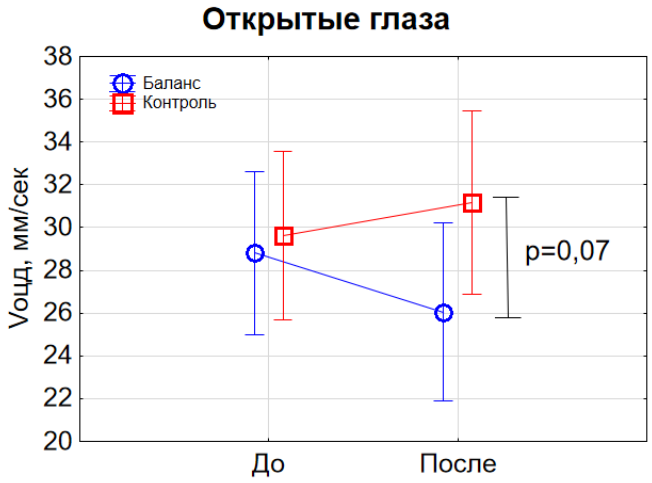


Рис. 1. Изменение $V_{оцд}$ в группах «Контроль» и «Баланс» в моноопорной стойке с открытыми глазами после периода тренировки

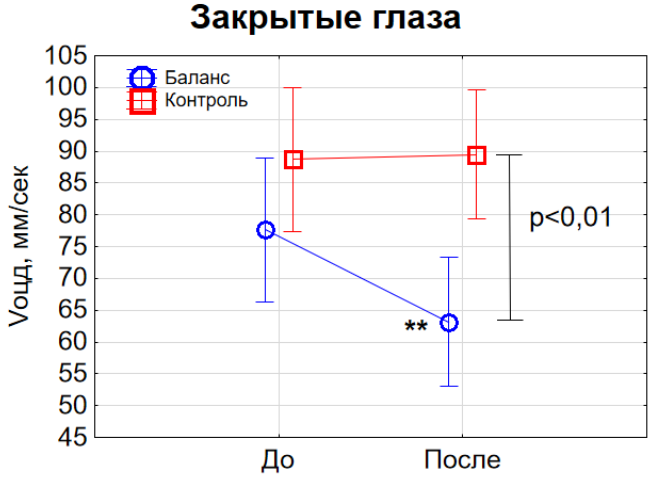


Рис. 2. Изменение $V_{оцд}$ в группах «Контроль» и «Баланс» в моноопорной стойке с закрытыми глазами после периода тренировки

Примечание: * – p<0,01 по сравнению с исходным уровнем в группе «Баланс»

Спектральная мощность колебаний ОЦД во фронтальной плоскости в моноопорной стойке. В стойке с открытыми глазами существенных изменений спектральной мощности во фронтальной плоскости после тренировки не выявлено.

В стойке с закрытыми глазами отмечалось выраженное снижение Pw(ВЧ)-ф после тренировки в группе «Баланс», мощность других частотных диапазонов существенно не менялась (по данным ANOVA p=0,012, рис. 4).

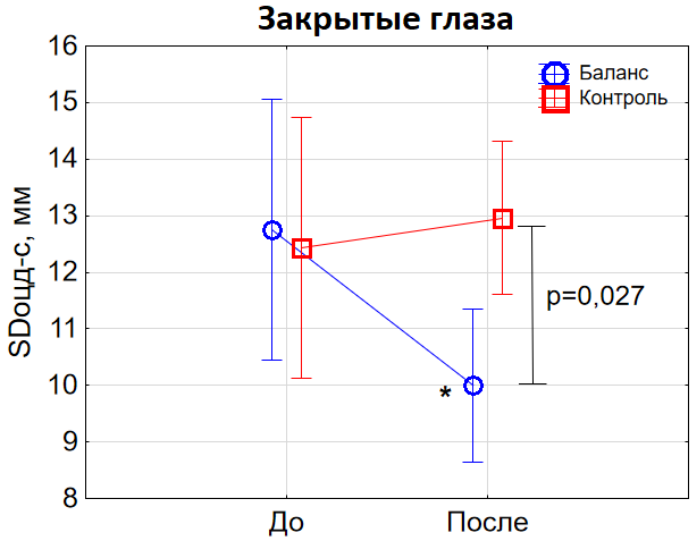


Рис. 3. Изменение $SD_{оцд-с}$ в сагиттальной плоскости в группах «Контроль» и «Баланс» в моноопорной стойке с закрытыми глазами после периода тренировки

Примечание: * – p<0,05 по сравнению с исходным уровнем в группе «Баланс»

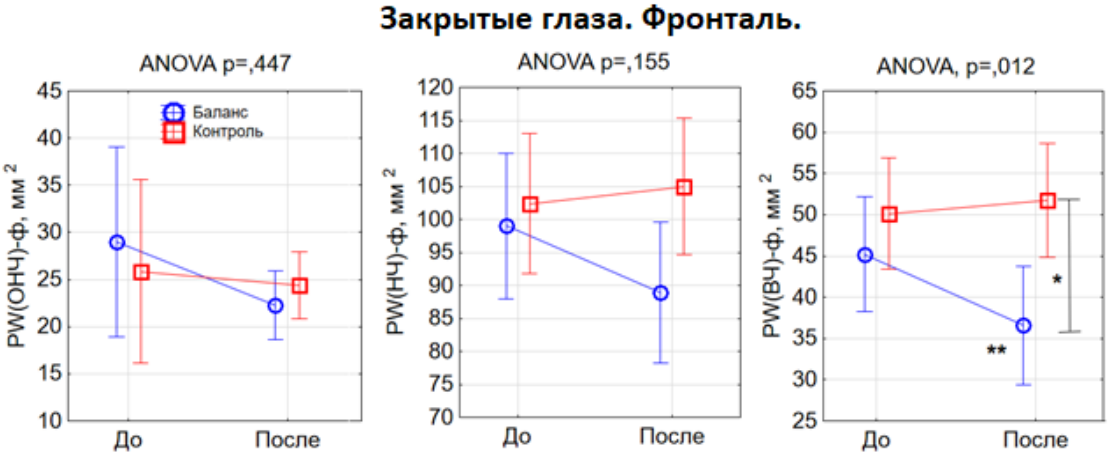


Рис. 4. Изменение спектральных показателей во фронтальной плоскости в моноопорной стойке с закрытыми глазами после периода тренировки

Примечание: * – p<0,05 между группами «Баланс» и «Контроль»; * – p<0,01 по сравнению с исходным уровнем в группе «Баланс»

Спектральная мощность колебаний ОЦД в сагиттальной плоскости в моноопорной стойке. Если во фронтальной плоскости в стоке с ЗГ отмечалось выраженное снижение мощности в области высокочастотных колебаний ОЦД, то в сагиттальной плоскости установлено снижение мощности очень низкочастотных колебаний ОЦД (по данным ANOVA p=0,015, рис. 5).

В целом, проведенное исследование показало высокую эффективность в совершенствовании регуляции вертикальной позы в стойке с ЗГ, но не с ОГ. Отсутствие эффекта тренировки на устойчивость позы с ОГ указывает, что многие адаптационные изменения в постуральной регуляции не проявляются в привычных условиях тестирования.

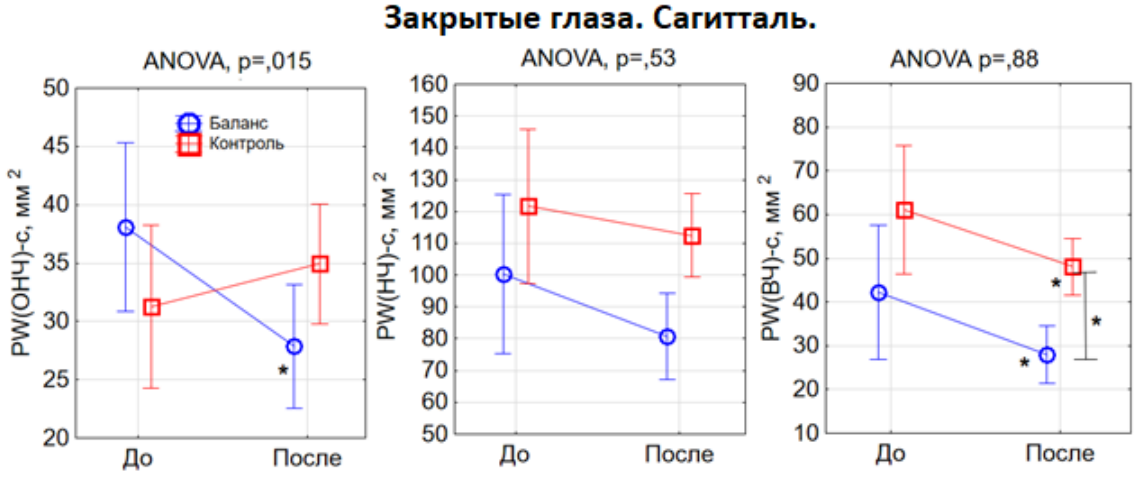


Рис. 5. Изменение спектральных показателей в сагиттальной плоскости в моноопорной стойке с закрытыми глазами после периода тренировки.

Примечание: * – p<0,05 по сравнению с исходным уровнем в отдельных группах

Для выявления тонких различий в совершенствовании регуляции позы требуются или более сложные условия тестирования или более чувствительные показатели эффективности регуляции позы [9]. В моноопорной стойке в условиях ЗГ требования к интеграции проприоцептивной и вестибулярной информации резко возрастают и, как следствие, специфические особенности регуляции позы проявляются [10]. Мы полагаем, что повышение статического равновесия в стойке с ЗГ произошло в результате совершенствования интеграции этих сенсорных стимулов в ЦНС и повышения автоматизации постуральных коррекций. Изменение спектральных показателей постурального равновесия, в целом, подтверждает это предположение.

Считается, что низкочастотные и очень низкочастотные колебания могут отражать активность длинно-латентных регуляторных нейроцепей, связанных с участием зрения и вестибулярных сигналов при активной роли корковых центров в управлении движениями, тогда как высокочастотные колебания – работу коротко-латентных нейроцепей, связанных с активностью проприорецепторов при активной роли спиномозговых и стволовых двигательных центров [11]. Баланс-тренировка в большей мере отразилась на повышении устойчивости позы в сагиттальной плоскости, что подтверждалось снижением $V_{оцд}$, $S_{оцд}$ и Pw(ОНЧ)-с. Поскольку моноопорная стойка более сложная и вызывает большую амплитуду и скорость колебаний тела, то вестибулярный анализатор может быть сильнее вовлечен в регуляцию моноопорной позы. Следовательно, мы полагаем, что снижение PW(ОНЧ)-с, а также связанное с

этим уменьшение $V_{оцд}$ и $S_{оцд}$ после баланс-тренировки отражает снижение роли корковых процессов обработки сенсорных сигналов (проприоцептивных и вестибулярных), что является проявлением роста автоматизации управления постуральными коррекциями.

Во фронтальной плоскости произошло существенное снижение только $V_{оцд}$, что сочеталось с уменьшением Pw(ВЧ)-ф. Поскольку высокочастотные колебания связывают с быстрыми рефлексами растяжения мышечных веретен, которые реализуются на уровне спинного мозга, то можно полагать, что повышение фронтальной устойчивости было обусловлено ростом супраспинального торможения избыточной активности спиномозговых стретч-рефлексов, чрезмерно активированных до тренировки [10-11]. Ведущее значение в этих перестройках, вероятно, играет повышение проприоцептивной чувствительности постуральной системы.

Заключение. Результаты исследования показывают, что баланс-тренировка, направленная на совершенствование равновесия позы в усложненных условиях стояния, вызывает увеличение статической устойчивости моноопорной позы в условиях закрытых, но не открытых глаз. Среди механизмов роста эффективности регуляции позы можно выделить автоматизацию управления новыми постуральными коррекциями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention – a mini-review / Granacher U., Muehlbauer T., Gollhofer A. [et al] // Gerontology. – 2011. – Vol. 57. – pp. 304-315.
2. Kahl, H. Injuries among children and adolescents (1–17) years) and implementation of safety measures. Results of the nationwide German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (kiggs) / H. Kahl, R. Dortschy, G. Ellsasser // Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. – 2007. – Vol. 50. – pp. 718-727.
3. Duque, G. Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers / G. Duque, D. Boersma, G. Loza-Diaz, S. Hassan, H. Suarez // Clin. Interv. Aging. – 2013. – Vol. 8. – pp. 257-263.
4. Hupperets, M. D. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial / M. D. Hupperets, E. A. Verhagen, W. Van Mechelen // B.M.J. – 2009. – Vol. 339. – pp. B2684.
5. Cressey, E., The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance / E. Cressey, C. West, D. Tiberio, W. Kraemer // J. Strength Cond. Res. – 2007. – Vol. 21. – pp. 561-567.
6. Granacher, U. Effects of balance training on postural sway, leg extensor strength, and jumping height in adolescents / U. Granacher, A. Gollhofer, S. Kriemler // Res. Q. Exerc. Sport. – 2010. – Vol. 81(3). – pp. 245-251.
7. Taube, W. Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes / W. Taube, N. Kullmann, C. Leuke // Int. J. Sports Med. – 2007. – Vol. 28. – № 12. – pp. 999-1005.
8. Granacher, U. Can balance training promote balance and strength in prepubertal children? / U. Granacher, T. Muehlbauer, L. Maestrini // J. Strength. Cond. Res. – 2011. – Vol. 25(6). – pp. 1759-1766.
9. Мельников, А. А. Сравнительный анализ регуляции вертикальной позы у борцов разной спортивной квалификации / А. А. Мельников, А. А. Савин, Л. В. Емельянова, Р. Ю. Николаев, А. Д. Викулов // Физиология человека. – 2011. – Т. 37. – № 5. – С. 113-119. [In English] Melnikov A.A., Savin A.A., Emelyanova L.V., Nikolaev R.Y., Vikulo A.D. Comparative analysis of vertical posture control of different. *Human Physiology*, 2011, vol. 37, no. 5, pp. 615-620.
10. Van Dieën, J. H. Learning to balance on one leg: motor strategy and sensory weighting / J. H. Van Dieën, M. Van Leeuwen, G. S. Faber // J. Neurophysiol. – 2015. – Vol. 114(5). – pp. 2967-2982.
11. Golomer, E. Spectral frequency analysis of dynamic balance in healthy and injured athletes / E. Golomer, P. Dupui, P. Bessou // Arch. Int. Physiol. Biochem. Biophys. – 1994. – Vol. 102. – pp. 225-230.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Андрей Александрович Мельников – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии, ФГБОУ ВО «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», Москва, e-mail: meln1974@yandex.ru.
Полина Александровна Смирнова – аспирант, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского», Ярославль, e-mail: polina954t@mail.ru.
Валерия Вячеславовна Шабакова – студент, ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец, e-mail: vvshabakova@chsu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Andrej Aleksandrovich Mel'nikov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, e-mail: meln1974@yandex.ru.
Polina Aleksandrovna Smirnova – Post-Graduate Student, Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, e-mail: polina954t@mail.ru.
Valeria Vyacheslavovna Shabakova – Student, Cherepovets State University, Cherepovets, e-mail: vvshabakova@chsu.ru.

Для цитирования: Мельников, А. А. Изменение регуляции вертикальной позы у здоровых девушек под влиянием баланс-тренировки / А. А. Мельников, П. А. Смирнова, В. В. Шабакова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_9

For citation: Mel'nikov A.A., Smirnova P.A., Shabakova V.V. The effect of balance training on the vertical posture regulation in healthy girls. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_9