



УДК 159.9:796

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ЭКСТРЕННОЙ МОБИЛИЗАЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНА В РЕЗУЛЬТАТЕ СИМУЛЯЦИИ ЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VOLUNTARY MOBILIZATION OF ATHLETE'S NERVOUS SYSTEM IN CASE OF SIMULATION OF SPORT ACTIVITY



**Ковалева
Анастасия Владимировна** –
канд. биол. наук, главный
специалист ГКУ «ЦСТиСК»
Москомспорта, старший научный
сотрудник НИИ Нормальной
физиологии им. П.К. Анохина,
Москва

Kovaleva Anastasia –
phd in biology, principal scientist
in Sport Center of Innovative
Technologies and Teams Exercise

Training; leading researcher in Research Institute of Normal
Physiology by name of P.K. Anokhin



**Квитчастый
Антон Владимирович** –
канд. психол. наук, главный
специалист ГКУ «ЦСТиСК»
Москомспорта, научный
сотрудник ГБУЗ МНПЦ МРВСМ,
Москва

Kvitchasty Anton –
phd in psychology, principal
scientist in Sport Center of
Innovative Technologies and
Teams Exercise Training; researcher

in medical psychology laboratory of Moscow Regenerative
Medicine Center

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, экстренная мобилизация нервной системы, гребные виды спорта.*

Аннотация. *Проведено эмпирическое исследование с целью изучения физиологического обеспечения состояния экстренной мобилизации нервной системы спортсмена в ходе выполнения им короткой, но интенсивной работы. В исследовании приняли участие 17 спортсменов (9 юношей и 8 девушек; академическая гребля, гребля на байдарке/каное). Результаты свидетельствуют о том, что наиболее чувствительными показателями, отражающими изменение функционального состояния спортсмена (при переходе от исходного состояния к работе) являются два показателя вариабельности ритма сердца: стандартное отклонение ЧСС и стандартное отклонение длительности RR-интервалов.*

Keywords: *heart rate variability, nervous system emergency mobilization, elite rowers.*

Abstract. *Empirical research aimed to reveal the physiological indicators of athlete's nervous system emergency mobilization during short and intensive physical activity was carried out. 17 elite athletes took part in this study (9 males, 8 females; rowing, kayaking, canoeing). The results show that standard deviation of heart rate and standard deviation of RR-interval duration are both the most sensitive indicators of athlete's functional state changes.*

Введение. Любая спортивная деятельность и, в особенности, соревновательная, вызывает у спортсмена не только физическое, но и эмоциональное напряжение. Эмоции активизируют структуры лимбической системы мозга и обеспечивают дополнительную мобилизацию

ресурсов организма в экстремальных условиях. Исследования особого психофизиологического состояния, в которое может входить спортсмен на соревнованиях, часто встречаются как в отечественной, так и в зарубежной литературе (Солодков А.С., Сологуб Е.Б., 2005; Алексеев

A.B., 2006; Weinberg R.S, Gould D., 2007; Hanin Y.L., 1980). По мнению авторитетных специалистов, в области спортивной психологии (Hardy, Jones, Gould, 1996), в рамках подготовки спортсмена к соревнованиям более корректно говорить не об оптимальном уровне активации, а об оптимальном активационном состоянии.

Это полностью согласуется с теоретической концепцией индивидуальных зон оптимального функционирования, предложенной Ю.Л. Ханиным (Hanin Y.L., 1980). Автор утверждает, что для каждого спортсмена существует некие границы допустимого возбуждения (волнения). Если спортсмен находится в своей индивидуальной зоне, он выступает наилучшим образом. Если же уровень его возбуждения ниже – для отличного выступления ему не хватает энергии, если же этот уровень выше его индивидуальной нормы – избыточное волнение приводит к возникновению различных негативных последствий (слишком высокое напряжение в мышцах, невозможность сконцентрироваться на задаче, негативные эмоции, токсические мысли, тошнота, соматические боли различной локализации и т.п.), что ведёт к неизбежному ухудшению качества выступления.

Поэтому так важно определить индивидуальные границы состояния оптимального функционирования спортсмена. Это можно сделать с помощью современного оборудования, которое производит высокоточную регистрацию различных физиологических показателей, отражающих уровень активации нервной и других систем человека: показатели variability ритма сердца, степени напряжения мышц, периферическая температура тела, кожно-гальваническая реакция, параметры дыхательной системы и т.д. После этого используя соответствующие аппаратные методики, работающие по принципу биологической обратной связи (БОС), можно научить спортсмена произвольно входить в зону своего оптимального функционирования (Vernon et al., 2009; Blumenstein, Orbach, 2012; Landers et al., 1992).

Метод измерения кожно-гальванической реакции и оценки кожной проводимости (или кожного сопротивления) широко используется для диагностики степени психоэмоционального напряжения человека (Dindo&Fowles, 2008), при оценке стресса (Setz C. et al., 2010), водительской нагрузки (Healey&Picard, 2005). Этот метод обладает очень высокой чувствительностью, так как при малейшем изменении состояния человека активируется симпатический отдел ВНС, который вызывает усиление

потоотделения и падение кожного сопротивления (или усиление проводимости).

Еще одним широко используемым индикатором функционального состояния человека является variability ритма сердца. Для количественной оценки variability ритма сердца и, соответственно, состояния регуляторных механизмов, используется три основных подхода: временной анализ ритма сердца, частотный (волновой) анализ ритма сердца и геометрический анализ ритма сердца (Corrales et al., 2012; Alom et al, 2010).

Также в психофизиологических исследованиях для оценки функционального состояния используют измерение периферической температуры фаланг пальцев руки. Связь между периферической температурой и психоэмоциональным напряжением состоит в следующем: при стрессе активируется симпатический отдел ВНС, его волокна оказывают сосудосуживающее действие на периферические сосуды, к пальцу поступает меньше крови и его температура снижается. При расслаблении происходит обратный процесс.

Таким образом, целью настоящего исследования, выполненного при поддержке ФМБА РФ, было изучение физиологического обеспечения состояния экстренной мобилизации и выявление наиболее чувствительных показателей для разработки протоколов биологической обратной связи для тренировки произвольного вхождения в это состояние.

Методы исследования. В исследовании приняли участие 17 спортсменов (9 юношей и 8 девушек): кандидаты в мастера спорта, мастера спорта, мастера спорта международного уровня, члены сборных России, чемпионы и рекордсмены Европы и мира по академической гребле и гребле на байдарке/каное.

Физиологические показатели регистрировали в исходном состоянии (фон 1) при закрытых и открытых глазах, затем во время работы на гребном тренажере (работа), соответствующем виду спорта, и в восстановительном периоде (фон 2). Использовалось полиграфическое оборудование и программное обеспечение BiographInfinity фирмы ThoughtTechnology (Канада). Регистрировались следующие показатели: фотоплетизмограмма (для измерения частоты сердечных сокращений и вычисления показателей variability ритма сердца), кожная проводимость (для оценки тонууса симпатического отдела вегетативной нервной системы и степени психоэмоционального напряжения спортсмена),

температура пальца (для оценки тонуса периферических сосудов и симпатического отдела ВНС), пневмограмма (для измерения частоты и амплитуды дыхательных движений).

Результаты. В нашем исследовании мы изучали динамику физиологических показателей спортсменов (академическая гребля, гребля на байдарках и каноэ) в процессе выполнения ими короткой, но интенсивной работы, привычной для их спортивной деятельности (на соответствующем их виду спорта гребном тренажере). Физиологические показатели уровня активации (ритм сердца, дыхание, кожная проводимость, температура пальца) регистрировались на полиграфе до начала работы, во время выполнения 1-минутной нагрузки и в восстановительный период после нагрузки. Средние значения и стандартные отклонения полученных показателей приведены в табл. 1.

В данной выборке при переходе от фонового состояния к работе достоверно изменились только два показателя: стандартное отклонение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и стандартное отклонение длительности RR-интервалов (SDNN). Оба эти показателя статистически значимо выросли во время работы на тренажере по всем критериям ($p=0,013$ и $p=0,031$, соответственно, по t-критерию).

Затем в восстановительный период (фон 2) эти показатели снизились, однако оставались немного выше исходных значений (фон 1).

Стандартное отклонение ЧСС и SDNN отражают такое явление, как вариабельность ритма сердца: чем их значения выше, тем выше вариабельность ритма сердца. Достаточно высокий уровень вариабельности в ритме сердца считается индикатором благоприятного состояния регуляторных механизмов в организме человека (Ju-Yi C. et al., 2011) и хороших адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы (Muralikrishnan K. et al., 2012). В связи с этим можно говорить о том, что у высококвалифицированных спортсменов в нашей выборке в привычной для них обстановке экстренная психофизиологическая мобилизация приводит к адекватной активации сердечно-сосудистой системы с повышением вариабельности ритма сердца по некоторым показателям.

Следует отметить, что не только по данным показателям, но и по всем остальным из числа регистрируемых нами в ходе эксперимента достоверных изменений между фоном 1 и фоном 2 выявлено не было, то есть можно говорить о быстром восстановлении физиологических ресурсов высококвалифицированных спортсменов после

Таблица 1 – Средние значения и стандартное отклонение физиологических показателей в трех периодах: «фон1», «работа» и «фон2» (* – достоверные изменения между фон 1 и работа, $p<0,05$)

Физиологические показатели	фон 1	Std.Dev.	работа	Std.Dev.	фон 2	Std.Dev.
Амплитуда пульсового сигнала	9,8	3,3	11,1	4,4	10,9	3,3
ЧСС, уд/мин	81,6	6,8	88,7	14,3	84,2	6,4
Ст. отклон. ЧСС	24,8	7,1	30,2*	2,5	26,6	7,4
Основной пик спектра ритма сердца, Гц	0,087	0,031	0,082	0,031	0,078	0,034
SDNN	197,6	63,2	237,5*	32,8	219,6	55,3
VLF, %	24,6	8,63	24,4	6,1	24,1	9,3
LF, %	35,1	8,2	34,8	7,6	31,5	10,6
HF, %	40,25	10,51	40,81	7,54	38,51	12,02
VLF total	990,6	855,4	1244,7	813,5	1150,8	1026,7
LF total	1287,7	801,1	1747,9	896,1	1511,4	1040,1
HF total	1913,5	922,5	2377,8	741,8	2174,6	1140,1
LF/HF	0,798	0,472	0,746	0,332	0,651	0,275
ЭМГ амплитуда, мкВ	52,9	89,4	8,3	8,8	27,4	45,9
Кожная проводимость, мксименс	4,83	4,21	5,65	4,23	5,39	4,21
Температура пальца, 0С	31,53	2,95	31,28	2,79	31,45	2,74
Частота дыхания, раз/мин	12,69	5,91	13,29	5,349	12,48	6,09
Амплитуда дыхания	3,84	3,27	3,64	2,10	3,39	2,08

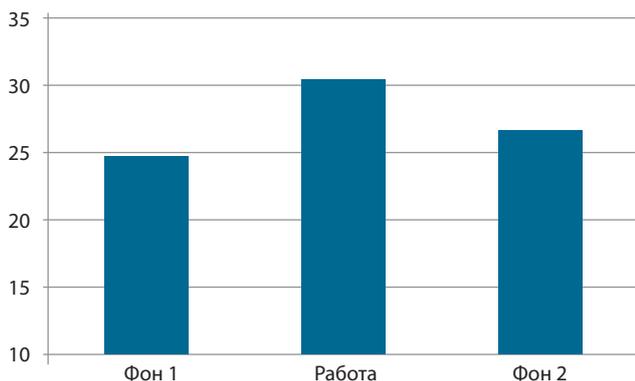


Рисунок 1 – Динамика изменений показателя стандартного отклонения ЧСС

кратковременной и достаточно привычной им работы. А также отсутствие изменений между фоном 1 и фоном 2 свидетельствует о том, что выявленные изменения в состоянии работы вызваны именно нагрузкой и психофизиологической мобилизацией спортсмена.

Малое количество достоверных изменений в целом по группе позволило предположить

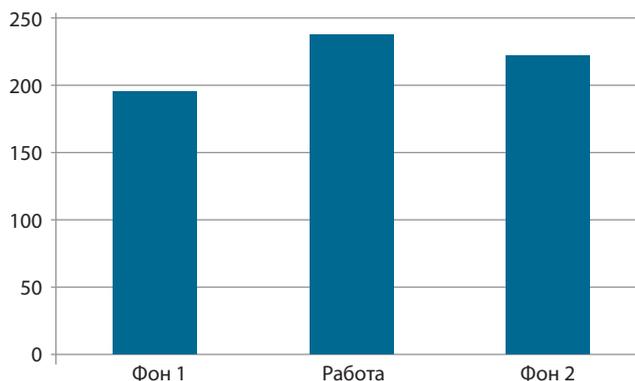


Рисунок 2 – Динамика изменений показателя SDNN

выраженные индивидуальные различия между спортсменами. Пример индивидуальной динамики физиологических показателей показан на рис. 3.

Изучение индивидуальных особенностей реагирования на работу на тренажере показало, что спортсмены действительно реагировали на мобилизацию по-разному. Так, что касается динамики температуры пальца, то у 5 спортсменов она росла,

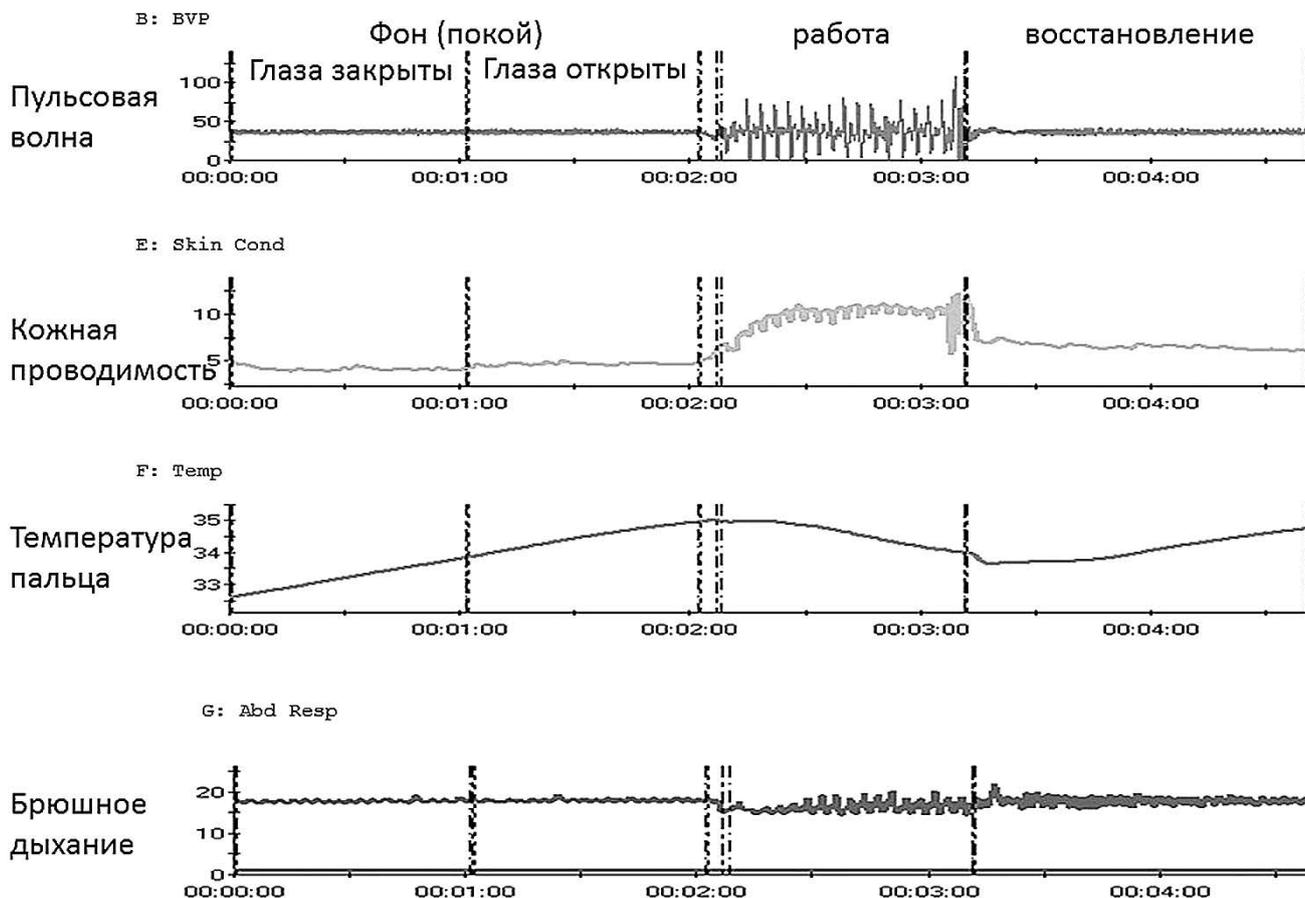


Рис. 3. Индивидуальная динамика физиологических показателей у спортсмена (академическая гребля) в покое (при закрытых и открытых глазах) (фон 1), во время работы на тренажере и в восстановительный период (фон 2)



у 7 оставалась без изменений, у 4 – снижалась во время нагрузки. Частота дыхания росла у 5 спортсменов, у 3 оставалась без изменений, а у 6 отмечалось ее снижение. Амплитуда же дыхательных движений и кожная проводимость росли у всех спортсменов.

Заключение. Анализ эмпирических данных позволяет нам сделать вывод о том, что у высококвалифицированных спортсменов в привычной для них обстановке экстренная психофизиологическая мобилизация приводит к адекватной активации сердечно-сосудистой системы с повышением вариабельности ритма сердца. Наиболее чувствительными показателями, отражающими изменение функционального состояния человека (при переходе от исходного состояния к работе) оказались два показателя вариабельности ритма сердца

– стандартное отклонение ЧСС и стандартное отклонение длительности RR-интервалов.

Выявленные большие индивидуальные различия в динамике физиологических показателей при экстренной психофизиологической мобилизации позволяют говорить о необходимости индивидуального подхода в разработке тренингов на основе метода биологической обратной связи по обучению спортсменов управлять своим состоянием. Однозначной была динамика только у показателей кожной проводимости (рост во время мобилизации) и амплитуды дыхательных движений (рост во время мобилизации). Таким образом, при отсутствии возможности индивидуального подхода, БОС-тренинги, направленные на достижение адекватной мобилизации можно проводить по показателям SDNN, кожная проводимость, амплитуда дыхания.

Литература:

1. Алексеев, А. В. Преодолей себя!: Психическая подготовка в спорте / А. В. Алексеев. – М., 2006.
2. Солодков, А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. Изд. 2-е, испр. и доп. / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
3. Alom, M. Study on heart rate variability in adolescent male athletes by time domain (Short-Term) method / M. Alom, N. Begum, Lad. Naher, R. Kabir, Sb. Faruky, N. Akhter // The Orion. – vol. 33. – issue 1, 2010.
4. Blumenstein, B. Mental practice in sport: sports and athletic preparation, performance and psychology. Twenty case studies. Nova Science Publishers / B. Blumenstein, I. Orbach. – New York, 2012. – 125 p.
5. Chen, Ju-Yi L. Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with heart rate recovery after treadmill exercise test in young individuals / Ju-Yi L Chen, Yungling Leo Tsai, Wei-Chuan Lee, Cheng-Han Chen et al. // Heart and vessels, 2011 (26). – pp. 282-288.
6. Corrales, M. M. Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population / M. M. Corrales, Blanca de T, C. Esquivel, M. Salazar, G. Orellana, J. Naranjo // Health (4) 2012. – pp. 377-385.
7. Dindo, L. The skin conductance orienting response to semantic stimuli: significance can be independent of arousal / L. Dindo, D. C. Fowles // Psychophysiology. – 45 (1) (2008). – pp. 111-118.
8. Hanin, Y.L. (1980) A study of anxiety in sport. In W.F. Staub (ed.), Sport Psychology: An Analysis of Athletic Behavior, Movement Publications, Ithaca / Y. L. Hanin. – NY. – pp. 236-249.
9. Hardy, L. Understanding Psychological Preparation for Sport: Theory and Practice of Elite Performers / L. Hardy, G. Jones & D. Gould (1996). – Wiley, Chichester.
10. Healey, J. A. Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors, IEEE Trans. Intell. Transport / J. A. Healey, R.W. Picard // Syst. 6 (2) (2005). – pp. 156-166.
11. Landers, D., Han, M., Salazar, W., Petruzzello, S., Kubitz, K., and Gannon, T. et al., (1992) Effects of learning on electroencephalographic and electrocardiographic patterns in novice archers, International Journal of Sport Psychology.
12. Muralikrishnan, K. Measurement of the effect of Isha Yoga on cardiac autonomic nervous system using short-term heart rate variability / K. Muralikrishnan, B. Balakrishnan, K. Balasubramanian, F. Visnegarawla // Journal of Ayurveda and integrative medicine. – 2012. – vol.3. – issue 2. – pp. 91-96.
13. Setz, C. Discriminating stress from cognitive load using a wearable EDA device / C. Setz, B. Arnrich, J. Schumm, R. La Marca, G. Truster, U. Ehlert. – IEEE Trans. Inf. Technol. – Biomed. – 2010. – 14 (2). – pp. 410-417.
14. Vernon, D. Alpha neurofeedback training for performance enhancement: Reviewing the methodology / D. Vernon, T. Dempster, O. Bazanova, N. Rutterford, M. Pasqualini, S. Andersen // Journal of Neurotherapy. – 2009. – 13(4), 2009.
15. Weinberg, R. S. Foundation of Sport and Exercise Psychology Human Kinetics / R. S. Weinberg, D. Gould, 2007.

References:

1. Alexeev, A. V. Get over yourself: Psychologicheskaya podgotovka v sporte / A. V. Alexeev. – M., 2006.
2. Solodkov, A. S. Human physiology. General. Sports. Age: Manual. Vol. 2 / A. S. Solodkov, E. B. Sologub. – M. : Olimpia Press, 2005. – 528 c.
3. Alom, M. Study on heart rate variability in adolescent male athletes by time domain (Short-Term) method / M. Alom, N. Begum, Lad. Naher, R. Kabir, Sb. Faruky, N. Akhter // The Orion. – vol. 33. – issue 1, 2010.
4. Blumenstein, B. Mental practice in sport: sports and athletic preparation, performance and psychology. Twenty case studies. Nova Science Publishers / B. Blumenstein, I. Orbach. – New York, 2012. – 125 p.
5. Chen, Ju-Yi L. Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with heart rate recovery after treadmill exercise test in young individuals / Ju-Yi L Chen, Yungling Leo Tsai, Wei-Chuan Lee, Cheng-Han Chen et al. // Heart and vessels, 2011 (26). – pp. 282-288.
6. Corrales, M. M. Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population / M. M. Corrales, Blanca de T, C. Esquivel, M. Salazar, G. Orellana, J. Naranjo // Health (4) 2012. – pp. 377-385.
7. Dindo, L. The skin conductance orienting response to semantic stimuli: significance can be independent of arousal / L. Dindo, D. C. Fowles // Psychophysiology. – 45 (1) (2008). – pp. 111-118.
8. Hanin, Y.L. (1980) A study of anxiety in sport. In W.F. Staub (ed.), Sport Psychology: An Analysis of Athletic Behavior, Movement Publications, Ithaca / Y. L. Hanin. – NY. – pp, 236-249.
9. Hardy, L. Understanding Psychological Preparation for Sport: Theory and Practice of Elite Performers / L. Hardy, G. Jones & D. Gould (1996). – Wiley, Chichester.
10. Healey, J. A. Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors, IEEE Trans. Intell. Transport / J. A. Healey, R.W. Picard // Syst. 6 (2) (2005). – pp. 156-166.
11. Landers, D., Han, M., Salazar, W., Petruzzello, S., Kubitz, K., and Gannon, T. et al., (1992) Effects of learning on electroencephalographic and electrocardiographic patterns in novice archers, International Journal of Sport Psychology.
12. Muralikrishnan, K. Measurement of the effect of Isha Yoga on cardiac autonomic nervous system using short-term heart rate variability / K. Muralikrishnan, B. Balakrishnan, K. Balasubramanian, F. Visnegarawla // Journal of Ayurveda and integrative medicine. – 2012. – vol.3. – issue 2. – pp. 91-96.
13. Setz, C. Discriminating stress from cognitive load using a wearable EDA device / C. Setz, B. Arnrich, J. Schumm, R. La Marca, G. Trüster, U. Ehlert. – IEEE Trans. Inf. Technol. – Biomed. – 2010. – 14 (2). – pp. 410-417.
14. Vernon, D. Alpha neurofeedback training for performance enhancement: Reviewing the methodology / D. Vernon, T. Dempster, O. Bazanova, N. Rutterford, M. Pasqualini, S. Andersen // Journal of Neurotherapy. – 2009. – 13(4), 2009.
15. Weinberg, R. S. Foundation of Sport and Exercise Psychology Human Kinetics / R. S. Weinberg, D. Gould, 2007.

