

ПЕДАГОГИКА

УДК 796.012.268

А.В. Илларионова, Л.В. Капилевич

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ И ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ТРЕНИРОВКЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Показано, что при тренировке координационных способностей у испытуемых происходит улучшение чувства статического и динамического равновесия, а также проприоцептивной чувствительности и мышечной памяти, в том числе за счет уменьшения зависимости равновесия от зрительного анализатора. Использование биологической обратной связи по параметрам «положение проекции центра тяжести» и «прикладываемые усилия» позволяет ускорить развитие мышечной памяти и проприоцептивной чувствительности.

Ключевые слова: мышечно-суставное чувство; проприоцептивная чувствительность; динамическое равновесие; статическое равновесие; тренировка.

Введение. Обучение и совершенствование техники двигательного действия во многом предопределены двигательной координированностью, которая характеризуется уровнем способности согласовывать мышечные напряжения в соответствии с намеченной двигательной программой [1–3]. Для управления системой движений важное значение имеет самоконтроль, осуществляемый на основе отчетливых двигательных представлений. Одним из способов их совершенствования является развитие точности восприятия и воспроизведения проявляемых собственных усилий при решении двигательных заданий различной направленности [4, 5]. В связи с этим внимание исследователей помимо традиционных методов тренировки привлекают методы, основанные на обратной связи [6, 7].

Цель исследования: сравнить особенности формирования вестибулярной и проприоцептивной чувствительности при тренировке координационных способностей с использованием биологической обратной связи (БОС) по зрительному каналу получения обратной связи (стабилография, динамометрия) и без нее.

Объект и методы исследования. В исследовании приняли участие 30 девушек в возрасте 18–20 лет. 10 девушек (группа 1) тренировались по программе, включавшей комплекс упражнений на развитие чувствительности вестибулярного анализатора и проприоцептивной чувствительности. 10 девушек (группа 2) занимались на стабилоанализаторе компьютерном «Стабилан-01-2» (производитель – ЗАО ОКБ «Ритм» (Россия)) с использованием обратной связи по параметру «положение проекции центра тяжести». Остальные 10 испытуемых (группа 3) занимались на многофункциональном аппарате «HUBER» (производитель – «LPG SYSTEMS» (Франция)) с использованием обратной связи по параметру «прикладываемые усилия». Занятия проводились 3 раза в неделю в течение месяца, всего 12 тренировок. Перед началом курса тренировок, а также после него девушки проходили тестирование чувства равновесия, моторной памяти и проприоцептивной чувствительности с использованием методов стабилометрии на стабилоанализаторе «Стабилан-01-2».

Статистическая обработка материала проведена с использованием прикладного программного пакета «Statistica 6.0 for Windows» фирмы «Statsoft». Количественные

данные представлены в виде «среднее \pm ошибка среднего» ($X \pm m$). Характер распределения признака полученных данных определялся с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Достоверность разницы показателей определялась по U-критерию Манна–Уитни. Критический уровень значимости (p) принимался равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. Для оценки чувства равновесия и особенностей формирования координационных способностей у девушек были использованы следующие пробы. Проба Ромберга, выполняемая с открытыми и закрытыми глазами, использовалась для характеристики поддержания статического равновесия, оценки нарушений вертикальной стойки при снижении концентрации внимания в момент отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций. Тест «Эвольвента» применялся для измерения координационных способностей и точности в движении. Проба «Треугольник» использовалась для оценки уровня моторной памяти и проприоцептивной чувствительности.

На рис. 1 и в табл. 1 представлены результаты стабиллографического анализа выполнения пробы Ромберга с открытыми и закрытыми глазами.

После курса тренировок в группе 1 было зафиксировано существенное увеличение степени смещения общего центра тяжести (ОЦТ) во фронтальной и сагитальной плоскостях наряду со снижением площади эллипса, что говорит о повышении устойчивости занимающихся в соответствующих плоскостях. Также после курса занятий в данной группе наблюдался достоверный рост величины качества функции равновесия (КФР) при выполнении пробы с закрытыми глазами.

В группе 2 отмечается достоверное снижение величины смещения ОЦТ во фронтальной плоскости. Достоверный рост коэффициента Ромберга после курса тренировок в группе 2 может говорить об увеличении зависимости равновесия от зрительного компонента.

В группе 3 при выполнении теста с открытыми глазами во фронтальной плоскости зафиксировано достоверное снижение площади эллипса, а при выполнении задания с закрытыми глазами – уровня смещения ОЦТ.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при тренировке вестибулярной и проприоцептивной чувствительности человек начинает меньше зави-

сеть от функционирования зрительного аппарата. Отмечается достоверное повышение значений показателей устойчивости после тренировок во всех рассматри-

ваемых группах; в группе 3 наблюдается существенное увеличение устойчивости занимающихся при выполнении пробы с открытыми глазами.

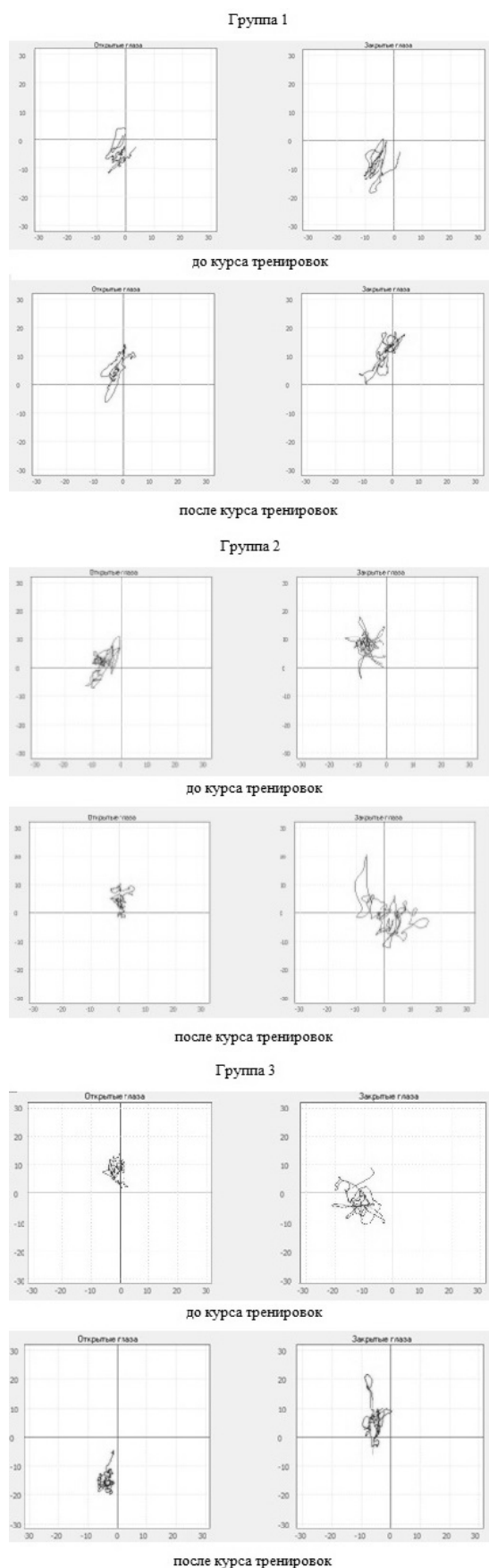


Рис. 1. Стабилограмма выполнения пробы Ромберга девушками из групп 1, 2, 3 с открытыми и закрытыми глазами до и после курса тренировок

Стабилографические показатели выполнения теста Ромберга девушками до и после тренировок, $X \pm m$

Параметр группы		Смещение ОЦТ во фронтальной плоскости, мм	Смещение ОЦТ в сагитальной плоскости, мм	Площадь эллипса, мм ²	Качество функции равновесия, %	Коэффициент Ромберга, %
Группа 1	До курса тренировок	Открытые глаза	-8,42±0,81	13,55±9,13	86,26±24,68	89,39±1,77
		Закрытые глаза	-10,47±8,25	11,89±10,00	135,21±43,93	81,75±2,55
	После курса тренировок	Открытые глаза	27,94±22,05*	43,36±32,55	17,28±7,38*	93,90±1,31
		Закрытые глаза	26,82±22,16*	43,11±31,49	19,30±5,27	93,42±1,85*
Группа 2	До курса тренировок	Открытые глаза	-8,04±0,78	12,99±9,02	91,04±30,72	83,52±3,64
		Закрытые глаза	-9,99±6,14	11,05±8,99	128,18±39,81	82,13±1,47
	После курса тренировок	Открытые глаза	0,36±0,57*	5,25±1,57	70,42±16,52	88,92±2,25
		Закрытые глаза	0,94±1,02 *	2,39±1,27	181,48±71,46	77,71±5,17
Группа 3	До курса тренировок	Открытые глаза	-8,17±0,30	13,41±8,76	89,13±28,15	85,17±4,09
		Закрытые глаза	-11,01±7,38	10,90±7,52	140,01±41,14	80,16±3,05
	После курса тренировок	Открытые глаза	-0,71±1,01	-1,81±0,76	62,22±25,69*	90,52±2,77
		Закрытые глаза	0,26±1,59*	5,46±2,80	84,52±19,66	82,65±1,29

* – достоверность различий с результатами до курса тренировок, $p < 0,05$.

В группе 1 достоверный рост устойчивости наблюдался и при выполнении пробы с закрытыми глазами, т.е. без участия зрительного компонента, что может говорить о позитивной тенденции развития проприоцептивной чувствительности после занятий физической культурой данной направленности.

В группе 2, напротив, после занятий на стабилоплатформе отмечается рост разницы между показателями устойчивости в пробах с открытыми и закрытыми гла-

зами, что говорит об увеличении роли зрительного анализатора и снижении значимости проприоцептивного анализатора в процессе сохранения устойчивости тела при снижении концентрации внимания в момент отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций. В табл. 2 представлены результаты стабилографического анализа выполнения пробы «Эвольвента». Цель пробы – перемещать центр тяжести по траектории в виде окружности, задаваемой компьютером.

Таблица 2

Стабилографические показатели выполнения пробы «Эвольвента» девушками до и после тренировок, $X \pm m$

Параметр группы		Средний разброс ОЦТ, мм	Средняя скорость перемещения ЦД, мм/с	Качество функции равновесия, %	Средняя ошибка по фронтальной плоскости, мм	Средняя ошибка по сагитальной плоскости, мм
Группа 1	До курса тренировок	25,85±1,49	38,82±4,36	24,97±2,86	10,25±1,30	8,50±0,84
	После курса тренировок	21,37±0,96*	21,18±3,66*	47,49±5,26*	6,26±1,19*	5,87±0,71*
Группа 2	До курса тренировок	26,17±1,98	35,72±1,83	21,14±3,65	11,13±1,04	9,61±0,18
	После курса тренировок	23,44±0,20*	26,98±2,18	29,58±3,56	4,17±0,23*	4,06±0,28*
Группа 3	До курса тренировок	27,02±1,53	31,37±5,18	26,17±1,39	9,16±1,59	8,04±0,97
	После курса тренировок	24,01±0,77	30,62±1,75	29,01±2,45	7,03±0,82	7,21±1,55

* – достоверность различий с результатами до курса тренировок, $p < 0,05$.

Из табл. 2 видно, что после курса тренировок отмечается достоверный рост устойчивости при выполнении динамического задания, это выражается в снижении показателей среднего разброса ОЦТ в группах 1 и 2, средней скорости перемещения ЦД в группе 1. В группе 3 также наблюдалось уменьшение значений данных показателей, но оно было несущественным.

У испытуемых групп 1 и 2 при выполнении данной пробы после курса тренировок величина средней ошибки достоверно ниже, чем до него. В группе 3 этот показатель также уменьшился, но незначительно.

Таким образом, после курса занятий физической культуры специальной направленности и тренировок на стабилоплатформе наблюдается достоверное улучшение устойчивости тела и контроля за изменением положения ОЦТ при выполнении динамических движений. После занятий на тренажере «HUBER» данные изменения также наблюдаются, но они выражены не так существенно.

В табл. 3 представлены результаты пробы «Треугольник».

Из данных табл. 3 видно, что после курса тренировок у испытуемых групп 2 и 3 при выполнении данной пробы после курса тренировок достоверно сни-

жается величина средней систематической ошибки во фронтальной плоскости.

Если до курса тренировок во всех трех группах отмечалась существенная разница между данными, полученными на этапе обучения (при выполнении упражнения со зрительной обратной связью) и на этапе анализа (при выполнении упражнения без обратной связи), то после курса тренировок наблюдается уменьшение числа показателей с подобными различиями. При этом после тренировок в разных группах существенно изменяются разные данные. В группе 1 это средняя систематическая ошибка во фронтальной плоскости (рост на этапе анализа), средние случайные ошибки во фронтальной и сагитальной плоскостях (снижение на этапе анализа). В группе 2 это средняя случайная ошибка в сагитальной плоскости (снижение на этапе анализа). В группе 3 это средние случайные ошибки во фронтальной и сагитальной плоскостях (снижение на этапе анализа).

Таким образом, полученные данные могут говорить об улучшении чувства мышечной памяти, дающего возможность точнее воспроизводить требуемое движение, во всех трех группах. Однако уровень систематических ошибок, а также различий между данными этапов обучения и анализа у групп, трениро-

вавшихся на аппаратах с БОС, был по результатам повторного тестирования ниже. Причем наименьший

уровень систематических ошибок именно на этапе анализа был показан группой 3.

Таблица 3

Стабилографические показатели выполнения пробы «Треугольник» девушками до и после курса занятий на тренировку проприоцептивной и вестибулярной чувствительности, X±m

Параметр группы		Средняя систематическая ошибка во фронтальной плоскости, мм	Средняя систематическая ошибка в саггитальной плоскости, мм	Средняя случайная ошибка во фронтальной плоскости, мм	Средняя случайная ошибка в саггитальной плоскости, мм	
Группа 1	До курса тренировок	Этап обучения	5,03±2,22	5,62±1,57	12,53±0,65	13,06±0,57
		Этап анализа	14,85±3,77€	10,65±2,76€	9,39±0,35€	9,47±0,30€
	После курса тренировок	Этап обучения	2,19±0,22	3,79±2,22	6,99±2,17	7,35±1,96
		Этап анализа	3,48±1,58€	3,72±1,67	5,09±1,09€	5,08±0,90€
Группа 2	До курса тренировок	Этап обучения	6,14±1,42	5,03±0,89	11,12±0,86	13,01±1,18
		Этап анализа	16,05±5,01€	11,27±3,02€	8,09±0,10€	8,44±0,61€
	После курса тренировок	Этап обучения	-0,77±1,08*	4,68±1,05	10,86±0,55	13,59±0,44
		Этап анализа	2,94±2,81*	8,20±4,23	8,58±0,78€	10,51±0,80€
Группа 3	До курса тренировок	Этап обучения	5,59±2,04	6,17±2,01	13,42±0,18	12,99±1,26
		Этап анализа	15,07±2,18€	13,46±1,67€	9,16±0,73€	9,86±0,54€
	После курса тренировок	Этап обучения	-2,53±1,14*	9,10±4,87	11,41±0,49	13,31±0,92
		Этап анализа	0,05±2,93*	9,26±8,72	7,80±0,73€	9,05±0,99€

* – достоверность различий с результатами до курса тренировок $p < 0,05$.

€ – достоверность различий в группе между показателями этапов анализа и обучения, $p < 0,05$.

Итак, по завершении курса тренировок в представленных группах были получены следующие результаты. В группе 1 после курса тренировок, состоящих из обычных упражнений на статическое и динамическое равновесие, а также проприоцептивную чувствительность без участия БОС, по итогам тестирования на стабиллоплатформе отмечается улучшение показателей сохранения статической и динамической устойчивости (в том числе без контроля со стороны зрительного анализатора), в меньшей степени – мышечной памяти и проприоцептивной чувствительности.

В группе 2 отмечено позитивное влияние занятий на стабиллоплатформе на рост степени устойчивости занимающихся и контроля за положением ОЦТ при выполнении динамических проб, а также существенное улучшение мышечной памяти, однако сохранение статического равновесия во время отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций при отсутствии контроля со стороны зрительного анализатора после курса тренировок этой группе удалось не так хорошо.

В группе 3 после серии тренировок на тренажере «HUBER» наблюдалось улучшение следующих показателей: статической устойчивости во время отвлечения на выполнение параллельных мыслительных операций с открытыми глазами, а также мышечной памяти

и проприоцептивной чувствительности, дающей возможность точнее воспроизводить требуемое движение без контроля со стороны зрительной сенсорной системы. Однако достоверного улучшения показателей динамической устойчивости тела после занятий на тренажере «HUBER» не наблюдалось.

Заключение. Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют, что при тренировке координационных способностей у обследуемых происходит улучшение чувства динамического равновесия и мышечной памяти – усиливается роль вестибулярного и нервно-мышечного анализаторов и уменьшается зависимость равновесия от зрительного анализатора.

Использование выбранных нами тренажеров с биологической обратной связью (по параметрам «положение проекции центра тяжести» и «прилагаемые усилия») дало существенный прирост в развитии мышечной памяти и проприоцептивной чувствительности, снизив количество совершаемых ошибок, однако по параметрам «статическое равновесие» и «динамическое равновесие» результат оказался выше в группе, тренировавшейся по программе, включавшей комплекс упражнений на развитие чувствительности вестибулярного анализатора и проприоцептивной чувствительности без использования аппаратов с функцией обратной связи.

ЛИТЕРАТУРА

- Капилевич Л.В. Физиологические механизмы координации движений в безопорном положении у спортсменов // Теория и практика физической культуры. 2012. № 7. С. 45–48.
- Карпеев А.Г. Критерии оценки двигательной координации спортивных действий // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 312. С. 169–173.
- Кошельская Е.В., Разуванова А.В., Смердова О.С., Капилевич Л.В., Баланев Д.Ю. Управление спортсменами положением тела в пространстве в фазе полета // Теория и практика физической культуры. 2014. № 12. С. 47–49.
- Илларионова А.В., Капилевич Л.В. Особенности внутримышечной и межмышечной координации при дозировании усилий в условиях неустойчивого равновесия // Теория и практика физической культуры. 2014. № 12. С. 44–46.
- Кошельская Е.В., Капилевич Л.В., Баженов В.Н., Андреев В.И., Буравель О.И. Физиологические и биомеханические характеристики техники ударно-целевых действий футболистов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2012. Т. 153, № 2. С. 235–237.
- Попадюха Ю.А., Коробейников Г.В. Перспективы использования компьютерных систем Huber в оздоровлении, профилактике поврежденных и физической реабилитации // ППМБПФВС. 2012. № 1. С. 88–93.
- Слива А.С., Джуплина Г.Ю. Стабилографический тренажер // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 9. С. 242–244.

Статья представлена научной редакцией «Педагогика» 31 мая 2017 г.

FEATURES OF FORMING VESTIBULAR AND PROPRIOCEPTIVE SENSITIVITY IN TRAINING COORDINATION ABILITIES USING BIOLOGICAL FEEDBACK

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2017, 421, 188–192.

DOI: 10.17223/15617793/421/28

Aleksandra V. Illarionova, Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: alexa.il@yandex.ru

Leonid V. Kapilevich, Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation); Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: kapil@yandex.ru

Keywords: musculo-articular sensation; proprioceptive sensitivity; dynamic balance; static equilibrium; training.

An important role in improving the ability to coordinate muscular tension according to a planned motor program belongs to developing the accuracy of perception and reproduction of the shown efforts when performing motor tasks. The purpose of this article is to compare characteristics of vestibular and proprioceptive sensitivity formation when training coordination abilities with the application of biological feedback by the visual channel of perceiving in the parameters “position of the projection of the center of gravity” and “ongoing efforts” and without the feedback. The research involved 30 female participants aged 18–20, divided into three groups of 10. Group 1 consisted of females trained according to the program that included a set of exercises on the development of sensitivity of the vestibular analyzer and proprioceptive sensitivity. Group 2 were trained by the computer stabiloanalyzer Stabilan-01-2 designed by RITM OKB ZAO (Russia), with the application of feedback in the “position of the projection of the center of gravity” parameter. Group 3 were trained by the multipurpose device HUBER produced by LPG SYSTEMS (France) with the use of feedback in the “ongoing efforts” parameter. Before the training course and after it, the participants passed tests of sense of equilibrium, motor memory and proprioceptive sensitivity with the application of methods of stabilometry on the stabiloanalyzer Stabilan-01-2. Romberg’s test, the Evolvent test, the Triangle test were used for the purpose. Upon the completion of the course of trainings Group 1 showed the improvement of indicators of static and dynamic stability preservation (including without control from the visual analyzer), and, to a lesser degree, the enhancement of muscle memory and proprioceptive sensitivity. The results in Group 2 revealed a positive influence of the trainings on the stabiloplatform on the growth of the degree of stability of the participants and control of the location of the center of gravity when performing dynamic tests, as well as a significant improvement of muscle memory. However, preservation of static balance when concentrating on the performance of parallel cognitive operations in the absence of control from the visual analyzer did not prove to be so successful. In Group 3, the improvement of such indicators as static stability when concentrating on the performance of parallel cognitive operations with open eyes, muscle memory and proprioceptive sensitivity was observed. Thus, the use of the specified exercise machines with biological feedback has provided an essential gain in the development of muscle memory and proprioceptive sensitivity, having reduced the number of errors. However, the “static equilibrium” and “dynamic equilibrium” parameters were higher in the group that used a set of exercises for the development of proprioceptive sensitivity and sensitivity of the vestibular analyzer without the devices with the function of feedback.

REFERENCES

1. Kapilevich, L.V. (2012) Fiziologicheskie mekhanizmy koordinatsii dvizheniy v bezopornom polozenii u sportsmenov [Physiological mechanisms of coordination of movements in the unsupported position of athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury – Theory and Practice of Physical Culture*. 7. pp. 45–48.
2. Karpeev, A.G. (312) Kriterii otsenki dvigatel'noy koordinatsii sportivnykh deystviy [Criteria for assessing the motor coordination of sports activities]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*. 312. pp. 169–173.
3. Koshel'skaya, E.V. et al. (2014) Upravlenie sportsmenami polozeniem tela v prostranstve v faze poleta [Athletes' control of the position of the body in space in the phase of flight]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury – Theory and Practice of Physical Culture*. 12. pp. 47–49.
4. Illarionova, A.V. & Kapilevich, L.V. (2014) Osobennosti vnutrimyshechnoy i mezhdymyshechnoy koordinatsii pri dozirovaniy usilii v usloviyakh neustoychivogo ravnovesiya [Features of intramuscular and intermuscular coordination in dosing efforts in conditions of unstable equilibrium]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury – Theory and Practice of Physical Culture*. 12. pp. 44–46.
5. Koshel'skaya, E.V. et al. (2012) Physiological and biomechanical characteristics of the kick and goal techniques of football players. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny – Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 153:2. pp. 235–237.
6. Popadyukha, Yu.A. & Korobeynikov, G.V. (2012) Perspektivy ispol'zovaniya komp'yuternykh sistem Huber v ozdorovlenii, profilaktike povrezhdeniy i fizicheskoy reabilitatsii [Prospects of using Huber computer systems in health improvement, damage prevention and physical rehabilitation]. *PPMBPFVS*. 1. pp. 88–93.
7. Sliva, A.S. & Dzhuplina, G.Yu. (2009) Stabilograficheskiy trenazher [Stabilographic simulator]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*. 9. pp. 242–244.

Received: 31 May 2017