

УДК 612:766-611.81

СИНХРОНИЗАЦИЯ АЛЬФА- И БЕТА-РИТМОВ ЭЭГ ПРИ ЛОКАЛЬНОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Корюкалов Ю.И.

ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», Челябинск, e-mail: arhy82@mail.ru

Проведен анализ биотоков коры больших полушарий по данным ЭЭГ при выполнении локальной мышечной деятельности до утомления. Исследование проводили на испытуемых 18–25 лет, группу наблюдения составили спортсмены ациклических видов спорта, контрольную – не занимающиеся спортом, третью группу «релаксации» составили лица, регулярно занимающиеся психофизической саморегуляцией (ПФР). Показано доминирование альфа-активности у спортсменов как в затылочных, так и в лобно-центральных отделах, в отличие от контрольной группы. У испытуемых группы «релаксации» альфа-активность, как и у спортсменов, была хорошо выражена в лобно-центральных отведениях. При локальной нагрузке на эргографе наибольший рост спектральной мощности альфа-ритма отмечался в лобно-центральных отведениях с преобладанием в противоположном от работающей руки полушарии, сопровождавшийся синхронизацией альфа-активности. При этом у спортсменов продолжительность периода синхронизации альфа-активности на 15–25%, а работы до утомления на 15–30 с были больше, чем у нетренированных. В момент наступления утомления (отказа от работы) у всех испытуемых отмечался выраженный рост мощности бета-ритма. Получены новые данные об участии процессов синхронизации альфа-активности и росте мощности бета-ритма в развитии утомления при локальной работе мышц.

Ключевые слова: альфа-активность, локальная мышечная деятельность, утомление, спортсмены

ALPHA- AND BETA-WAVES SYNCHRONIZATION AS RECORDED BY MEANS OF EEG DURING LOCAL MUSCULAR PERFORMANCE

Koryukalov Y.I.

South Ural State University, Y.I. Koryukalov, Chelyabinsk, e-mail: arhy82@mail.ru

We have conducted an analysis of bioelectric activity of brain cortexes as recorded by means of EEG when local muscular performance until fatigue sets in. The research has been performed on subjects aged 18 to 25, of which athletes doing acyclic sports formed the study group, unfit subjects formed the control group, and subjects practicing psychophysical self-regulation (PSR) formed the «relaxation group». The analysis of alpha-activity suggests that alpha-waves predominated in the athletes in both occipital and fronto-central areas, in contrast to the control group. It is of interest to note that alpha-activity is as pronounced in the «relaxation group» subjects in the fronto-central areas as it is in the athletes. An increase in the spectral power of the alpha-waves in the fronto-central deflections is detected by an ergograph, which predominates in the brain hemisphere opposite to the performing hand, and is accompanied by an the alpha-waves synchronization. It is noteworthy that the alpha-activity synchronization period during local muscular performance is 15 to 25% longer in the athletes than in the unfit subjects and that it takes the athletes 15 to 30 s longer than the unfit subjects to perform until fatigue sets in. When the onset of fatigue, all the subjects demonstrate a significant increase in the beta-waves power, accompanied by a refusal to continue the work. Thus, we have obtained new data on the participation of the alpha-activity synchronization processes and the increase in the beta-waves power during local muscular performance.

Keywords: alpha activity, local muscular performance, fatigue, athletes

Главным регулятором биоритмов и обусловленных ими жизненных процессов, по мнению большинства авторов, выступает мозг. Согласно экспериментальным данным [3; 4; 8], феномен цикличности возврата возбуждений между структурами мозга возникает при отсутствии полезного приспособительного результата (мотивационные состояния) или в процессе «расогласования» (утомления), когда организм при поведенческой деятельности не достигает необходимого результата, а также для развития необходимого функционального состояния.

В частности, характер биоритмики биотоков мозга связан с индивидуальными особенностями механизмов саморегуляции и уровнем пластичности нейродинамических процессов [6]. При этом наибольшее внимание в процессах регуляции и изменения функционального состояния организма

уделяется изучению веретенообразных осцилляций 6–16 Гц [9; 11].

Однако процессы изменения веретенообразных осцилляций при различных формах двигательной активности, в том числе – при распространенной на производстве, в быту и спорте локальной мышечной деятельности недостаточно изучены. Для грамотного дозирования таких нагрузок необходимо всестороннее изучение центральных механизмов утомления при работе мышц.

Целью исследования явилось изучение характера биоэлектрической активности в альфа- и бета-диапазоне у спортсменов 18–25 лет при выполнении локальной мышечной деятельности до утомления.

Материалы и методы исследования

Испытуемыми-добровольцами являлись студенты и аспиранты ЮУрГУ в возрасте от 18 до 30 лет (всего 21 человек). Группу наблюдения составили

спортсмены, занимающиеся ациклическими видами спорта (I разряд – мс); контрольную группу составили испытуемые того же возраста и пола, не занимающиеся спортом (II группа). III – группу составили испытуемые 18–26 лет, регулярно занимающиеся психофизической саморегуляцией (ПФР).

При помощи прибора Нейрон-Спектр (Нейрософт, Россия) осуществляли многоканальную регистрацию ЭЭГ с 8 чашечных электродов, соединенных с ушными электродами и локализованных в соответствии с системой 10–20. Производили несколько функциональных проб: фоновая запись (ФЗ), состояние релаксации у лиц, занимающихся ПФР, выполнение локальной нагрузки (ЛН) поочередно правой и левой рукой на эргографе до утомления (отказа от работы) и фоновая запись восстановительного периода после каждой нагрузки; фотостимуляция на частоте 6 Гц и фоновая запись восстановительного периода после пробы. Частота квантования ЭЭГ составляла 250 Гц. Компьютерная электроэнцефалография включала спектральный и корреляционный анализ, осуществляемый по программному обеспечению фирмы разработчика.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ фоновой биоэлектрической активности мозга в состоянии покоя при открытых глазах (ФЗ) выявил определенные

различия у спортсменов и испытуемых контрольной группы («нетренированные»). Так, почти у всех спортсменов на электроэнцефалограммах выявлена альфа-активность в ФЗ, в отличие от испытуемых группы нетренированных, у которых она выявлялась лишь в 1/3 случаев. Доминирующая частота в обеих группах составила 10–10,5 Гц, хотя у спортсменов также выделяется пик на 7–8 Гц, что связывают с более развитой способностью к саморегуляции [7]. Анализ спектра альфа-активности у спортсменов выявил ее доминирование как в затылочных, так и в лобно-центральных отделах, при этом у большинства спортсменов мощность альфа-ритма была больше выражена в лобных отведениях, по сравнению с центральными (рис. 1), что подчеркивает возможность произвольного управления функциональным состоянием. У испытуемых же группы нетренированных альфа-активность прослеживается в основном лишь в затылочных областях; у большей части испытуемых в фоновой записи с открытыми глазами она преобладает в отведениях левого полушария.

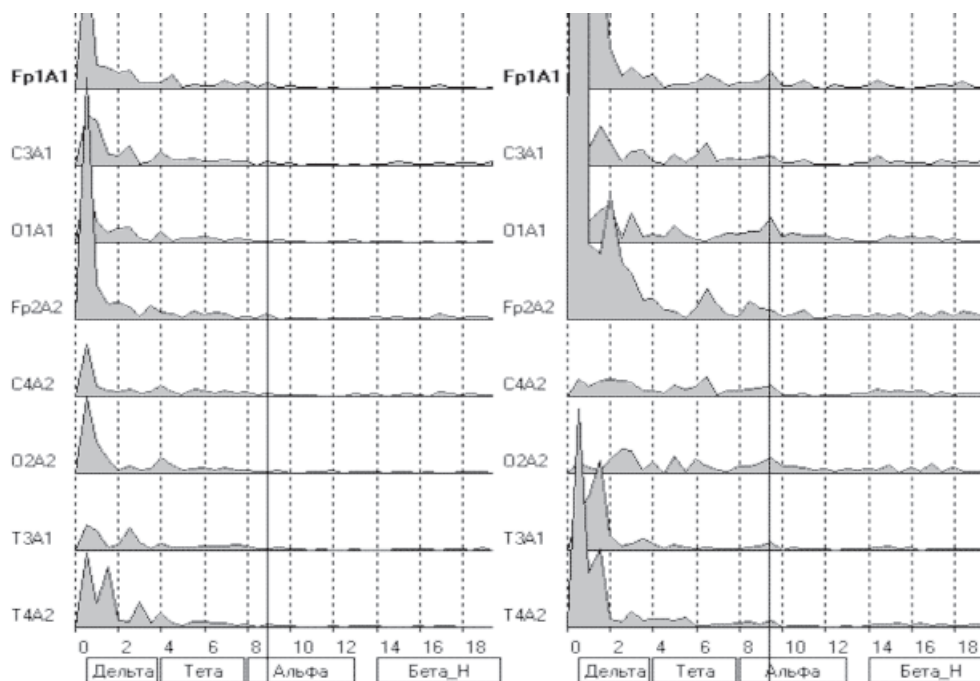


Рис. 1. Графики результатов анализа (Спектр и частоты). Фоновая запись с закрытыми глазами М:2. Левый график – контрольная группа, правый – спортсмены

Таким образом, для спортсменов, в отличие от нетренированных, в фоновой записи с открытыми глазами свойственно наличие альфа-активности, характеризующейся значительным индексом ритма в передних отделах полушарий.

Интересно, что у большинства испытуемых группы «релаксации» как в фоновой записи, так и при релаксации отмечено «расщепление» доминирующей частоты на два пика – низкочастотный (6–7 Гц) и среднечастотный (10–12 Гц); соотношение этих частот

составило $1,62 \pm 0,2$ (таблица). Это соотношение хорошо известно в литературе как «золотое сечение» [1; 2]. Интересно, что подобная

структура спектра ЭЭГ ранее была обнаружена в условиях формирования положительного психоэмоционального состояния [12].

Усредненные данные расщепления пика доминирующей частоты у испытуемых группы релаксации

ФИО	ФЗ	Релаксация
	Соотношение доминирующих частот	
К-ов	12/6,9	9,8/6,2
К-ий	9,8/6,1	10,2/6,5
Ш-ва	10,8/6,8	9,9/6,3
Т-ук	11/7	10,5/6,5
К-ов	10,4/6,7	9,5/6,1
Р-ат	10,5/7,2	10,4/6,6
К-ва	10,9/7	11/7
М ± m	$10,8 \pm 0,5/6,7 \pm 0,3 = 1,61 \pm 0,2$	$9,98 \pm 0,3/6,3 \pm 0,2 = 1,59 \pm 0,18$

Примечание. В числителе – доминирующая частота высокочастотного (ФЗ) и среднечастотного (релаксация) альфа-ритма, в знаменателе – доминирующая частота низкочастотного альфа-ритма.

В силу схожей выраженности параметров альфа-ритма с пиками низкочастотного (8 Гц) и среднечастотного (10 Гц) диапазона у спортсменов и лиц, занимающихся психофизической регуляцией, можно предположить, что испытуемые этих групп имеют большую гибкость нейродинамических процессов. Данная нейродинамическая гибкость развивается в ходе тренировок на фоне концентрации внимания, при которой отмечалась синхронизация биотоков между разными отделами мозга, а регулярная практика приводила к формированию устойчивых функциональных связей (меж-

ду нейронными сетями). Развитие таких устойчивых связей позволяет мобилизовать ресурсы для регуляции функционального состояния или достижения поставленной задачи [5].

Биоэлектрическая активность мозга при выполнении локальной нагрузки (рис. 2), выполняемой поочередно правой и левой рукой, практически у всех испытуемых характеризовалась ростом индекса альфа-ритма, который был большим при выполнении пробы второй рукой. Средняя доминирующая частота альфа-активности варьировала в обеих группах от 8 до 9 Гц.

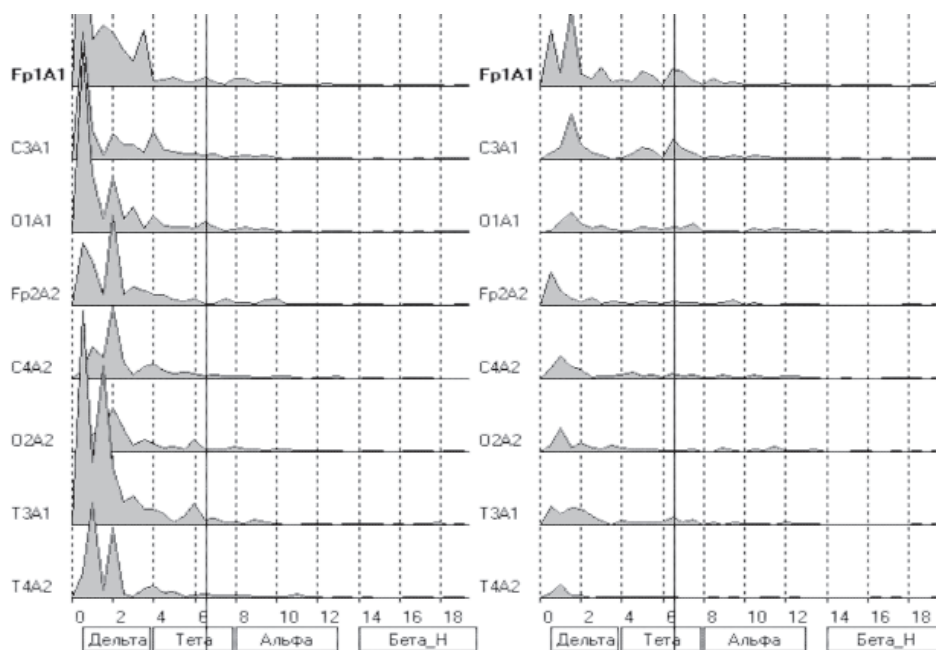


Рис. 2. Графики результатов анализа (Спектр и частоты). Спортсмены 814 с – 885 с, локальная нагрузка – начало восстановительного периода. М:2

Наибольший рост спектральной мощности волн альфа-диапазона отмечался в лобно-центральных отведениях с преобладанием в противоположном работающей руке полушарии, по выделенным отведениям отмечалась синхронизация биоэлектрической активности, при этом у спортсменов она наступала почти сразу с выполнения локальной нагрузки и длилась дольше на 15–25%, чем у нетренированных. Характерно, что время выполнения локальной нагрузки до утомления у спортсменов в среднем было на 15–30 с больше, чем у нетренированных. Непосредственно перед отказом от работы у всех испытуемых отмечалась депрессия альфа-ритма.

Анализ тета-активности выявил фазы перехода доминирующей частоты из альфа-диапазона в тета-диапазон и обратно с увеличением мощности тета-ритма. Такой переход совпадает с первыми субъективными признаками утомления и составляет в среднем 50% (контрольная группа) и 70% (группа

спортсменов) от общего времени выполнения нагрузки. Характерно, что время выполнения локальной нагрузки до утомления у спортсменов в среднем было на 15–30 с больше, чем у нетренированных. Непосредственно перед отказом от работы у всех испытуемых отмечалась депрессия альфа-ритма и отмечался резкий рост мощности бета-ритма в лобно-центральных отведениях.

В восстановительном периоде (рис. 3) наблюдались обратные переходы доминирующей медленной активности с тета-диапазона в альфа-диапазон. Так, основной пик спектральной мощности тета-ритма переходит в среднечастотную область альфа-диапазона (8–10 Гц). Наиболее проявлена альфа-активность в восстановительном периоде в левом полушарии во фронтально-окципитальном направлении у спортсменов и центрально-затылочном у не занимающихся спортом. Бета-активность выражена в полушарии, противоположном работающей руке, в лобных и затылочных отведениях.

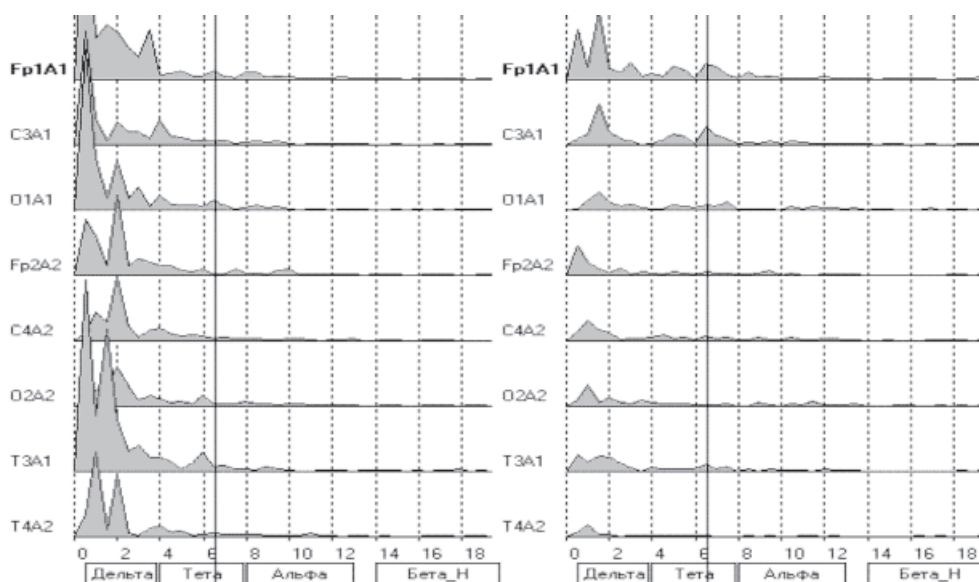


Рис. 3. Графики результатов анализа (Спектр и частоты). Спортсмены 814 с – 855 с., Локальная нагрузка – Восстановительный период. М:2

Заключение

Наши результаты о характере основных ритмов ЭЭГ свидетельствуют, что при выполнении локальной нагрузки начальные изменения претерпевают α и β -ритмы с развитием их синхронизации в лобно-центральных отведениях у спортсменов и центрально-затылочных у нетренированных, а изменения мощности спектра θ -ритма наступают позднее.

Таким образом, можно предположить, что синхронизация разных отделов коры больших полушарий в единую нейронную

сеть при функциональной нагрузке позволяет формировать необходимое функциональное состояние, а регулярная «тренировка» синхронизации биотоков мозга развивает более устойчивые связи между его отделами, интегрируя взаимодействие корковых и подкорковых структур для быстрой мобилизации ресурсов при выполнении конкретного действия. Исследования [10] подтверждают, что регулярная тренировка или практика выполнения различных заданий у студентов приводит к улучшению пластичности и развитию функциональных связей между отделами головного мозга.

Список литературы

1. Бундзен П.В. Современные тенденции в развитии технологий психической подготовки спортсменов // Ежегодный научный вестник ГАФК им. П.Ф. Лесгафта. СПб., 2000. – С. 40–44.
2. Быстров М.В. Всеединство золотой пропорции // Сознание и физ. реальность. – 1999. – Т. 4. – № 5. – С. 18.
3. Журавлев Б.В. Системный анализ активности нейронов мозга при пищедобывательном поведении животных. Нейроны в поведении. Системные аспекты. – М.: Наука, 1986. – 170 с.
4. Журавлев Б.В. Сравнительный нейрофизиологический анализ подкрепления и полезного приспособительного результата: логика и факты // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2012. – № 2. – С. 61–70.
5. Корякулов Ю.И. Изменение организации биоэлектрической активности мозга у спортсменов при локальной нагрузке // Вестник ЮУрГУ. Серия Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2013. – Т. 13. – № 2. – С. 143–146.
6. Сороко С.П. Возможности направленных перестроек параметров ЭЭГ у человека с помощью метода адаптивного биоуправления / С.П. Сороко, Т.Ж. Мусуралиев // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 5. – С. 5–8.
7. Попова Т.В. Влияние релаксационных психофизических упражнений на функциональное состояние организма / Попова Т.В., Максимова Г.И., Коурова О.Г. Корякулов Ю.И. // Научное обозрение. – 2013. – Вып. № 8. – С. 105–112.
8. Шумилина А.И., Журавлев Б.В., Шамаев Н.Н. Нейронные механизмы оценки животными результатов поведенческой деятельности // Вестник АМН СССР. – 1982. – № 2. – С. 21–26.
9. Ivanitsky A.M., Nikolaev A.R., Ivanitsky G.A. Cortical connectivity during word association search // Int. J. Psychophysiol. – 2001. – Vol. 42. – № 1. – P. 35–53.
10. Lebel, C., Walker, L., Leemans, A., Phillips, L., and Beaulieu, C. (2008). Microstructural maturation of the human brain from childhood to adulthood. *Neuroimage* 40, 1044–1055.
11. Nunez P., Wingeier B., Silberstein R. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of networks // Hum. Brain Mapp. – 2001. – Vol. 13. – P. 125–164.
12. Yoshida, H. Source models of sleep spindles using MEG and EEG measurements / H. Yoshida, K. Iramina, S. Ueno // Brain Topogr. – 1996. – Vol. 8, № 3. – P. 303–307.

References

1. Bundzen P.V. Modern technology trends mental training athletes // Annual Scientific Bulletin GAFK them. P.F. Lesgafta. St. Petersburg. 2000. pp. 40–44.

2. Bystrov, M.V. Unity golden ratio / M.V. Bystrov / Consciousness and physical reality. 1999. T. 4, no. 5. pp. 18.

3. Zhuravlev B.V. System analysis of neuronal activity of the brain in food-getting behavior of animals. Neurons in behavior. System aspects / B.V. Zhuravlev. Moscow: Nauka, 1986. 170 p.

4. Zhuravlev B.V. Comparative analysis of neurophysiological reinforcement and useful adaptive result : the logic and facts // Russian medical and biological messenger named after I.P. Pavlova, no. 2, 2012. pp. 61–70.

5. Koryukalov Y.I. Changing organization of brain bioelectric activity in athletes with local load / Y.I. Koryukalov // Herald SUSU. Series Education, health, physical culture, 2013, T 13, no. 2, pp. 143–146.

6. Soroko S.P. features aimed rearrangements EEG parameters in humans using the adaptive biocontrol / S.P. Soroko, T. J. Musuraliev // Human Physiology. 1995. T. 21, no. 5. pp. 5–8

7. Popova T.V. Effect of psychophysical relaxation exercises on the functional state of the organism / Popova T.V., Maksutov G.I., Kourova O.G. Koryukalov Y.I. // Journal «Scientific Review». edition no. 8 2013. pp. 105–112.

8. Shumilina AI Zhuravlev BV Shamaev NN Neural mechanisms for evaluating the results of animal behavioral activity. // Bulletin of the Academy of Medical Sciences of the USSR, 1982, no. 2 pp. 21–26.

9. Ivanitsky A.M., Nikolaev A.R., Ivanitsky G.A. Cortical connectivity during word association search // Int. J. Psychophysiol. 2001. Vol. 42. no 1. pp. 35–53.

10. Lebel, C., Walker, L., Leemans, A., Phillips, L., and Beaulieu, C. (2008). Microstructural maturation of the human brain from childhood to adulthood. *Neuroimage* 40, 1044–1055.

11. Nunez P., Wingeier B., Silberstein R. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of networks // Hum. Brain Mapp. 2001. Vol. 13. pp. 125–164.

12. Yoshida, H. Source models of sleep spindles using MEG and EEG measurements / H. Yoshida, K. Iramina, S. Ueno // Brain Topogr. 1996. Vol. 8, no. 3. pp. 303–307.

Рецензенты:

Кокорева Е.Г., д.б.н., доцент, профессор кафедры физического воспитания и спорта, Челябинский государственный университет, г. Челябинск;

Павлова В.И., д.б.н., профессор кафедры ТОФК, Челябинский государственный педагогический университет, г. Челябинск.

Работа поступила в редакцию 15.05.2014.