

Применение биологической обратной связи для оценки анаэробной работоспособности в прыжковом тесте

Коваленко С. А., Нечипоренко Д. Л.

Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого

Аннотации:

Цель: - определить влияние биологической обратной связи на определение уровня анаэробной работоспособности здоровых молодых мужчин. **Материал:** У 23 здоровых молодых мужчин определяли характеристики физической работоспособности при выполнении 60-секундного прыжкового теста без и с биологической обратной (зрительной и звуковой) связью (БОС). **Результаты:** Показано, что имеются существенные индивидуальные особенности в характеристиках выполнения 60-секундного прыжкового теста в режиме как без, так и с БОС. Выделены следующие группы показателей работоспособности: максимальная высота прыжка; частота прыжков и достигнутый уровень работоспособности; соотношение фаз прыжка и достигнутая мощность отдельного прыжка, их динамика на протяжении теста. В режиме БОС положительное ее влияние в наибольшей степени на работоспособность проявляется в группе лиц с относительно невысоким уровнем физической работоспособности. **Выводы:** Доказано, что применение БОС при 60-секундном прыжковом тесте повышает объективность измерения параметров анаэробной работоспособности.

Коваленко С. О., Нечипоренко Д. Л. Використання біологічного зворотного зв'язку для оцінки анаеробної працездатності в стрибковому тесті. Мета: - визначити вплив біологічного зворотного зв'язку на визначення рівня анаеробної працездатності здорових молодих чоловіків. **Матеріал:** У 23 здорових молодих чоловіків визначали характеристики фізичної працездатності при виконанні 60-секундного стрибкового тесту без та з біологічним зворотним (зоровим та слуховим) зв'язком (БЗЗ). **Результати:** Показано, що існують суттєві індивідуальні особливості в характеристиках виконання 60-секундного стрибкового тесту у режимі як без, так і з БЗЗ. Виділені наступні групи показників працездатності: максимальна висота стрибка; частота стрибків і досягнутий рівень працездатності; співвідношення фаз стрибка і досягнута потужність окремого стрибка, їх динаміка впродовж тесту. В режимі БЗЗ позитивний його вплив найбільшою мірою на працездатність виявляється в групі осіб з відносно невисоким рівнем фізичної працездатності. **Висновки:** Доведено, що вживання БЗЗ при 60-секундному стрибковому тесті підвищує об'єктивність вимірювання параметрів анаеробної працездатності.

Kovalenko S.O., Nechyporenko D.L. Application of biological feedback for estimation of anaerobic performance in jumping test. Purpose: - To determine the effect of biofeedback to determine the level of anaerobic performance of healthy young men. **Material:** The characteristics of physical performance in 60-seconds jumping test without and with visual and audible biofeedback (BFB) are determined at 23 healthy young men. **Results:** Significant individual peculiarities are found in performance features of 60-seconds jumping test both without and with BFB. The groups of performance indexes are maximum jumping height; jumping frequency and achieved performance level; correlation of jumping phases and achieved capacity of a separate jump; jumping dynamics during the test. The positive effect mostly on performance in BFB regime is found in the group of persons with low level of physical performance. **Conclusion:** The application of BFB in 60-seconds jumping test is proved to increase the objective character of measuring anaerobic performance.

Ключевые слова:

биологическая обратная связь, физическая работоспособность, аэробный, прыжок.

біологічний зворотний зв'язок, фізична працездатність, аеробний, стрибок.

biofeedback, physical performance, aerobic, jump.

Введение.

Современный профессиональный спорт требует от спортсмена высокого уровня подготовленности, достичь которого возможно выполняя физические нагрузки, приближенные к предельным физиологическим возможностям организма человека. Такие нагрузки приводят к синдрому перегрузки, что в свою очередь может привести к травмам мышц, суставов, связок и нервных структур спортсмена. Именно поэтому в последнее время стало популярным использование методики биологической обратной связи (БОС) в системе подготовки и реабилитации спортсменов [3,4].

Биологическая обратная связь - это технология, в основе которой лежит комплекс исследовательских, лечебных и профилактических физиологических процедур, что позволяет получать информацию о состоянии и изменении физиологических процессов человека, с помощью внешней цепи обратной связи, используя при этом микропроцессорную или компьютерную технику [6].

Сейчас метод биологической обратной связи, который возник на основе медицины, биологии и техники, успешно развивается как отдельное направление

науки и имеет широкое практическое применение. БОС - это современный метод терапии, позволяющий усовершенствовать или скорректировать функционирования организма активизируя резервные возможности человека [1,2].

Концепция БОС заключается в предоставлении информации о состоянии или изменения собственного функционального состояния, что позволяет пациенту или спортсмену научиться саморегуляции исследуемой и регулируемой функции организма. А это, в свою очередь, представляет большую ценность как средство активизации состояния функциональных систем организма [6].

БОС в спортивной тренировке, фитнесе и реабилитации осуществляется на основе различных характеристик: вариабельности сердечного ритма [13], электромиограмме [10], тензометрических данных [15], биомеханических параметров [11, 14] в виде анализа как визуальной так и вербальной информации [9, 12].

Показано, что применение усиленной БОС с видео и вербальным анализом может редуцировать силу приземления при прыжках [Onate J.A. e.a., 2001].

В то же время исследований посвященных применению БОС для определения уровня физической работоспособности и ее воспитанию недостаточно

Исследование является составной частью сводных планов научно-исследовательской работы Черкасского национального университета имени Богдана Хмельницкого.

Цель, задачи работы, материал и методы.

Цель работы - определить влияния биологической обратной связи на определение уровня анаэробной работоспособности здоровых молодых мужчин.

Задачи исследования: 1. Определить содержание и суть понятия «биологическая обратная связь»; 2. Проанализировать критерии оценки анаэробной работоспособности при 60-секундном прыжковом тесте; 3. Определить влияние БОС на различные характеристики анаэробной работоспособности при прыжковом тесте у лиц с различным уровнем работоспособности.

Методы. Измерения проведены на 23 здоровых молодых мужчинах возрастом 20-28 лет с соблюдением основных биоэтических положений Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицину (от 04.04 1997 г.), Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения научных медицинских исследований с участием человека (1964-2008 гг.). Проводили 60-секундный прыжковый тест по методике Bosco С. е.а. [7, 8]. Через 40 минут отдыха повторно выполняли тест с применением биологической обратной связи – со зрительным контролем динамики времени полета и опоры на экране монитора и со слуховым контролем времени полетной фазы прыжков (частота звукового сигнала 400 Гц). Оценивали мощность механической работы всего теста, частоту прыжков, величину максимального прыжка, соотношение опорной и безопорной его фаз, их динамику на протяжении теста. Расчеты и статистический анализ данных проводили в электронных таблицах Excel [5].

Результаты исследования.

На первом этапе проводили визуальный анализ динамики изменений показателей физической работоспособности у отдельных лиц на протяжении теста. Динамика и структура опорных и безопорных (полет-

ных) фаз существенно различаются по следующим характеристикам:

1. Хаотичность или стабильность изменений показателей во время теста в измеряемого.
2. Динамика изменений различных показателей от начала до завершения теста.
3. В сравниваемых лиц существенно различаются частота прыжков, отношение опорной и безопорных фаз.

Поэтому анализировали особенности распределения характеристик физической работоспособности в выборке 23 здоровых молодых мужчин как при определении ее в обычном режиме, так и в режиме обратной связи (табл. 1).

Так наименьшим был разброс максимальной высоты прыжка как в обычном режиме ($cV = 7,20\%$), так и в режиме обратной связи ($cV = 7,20\%$). Частота прыжков и мощность выполнения теста имели несколько большую межиндивидуальную вариативность (12,85-22,13%). Больше отличались показатели соотношения прыжковых фаз и достигнутой мощности при отдельных прыжках (41,80-47,01%). Таким образом, существуют существенные межиндивидуальные различия в характеристиках физической работоспособности, достигнутой при выполнении 60-секундного прыжкового теста, являются основой для системы автоматизированной ее оценки. По разбросам эти показатели можно разделить на три группы: максимальная высота прыжка; частота прыжков и достигнутый уровень работоспособности; соотношение фаз прыжка и достигнутой мощности при отдельного скачка.

Все анализируемые показатели на протяжении теста имели как положительную, так и отрицательную динамику. В наибольшей степени к концу теста уменьшалась высота максимального скачка. Выраженной была тенденция к уменьшению мощности и мощности во время прыжка. Таким образом, показатели динамики работоспособности во время теста также могут быть привлечены к автоматизированной системы ее оценки.

Таблица 1

Особенности распределения показателей физической работоспособности, определенных по 60-секундному прыжковому тесту у здоровых молодых мужчин

Показатели	Статистические данные				
	Мин	Макс	М	σ	cV
Обычный режим					
Частота, цикл/мин	45,99	85,12	62,4	10,2	16,38
Мощность, м/мин	24,47	51,37	34,98	7,74	22,13
Соотношение, у.е.	0,51	2,38	1,01	0,48	47,01
Мощность прыжка, м/мин	37,53	174,75	74,56	35,04	47,00
Макс. прыжок, м	0,56	0,74	0,67	0,05	7,20
Обратная связь					
Частота, цикл/мин	47,82	82,91	69,22	8,89	12,85
Мощность, м/мин	26,71	51,31	39,08	7,33	18,76
Соотношение, у.е.	0,57	2,39	1,26	0,53	41,80
Мощность прыжка, м/мин	42,07	175,39	92,44	38,64	41,98
Макс. прыжок, м	0,56	0,82	0,66	0,06	9,80

Измерения проводились с регистрацией показателей анаэробной работоспособности в 23 здоровых молодых мужчин согласно стандартного протокола по Bosco С. е.а. (I) и с наличием БОС (II) (табл. 2).

Так при выполнении 60-секундного теста в условиях обратной биологической связи достоверно повышается частота прыжков, мощность работы с 60 секунд теста, увеличивается отношение фазы полета и опоры, мощность при отталкивании. Это позволяет сделать вывод о большей мобилизации исследуемых при осуществлении теста и выявления реального уровня анаэробной работоспособности при его исполнении с БОС. Высота максимального прыжка при I и II не отличались.

Частота прыжков как при I так и II на протяжении теста росла и ее динамика между собой не отличалась. В промежуток времени от 25 до 35 секунд от начала теста и далее динамика изменений мощности работы, мощности во время прыжка была меньше при БОС и их падение не столь значительно как при стандартном

протоколе. И так, измерения анаэробной работоспособности с биологической обратной связью позволяет поддерживать относительно равномерный ее уровень на протяжении всего теста, в основном при его исполнении от 25 секунд и выше.

Сравнивали показатели анаэробной работоспособности у лиц с относительно низким ее уровнем (менее 36 м•мин⁻¹, N = 12) и относительно высоким (более 36 м•мин⁻¹, N = 11, из них 7 - спортсменов высокого класса). Лица первой группы при измерении работоспособности с биологической обратной связью улучшили достигнутый уровень ее показателей, а во второй их прирост был недостоверным. Так, например, мощность в первой группе составила соответственно 28,58±0,90 м•мин⁻¹ и 34,60±1,98 м•мин⁻¹ (p < 0,001), а во второй 41,95±1, 30 м•мин⁻¹ и 43,97±1,21 м•мин⁻¹ (p > 0,05).

Динамика изменений работоспособности в течение теста также зависела от ее достигнутого уровня (рис. 1). Только лица с относительно низким уровнем

Таблица 2

Показатели физической работоспособности за 60 секунд теста при исполнении без (I) и с биологической обратной связью (II) (n = 23)

Показатели	I	II	P
Частота, цикл/мин	62,42±2,13	69,20±1,85	<0,001
Мощность, м/мин	34,98±1,61	39,08±1,53	<0,01
Мощность прыжка, м/мин	74,56±7,31	92,44±8,06	<0,05
Соотношение фаз полета и опоры, у.е.	1,01±0,10	1,26±0,11	<0,05
Высота максимального прыжка, м	0,67±0,01	0,66±0,01	>0,05

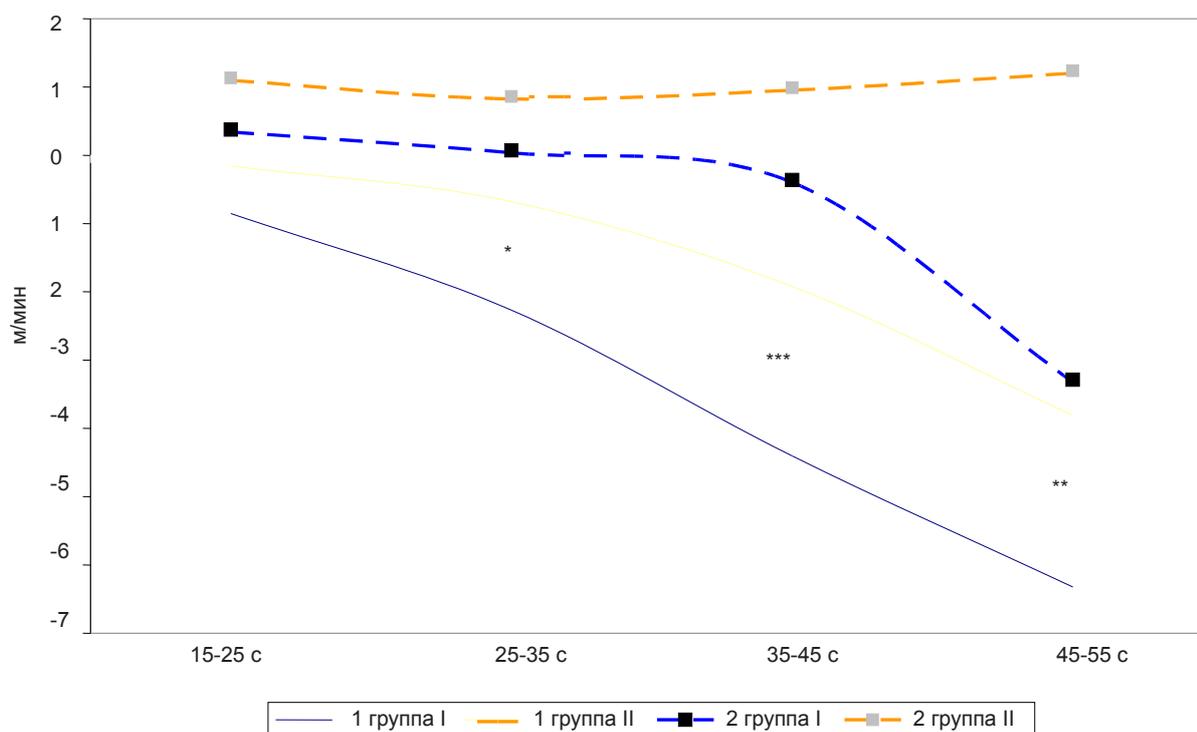


Рис. 1. Изменения работоспособности в течение теста в обычном режиме и режиме обратной связи у лиц с разным ее уровнем. * - p < 0,05; ** - p < 0,01; *** - p < 0,001.

работоспособности с 25 по 55 секунды выполнения прыжкового теста в режиме биологической обратной связи имели меньший уровень ее падения, чем при его выполнении по I.

Выводы.

1. Здоровые молодые мужчины имеют существенные индивидуальные особенности в характеристиках выполнения 60-секундного прыжкового теста в режиме как без, так и с обратной биологической связью.

2. Можно выделить следующие группы характеристик: максимальная высота прыжка; частота прыжков и достигнутый уровень работоспособности; соотношение фаз прыжка и достигнутая мощность отдельного прыжка.

3. Динамика изменения показателей физической работоспособности в течение 60-секундного прыжко-

вого теста также имеет существенные индивидуальные особенности, что позволяет включать эти показатели в систему оценки функционального состояния человека.

4. В режиме биологической обратной связи положительное ее влияние в наибольшей степени проявляется в группе лиц с относительно невысоким уровнем физической работоспособности.

5. Применение биологической обратной связи при проведении прыжковых тестов можно рекомендовать для оптимизации воспитания анаэробных возможностей человека.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в их проведении на различных контингентах занимающихся физической культурой и спортом.

Литература

1. Айвазян Т. А. Релаксационная терапия с использованием биологической обратной связи в лечении больных гипертонической болезнью. Биоуправление. Новосибирск: Наука, 1998, С. 133 - 142.
2. Аникина Т. В. Опыт работы кабинета биологической обратной связи в детском пульмонологическом санатории. Биологическая обратная связь. 1999, №4, С. 33-34.
3. Князева И.А., Парастаев С.А., Ерин В.Н. Использование БОС под контролем ЭМГ в коррекции нарушений осанки. Журнал Российской ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов, М., 2007, № 3(23), С. 34-35.
4. Князева И.А., Перминов В.А. Применение методов биологической обратной связи (БОС) для профилактики и лечения двигательной патологии у спортсменов высшей квалификации. Медицина и спорт. М., 2005, № 4, С. 36-37.
5. Коваленко С.О., Стеценко А.И., Хоменко С.М. Статистичний аналіз експериментальних даних за допомогою Excel. Черкаси. 2002. 114 с.
6. Курашвили В.А. Использование технологии биологической обратной связи в спорте. Вестник спортивных инноваций, 2011, №23, С.8-9.
7. Сокунова Светлана Феликсовна. Тесты и критерии выносливости в теории и практике подготовки спортсменов высокой квалификации: Дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 : Москва, 2003, 633 с.
8. Bosco C., Luhtanen P., Komi P.V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. Eur. J. Appl. Physiol. 1983. 50:P. 273-282.
9. Crowell H.P., Milner C.E., Hamill J., Davis I.S. Reducing impact loading during running with the use of real-time visual feedback. J Orthop Sports Phys Ther. 2010. V.40(4):206-213. doi: 10.2519/jospt.2010.3166.
10. Lepley A.S., Gribble P.A., Pietrosimone B.G. Effects of electromyographic biofeedback on quadriceps strength: a systematic review. J Strength Cond Res. 2012. V.26(3):873-82. doi: 10.1519/JSC.0b013e318225ff75.
11. Mullineaux D.R., Underwood S.M., Shapiro R., Hall J.W. Real-time biomechanical biofeedback effects on top-level rifle shooters. Appl Ergon. 2012. V.43(1):109-114. doi: 10.1016/j.apergo.2011.04.003.
12. Onate J.A., Guskiewicz K.M., Sullivan R.J. Augmented feedback reduces jump landing forces. J Orthop Sports Phys Ther. 2001. V.31(9):511-517.
13. Prinsloo G.E., Rauch H.G., Derman W.E. A brief review and clinical application of heart rate variability biofeedback in sports, exercise, and rehabilitation medicine. Phys Sportsmed. 2014. V.42(2):88-99. doi: 10.3810/psm.2014.05.2061.
14. Tate J.J., Milner C.E. Real-time kinematic, temporospatial, and kinetic biofeedback during gait retraining in patients: a systematic review. Phys Ther. 2010. V.90(8):1123-34. doi: 10.2522/ptj.20080281.
15. Tirosh O., Cambell A., Begg R.K., Sparrow W.A. Biofeedback training effects on minimum toe clearance variability during treadmill walking. Ann Biomed Eng. 2013. V.41(8):1661-1669. doi: 10.1007/s10439-012-0673-6.

References

1. Ajvazian T. A. *Relaksacionnaia terapiia s ispol'zovaniem biologicheskoi obratnoj svyazi v lechenii bol'nykh gipertonicheskoi bolezni'u* [Relaxation therapy with the use of reverse biocommunication in treatment of patients hypertensive illness], Novosybyrsk, Science, 1998, pp. 133 - 142.
2. Anikina T. V. *Biologicheskai obratnaia sviaz'* [Biofeedback], 1999, vol.4, pp. 33-34.
3. Kniazeva I.A., Parastaev S.A., Erin V.N. *Zhurnal Rossijskoj associacii po sportivnoj medicinie i reabilitacii bol'nykh i invalidov* [Journal of the Russian association for sport medicine and rehabilitation of patients and invalids], 2007, vol.3(23), pp. 34-35.
4. Kniazeva I.A., Perminov V.A. *Medicina i sport* [Medicine and sport], 2005, vol.4, pp. 36-37.
5. Kovalenko S.O., Stecenko A.I., Khomenko S.M. *Statistichnij analiz eksperimental' nikh danikh za dopomogoiu Excel* [Statistical analysis of experimental data by means of Excel]. Cherkasy, 2002, 114 p.
6. Kurashvili V.A. *Vesnik sportivnykh innovacij* [Bulletin of sport innovations], 2011, vol.23, pp.8-9.
7. Sokunova S.F. *Testy i kriterii vynoslivosti v teorii i praktike podgotovki sportsmenov vysokoi kvalifikacii* [Tests and criteria of endurance are in a theory and practice of preparation of sportsmen of high qualification], Dokt. Diss., Moscow, 2003, 633 p.
8. Bosco C., Luhtanen P., Komi P.V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*. 1983, vol.50, pp. 273-282.
9. Crowell H.P., Milner C.E., Hamill J., Davis I.S. Reducing impact loading during running with the use of real-time visual feedback. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2010, vol.40(4), pp. 206-213. doi: 10.2519/jospt.2010.3166
10. Lepley A.S., Gribble P.A., Pietrosimone B.G. Effects of electromyographic biofeedback on quadriceps strength: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012, vol.26(3), pp. 873-82. doi: 10.1519/JSC.0b013e318225ff75
11. Mullineaux D.R., Underwood S.M., Shapiro R., Hall J.W. Real-time biomechanical biofeedback effects on top-level rifle shooters. *Applied Ergonomics*. 2012, vol.43(1), pp. 109-114. doi: 10.1016/j.apergo.2011.04.003
12. Onate J.A., Guskiewicz K.M., Sullivan R.J. Augmented feedback reduces jump landing forces. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2001, vol.31(9), pp. 511-517.
13. Prinsloo G.E., Rauch H.G., Derman W.E. A brief review and clinical application of heart rate variability biofeedback in sports, exercise, and rehabilitation medicine. *Physician and Sportsmedicine*. 2014, vol.42(2), pp. 88-99. doi: 10.3810/psm.2014.05.2061
14. Tate J.J., Milner C.E. Real-time kinematic, temporospatial, and kinetic biofeedback during gait retraining in patients: a systematic review. *Physical Therapy*. 2010, vol.90(8), pp. 1123-34. doi: 10.2522/ptj.20080281
15. Tirosh O., Cambell A., Begg R.K., Sparrow W.A. Biofeedback training effects on minimum toe clearance variability during treadmill walking. *Annals of Biomedical Engineering*. 2013, vol.41(8), pp. 1661-1669. doi: 10.1007/s10439-012-0673-6

Информация об авторах:

Коваленко Станислав Александрович: ORCID: 0000-0002-4631-0464; kovstas@cdu.edu.ua; Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого; Бульвар Шевченко, 81, г. Черкассы, 18031, Украина.

Нечипоренко Денис Леонидович: ORCID: 0000-0001-8458-1962; dentandf@yandex.ru; Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого; Бульвар Шевченко, 81, г. Черкассы, 18031, Украина.

Цитируйте эту статью как: Коваленко С. А., Нечипоренко Д. Л. Применение биологической обратной связи для оценки анаэробной работоспособности в прыжковом тесте // Физическое воспитание студентов. – 2014. – № 5 – С. 20-24. doi:10.15561/20755279.2014.0504

Электронная версия этой статьи является полной и может быть найдена на сайте: <http://www.sportpedu.org.ua/html/arhive.html>

Эта статья Открытого Доступа распространяется под терминами Creative Commons Attribution License, которая разрешает неограниченное использование, распространение и копирование любыми средствами, обеспечивающими должное цитирование этой оригинальной статьи (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.ru>).

Дата поступления в редакцию: 20.06.2014 г.
Опубликовано: 30.06.2014 г.

Information about the authors:

Kovalenko S.O.: ORCID: 0000-0002-4631-0464; kovstas@cdu.edu.ua; Cherkasy National University; Shevchenko Boulevard 81, Cherkasy, 18031, Ukraine.

Nechyporenko D.L.: ORCID: 0000-0001-8458-1962; dentandf@yandex.ru; Cherkasy National University; Shevchenko Boulevard 81, Cherkasy, 18031, Ukraine.

Cite this article as: Kovalenko S.O., Nechyporenko D.L. Application of biological feedback for estimation of anaerobic performance in jumping test. *Physical education of students*, 2014, vol.5, pp. 20-24. doi:10.15561/20755279.2014.0504

The electronic version of this article is the complete one and can be found online at: <http://www.sportpedu.org.ua/html/arhive-e.html>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en>).

Received: 20.06.2014
Published: 30.06.2014