

ВЛИЯНИЕ РИТМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ФОРМИРОВАНИЕ КОГЕРЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ В СТРУКТУРАХ МОЗГА И ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

УДК/UDC 796.01:61

Поступила в редакцию 05.07.2016 г.



Информация для связи с автором:
kapil@yandex.ru

Ю.Г. Калининкова¹

Кандидат биологических наук, доцент **Е.С. Иноземцева**¹

Доктор психологических наук, профессор **Э.В. Галажинский**¹

Доктор медицинских наук, профессор **Л.В. Капилевич**¹

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

EFFECTS OF RHYTHMIC WORKLOADS ON COHERENT COMMUNICATION BEING FORMED IN CEREBRAL STRUCTURES AND ON HEART RATE VARIABILITY

J.G. Kalinnikova¹

Associate Professor, PhD **E.S. Inozemtseva**¹

Professor, Dr. Sc. Psych. **E.V. Galazhinskiy**¹

Professor, Dr. Med. **L.V. Kapilevich**¹

¹National Research Tomsk State University, Tomsk

Аннотация

Целью исследования являлось изучение влияния различного уровня ритмической нагрузки на формирование внутриволновых когерентных связей и уровень регуляции сердечного ритма. Исследование было проведено на 30 девушках в возрасте от 17 до 20 лет. Для оценки уровня когерентных связей использовался компьютерный электроэнцефалографический комплекс серии «Нейрон-Спектр» (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия).

Показано, что ритмическая нагрузка с низкой частотой приводит к десинхронизации коротких внутриволновых связей, в то время как более высокие частоты движений способствуют синхронизации электрической активности. Эти изменения оказывают влияние на систему управления ритмом сердца – рост частоты способствует усилению автономного влияния. Предполагается, что механизмы специфического влияния различных видов физической активности на корковые процессы имеют в своей основе формирование паттернов биоэлектрической активности коры с различной степенью когерентности, которые способны модулировать уровень централизации управления вегетативной системой.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, спектральный анализ, когерентность, ритмическая нагрузка, электроэнцефалографические показатели, ритмы ЭЭГ.*

Annotation

Objective of the study was to explore the effects of rhythmic workloads on the intra-hemispheric coherent communication formation process and on the heart rate control variability. Subject to the study were 30 young women of 17-20 years of age. The coherent communication was tested by a computerized Neuron-Spectrum Electroencephalograph System (made by NeuroSoft Research and Production Company based in Ivanovo, Russia).

The study showed that the low-frequency rhythmic workloads are associated with the intra-hemispheric short coherent communications being desynchronized, whilst the higher-frequency movements were found to help synchronize the cerebral electric activity. These changes were found to affect the heart rate control system, with the growing movement frequency being of strengthening effect on the autonomous control mechanism. We assume that the specific effects of different physical activity on the cortical processes are basically due to bioelectric activity patterns with variable coherence rates being formed in the cortex, the patterns being able to modulate the centralization level of the vegetative system control mechanisms.

Keywords: *heart rate variability, spectral analysis, coherency, rhythmic workload, electroencephalographic indices, EEG rhythms.*

Введение. Анализ вариабельности сердечного ритма является методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, в частности общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [6, 8].

Обработка электрофизиологической информации в современной биологии и медицине приобретает особую

важность [5]. Важна регистрация локального потенциала ансамбля клеток головного мозга человека, когерентное электромагнитное поле которого характеризуется детерминированными частотой и энергией. Целостность мозга как системы обеспечивается когерентностью циркулирующих в нем потоков сигналов [2]. Головной мозг, и особенно его кора, представляет собой переплетение тысяч функциональных систем разного приспособительного значения, из которого трудно выделить структуры, принадлежащие каждой из

Таблица 1. Уровень когерентности альфа- и тета-ритма в лобных и затылочных отведениях [Me (Q₁;Q₃)]

Отведения	Ритм	До нагрузки	S (slow)	M (medium)	F (fast)
Лобные	Альфа-ритм	0,74 (0,42;1)	0,62 (0,51;0,73)	0,47 (0,46;0,49)	0,63 (0,38;0,87)
Затылочные		0,95 (0,93;0,98)	0,76 (0,69;0,84)	0,74 (0,70;0,84)	0,88 (0,77;0,90)
Лобные	Тета-ритм	0,63 (0,63;0,99)	0,56 (0,49;0,73)	0,48 (0,46;0,51)	0,57 (0,45;0,90)
Затылочные		0,57 (0,52;0,98)	0,64 (0,55;0,72)	0,40 (0,38;0,52)	0,42 (0,39;0,53)

Таблица 2. Характеристика сердечного ритма с использованием спектрального анализа [Me (Q₁;Q₃)]

Показатель, мс ² /Гц	Этап наблюдения			
	до нагрузки	S (slow)	M (medium)	F (fast)
VLF	436,3 (257,9;600,3)	219,1*↓ (148,5;302)	61,6**↓ (37,3;102,3)	153,2 (93,7;342,4)
LF	1248,3 (922,6;1684,4)	653,5 (240,6;999,4)*↓	204,5**↓ (124,6;387,8)	484,5 (241,1;976,8)
HF	1512,6 (910,2;1907,2)	608,5*↓ (305,9;1037,2)	324,9**↓ (130,3;650,6)	561,9 (310,7;1689,1)

Примечание. * – достоверное различие при p<0,05 по сравнению с группой девушек, которые занимаются аэробикой M (medium) уровня; ** – достоверное различие при p<0,05 по сравнению с группой девушек, которые занимаются аэробикой в группе 3; ↓ – достоверное снижение показателя после нагрузки.

этих функциональных систем [1]. Интенсивность и характер двигательной активности влияют на закономерности формирования паттернов альфа-активности коры полушарий головного мозга [7].

Когерентность электрических сигналов мозга – количественный показатель синхронности вовлечения различных корковых зон при их взаимодействии. Высокая когерентность означает, что в двух точках регистрации электрических потенциалов имеет место совпадающая по частоте и константная по соотношению фаз активность. Когерентный анализ может послужить основой для оценки взаимосвязи физической и когнитивной активности [3, 4].

Цель исследования – изучение влияния различного уровня ритмической нагрузки на формирование внутриволнового когерентных связей и уровень регуляции сердечного ритма.

Методика исследования. Исследование было проведено на 30 девушках в возрасте от 17 до 20 лет. Для оценки уровня когерентных связей использовался компьютерный электроэнцефалографический комплекс серии «Нейрон-Спектр» (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия). Электроэнцефалограммы записывали монополярно в следующих отведениях: F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2 по системе «10-20%». ЭЭГ записывалась с закрытыми глазами в течение 1 мин до выполнения физической нагрузки и непосредственно после выполнения упражнений аэробной части занятия с различным уровнем ритмической нагрузки: S (slow) – 115–125 уд/мин, M (medium) – 125–140 уд/мин и F (fast) – 140–160 уд/мин продолжительностью 20-25 мин. Для изучения особенностей адаптации сердечно-сосудистой системы девушек к уровню ритмической нагрузки использовался метод кардиоинтервалографии.

Результаты исследования и их обсуждение. Занятия с ритмической нагрузкой S (slow) повышают максимальную мощность альфа- и бета-ритмов, что указывает на увеличение уровня готовности организма к физическим нагрузкам. Дальнейшее увеличение нагрузки до уровня M (medium) приводит к снижению мощности этих ритмов, что свидетельствует о выраженной психоэмоциональной усталости, снижении

концентрации внимания и нарастании утомления организма. При ритмической нагрузке F (fast) наблюдалось увеличение максимальной мощности дельта-ритма, что рассматривается как отражение усиления в структурах ЦНС тормозных процессов, в том числе носящих охранительный характер.

После ритмической нагрузки S (slow) и M (medium) уровень когерентности альфа-ритма снижались в затылочных областях (табл. 1).

Ритмическая нагрузка в 125–140 уд/мин и 140–160 уд/мин также снижала показатель когерентности тета-активности во всех отведениях. Увеличение уровня ритма со 115-125 до 140–160 уд/мин приводило к снижению уровня когерентности дельта-активности и доминирующей частоты в лобной области. В центрально-теменной области S (slow) нагрузка снижала уровень когерентности дельта-активности, в то время как F (fast) нагрузка восстанавливала ее до исходного уровня.

При нагрузке уровня S (slow) достоверно снижаются показатели LF, HF и VLF (табл. 2), что свидетельствует о преобладании центрального влияния на ритм сердца за счет снижения активности автономного центра регуляции.

Увеличение нагрузки до M (medium) уровня снизило показатель VLF, что говорит о снижении активности сердечно-сосудистого подкоркового нервного центра, а снижение показателя HF, характеризующего тонус вазомоторного центра, подтверждает предположение об усилении автономного влияния на ритм сердца. F (fast) уровень нагрузки увеличивает показатель VLF, что говорит об усилении активности подкоркового центра регуляции сердечным ритмом. Изменение ритма нагрузки со 125–140 до 140–160 уд/мин привело к увеличению LF, что подтверждает большую активность в данной группе вазомоторного центра, баро- и хеморецепторов. Судя по показателю HF, при увеличении ритма нагрузки до 160 уд/мин активность вагуса усиливается вместе с эрготропными и вагоинсулярными влияниями.

Вывод. Полученные результаты свидетельствуют о том, что ритмическая нагрузка с низкой частотой приводит к рассинхронизации коротких внутриволновых связей, в то время как более высокие частоты движений способствуют

синхронизации электрической активности. Эти изменения оказывают влияние на систему управления ритмом сердца – при нагрузке уровня S (slow) наблюдается преобладание центрального влияния на ритм сердца, увеличение нагрузки до уровня M (medium) способствует усилению автономного влияния, уровень F (fast) усиливает активность подкоркового центра регуляции сердечного ритма.

По-видимому, механизмы специфического влияния различных видов физической активности на корковые процессы имеют в своей основе формирование паттернов биоэлектрической активности коры с различной степенью когерентности, которые способны модулировать уровень централизации управления вегетативной системой.

Литература

1. Баланев Д.Ю. Перспективы применения методов мониторинга двигательной активности человека в спорте / Д.Ю. Баланев, Л.В. Капилевич, В.Г. Шилько // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 1. – С. 58-60.
2. Кабачкова А.В. Влияние уровня двигательной активности на пространственное распределение альфа-ритма электроэнцефалограммы / А.В. Кабачкова, Г.С. Лалаева, А.Н. Захарова, Л.В. Капилевич // Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 2. – С. 83-85.
3. Калинин Ю.Г. Влияние ритмо-темповой структуры на психофизиологические характеристики при занятиях аэробикой / Ю.Г. Калинин, Е.С. Иноземцева, Л.В. Капилевич // Теория и практика физ. культуры. – 2014. – № 9. – С. 98-101.
4. Калинин Ю.Г. Когерентный анализ ЭЭГ при физических нагрузках и звуковом сопровождении различной ритмо-темповой структуры / Ю.Г. Калинин, Е.С. Иноземцева, Э.В. Галажинский, Д.Ю. Баланев, Л.В. Капилевич // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 11. – С. 36-38.
5. Калинин Ю.Г. Влияние физических нагрузок и музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структурой на биоэлектрическую активность головного мозга / Ю.Г. Калинин, Е.С. Иноземцева, Э.В. Галажинский, Д.Ю. Баланев, Л.В. Капилевич // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 7. – С. 5-7.
6. Кошельская Е.В. Физиологические и биомеханические характеристики техники ударно-целевых действий футболистов / Е.В. Кошельская, Л.В. Капилевич, В.Н. Баженов и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2012. – Т. 153, № 2. – С. 235-237.
7. Лалаева Г.С. Влияние уровня двигательной активности на пространственное распределение тета-ритма электроэнцефалограммы / Г.С. Лалаева, А.Н. Захарова, А.В. Кабачкова // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2016. – № 1 (29). – С. 141-148.
8. Потовская Е.С. Применение анализа variability сердечного ритма для оценки функционального состояния организма студенток / Е.С. Потовская, А.В. Кабачкова, В.Г. Шилько // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – № 346. – С. 140-143.

References

1. Balanev D.Y. Perspektivy primeneniya metodov monitoringa dvigatel'noy aktivnosti cheloveka v sporte (Prospects of human motor activity monitoring methods in sport) / D.Y. Balanev, L.V. Kapilevich, V.G. Shil'ko // Teoriya i praktika fiz. kultury. – 2015. – № 1. – P. 58-60.
2. Kabachkova A.V. Vliyanie urovnya dvigatel'noy aktivnosti na prostranstvennoe raspredelenie alfa-ritma elektroentsefalogrammy (Effect of level of motor activity on spatial distribution of EEG alpha-rhythm) / A.V. Kabachkova, G.S. Lalaeva, A.N. Zakharova, L.V. Kapilevich // Teoriya i praktika fiz. kultury. – 2016. – № 2. – P. 83-85.
3. Kalinnikova J.G. Vliyanie ritmo-tempovoy struktury na psikhofiziologicheskie kharakteristiki pri zanyatiyakh aerobikoy (Influence of rhythm-tempo structure on physiological characteristics at aerobics classes) / J.G. Kalinnikova, E.S. Inozemtseva, L.V. Kapilevich // Teoriya i praktika fiz. kultury. – 2014. – № 9. – P. 98-101.
4. Kalinnikova J.G. Kogerentny analiz EEG pri fizicheskikh nagruzkakh i zvukovom soprovozhdenii razlichnoy ritmo-tempovoy struktury (EEG coherent analysis during exercise and musical accompaniment of different rhythm and tempo) / J.G. Kalinnikova, E.S. Inozemtseva, E.V. Galazhinskiy, D.Y. Balanev, L.V. Kapilevich // Teoriya i praktika fiz. kultury. – 2015. – № 11. – P. 36-38.
5. Kalinnikova J.G. Vliyanie fizicheskikh nagruzok i muzykal'nogo soprovozhdeniya razlichnoy ritmo-tempovoy strukturoy na bioelektricheskuyu aktivnost' golovnogo mozga (Impact of exercise and musical accompaniment of different rhythm and tempo on brain bioelectric activity) / J.G. Kalinnikova, E.S. Inozemtseva, E.V. Galazhinskiy, D.Y. Balanev, L.V. Kapilevich // Teoriya i praktika fiz. kultury. – 2015. – № 7. – P. 5-7.
6. Koshel'skaya E.V. Fiziologicheskie i biomekhanicheskie kharakteristiki tekhniki udarno-tselevykh deystviy futbolistov (Physiological and biomechanical characteristics of targeted kicking technique of football players) / E.V. Koshel'skaya, L.V. Kapilevich, V.N. Bazhenov et al. // Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny (Bulletin of Experimental Biology and Medicine). – 2012. – V. 153, № 2. – P.235-237.
7. Lalaeva G.S. Vliyanie urovnya dvigatel'noy aktivnosti na prostranstvennoe raspredelenie teta-ritma elektroentsefalogrammy (Effect of level of motor activity on spatial distribution of EEG theta rhythm) / G.S. Lalaeva, A.N. Zakharova, A.V. Kabachkova // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta (Bulletin of Novosibirsk State Pedagogical University). – 2016. – № 1 (29). – P. 141-148.
8. Potovskaya E.S. Primenenie analiza variablenosti serdechnogo ritma dlya otsenki funktsional'nogo sostoyaniya organizma studentok (Analysis of heart rate variability to assess functional state of female students: application features) / E.S. Potovskaya, A.V. Kabachkova, V.G. Shil'ko // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of Tomsk State University). – 2011. – № 346. – P. 140-143.

НОВЫЕ КНИГИ

АШКИНАЗИ С.М. ТЕХНИКО-ТАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В КОМПЛЕКСНЫХ (СМЕШАННЫХ) ЕДИНОБОРСТВАХ: МОНОГРАФИЯ / С.М. АШКИНАЗИ, К.В. КЛИМОВ. – СПБ.: «МАМАТОВ», 2016. – 145 С. (ИЗДАНИЕ 2-Е, ДОПОЛНЕННОЕ)

В монографии представлены результаты научных исследований, обобщение педагогического и учебно-тренировочного опыта подготовки спортсменов, занимающихся комплексными (смешанными) единоборствами, в первую очередь армейским рукопашным боем, универсальным боем и др. На основе анализа современного состояния технико-тактической подготовки в системе подготовки единоборцев разработаны классификации, содержание и методика технико-тактической подготовки в комплексных (смешанных) единоборствах, сочетающих ударную и бросковую технику спортивных единоборств.

Монография предназначена для студентов, магистрантов, аспирантов вузов физической культуры, курсантов и адъюнктов Военного института физической культуры, преподавателей, тренеров и специалистов спортивных и прикладных единоборств.