

**УДК 612.822.3.08**

## **ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ РИТМОВ ЭЭГ ЖИВОТНОГО ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ СЕАНСОВ БЕТА/ТЕТА ТРЕНИНГА**

**Фокина Ю.О., Куличенко А.М., Павленко В.Б.**

В хронических опытах на двух бодрствующих кошках исследовали спектральную мощность ритмов ЭЭГ после проведения сеансов обратной связи. Тренинги проводились по разработанной модели, в которой уровень звукового сигнала, подаваемый животному, снижался при увеличении отношения спектральных мощностей бета- и тета-ритмов ЭЭГ, зарегистрированной в лобном отведении. Показано, что в результате проведения таких сеансов статистически значимо увеличивается спектральная мощность бета-ритма в лобном и левом височном отведениях.

**Ключевые слова:** электроэнцефалограмма, обратная связь, бета/тета тренинг.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время все большее распространение в лечении психологических, неврологических и психосоматических состояний получает метод обратной связи по характеристикам ЭЭГ (ЭЭГ-ОС) [1 – 4]. Этот метод часто используется для лечения синдрома нарушения внимания и гиперактивности. При этом для коррекции нарушений проводятся тренинги ЭЭГ-ОС на увеличение бета- и снижение тета-ритма ЭЭГ, которые улучшают уровень произвольного внимания и самоконтроль у детей [5 – 7]. Однако вопрос о механизмах, лежащих в основе изменений спектральной ритмики электроэнцефалограммы во время сеансов ЭЭГ-ОС остается открытым. Безусловно, первым звеном таких исследований являются эксперименты на животных. При этом вначале необходимо разработать модель для обучения животного управлять ритмами своей ЭЭГ. В предложенной нами модели во время записи животному подается громкий раздражающий шум. Компьютерная программа регулирует уровень громкости звукового сигнала в зависимости от спектральной мощности (СМ) определенного ритма ЭЭГ животного. Поскольку ритмы ЭЭГ спонтанно меняются, меняется и громкость звукового сигнала. Рост мощности определенного ритма совпадает по времени с уменьшением громкости раздражающего шума. В результате у кошки вырабатывается условный рефлекс – ритмы ЭЭГ меняются так, что громкость подаваемого звукового сигнала становится тише. Целью настоящего исследования является доказательство эффективности предложенной нами модели на примере проведения сеансов бета/тета тренинга.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на двух бодрствующих кошках, весом 2,5-4 кг. Животных предварительно оперировали под общим наркозом. В процессе операции на костях черепа (над лобной, правой и левой височными и затылочной областями коры) располагали электроды для монополярного отведения ЭЭГ. Референтный электрод располагали на лобной кости. Через 5 – 7 дней после операции начинали проводить сеансы ЭЭГ-ОС. Во время экспериментов животное располагалось в гамаке и находилось в состоянии спокойного бодрствования. ЭЭГ регистрировали с помощью электроэнцефалографа Bioscrypt BST – 112, сигнал от которого через лабораторный интерфейс SDI-ADC16-16 поступал на вход компьютера с частотой оцифровки 200 Гц. Рассчитывали мощность ЭЭГ в следующих частотных диапазонах: 1-3 Гц (дельта-ритм); 4-7 Гц (тета-ритм); 8-13 Гц (альфа-ритм); 14-30 Гц (бета-ритм); 31-48 Гц (гамма-ритм).

Сеансы ЭЭГ-ОС проводили по следующей схеме: регистрация фоновых показателей (первая мин), подача звукового сигнала ОС (белый шум, вторая-шестая мин), последствие (седьмая мин). Управляемым параметром являлась интенсивность белого шума, которая менялась в зависимости от отношения СМ бета-ритма к СМ тета-ритма (в пределах 70-80 дБ), при этом, чем больше было значение данного соотношения, тем меньшую громкость имел белый шум. Всего проводили 50 - 70 таких сеансов. Данные эксперимента фиксировались в памяти компьютера и в последующем обрабатывались. СМ ритмов ЭЭГ вычисляли с помощью быстрого преобразования Фурье. Дальнейшую обработку и анализ экспериментальных данных проводили с использованием непараметрического критерия Вилкоксона [8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе изменения СМ каждого ритма ЭЭГ, зарегистрированной во всех исследованных отведениях, после проведения сеансов ОС на увеличение отношения мощностей бета- и тета-ритмов ЭЭГ в лобном отведении, по сравнению с исходными значениями, выявлена общая тенденция к увеличению СМ бета-ритма и снижению СМ тета-активности в составе ЭЭГ бодрствующей кошки (рис. 1). При этом, статистически значимые различия ( $P < 0,05$ ) были выявлены только для СМ бета-ритма в составе ЭЭГ, зарегистрированной в лобном и левом височном отведениях. Так, СМ бета-ритма ЭЭГ, отведенной от лобного локуса, после проведения всех сеансов ОС на увеличение отношения мощностей бета- и тета-ритмов составила в среднем  $124,0 \pm 7,74$  %, относительно значений в исходном состоянии принятых за 100% (рис. 1, А). СМ бета-ритма ЭЭГ, зарегистрированной в левом височном локусе, после проведения таких сеансов составила в среднем  $120,5 \pm 8,51$ % (рис. 1, В).

Таким образом, в настоящем исследовании показано, что изменения спектральных компонентов ЭЭГ, зарегистрированной после проведения сеансов ОС имеют пространственно распределенный характер и выявляются во всех исследованных отведениях. При этом наибольший уровень таких изменений проявляется в лобном и левом височном отведениях. Эти данные согласуются с

данными Любара с соавт., в которых показано, что в результате проведения курса нейротерапии, в котором тренируемым параметром являлось отношение мощности тета-ритм/бета1-ритм, это отношение, по сравнению с данными до лечения, значительно уменьшалось в ЭЭГ по всей поверхности головы, несмотря на то, что сеансы ЭЭГ-ОС проводились по одному биполярному отведению по средней линии [9].

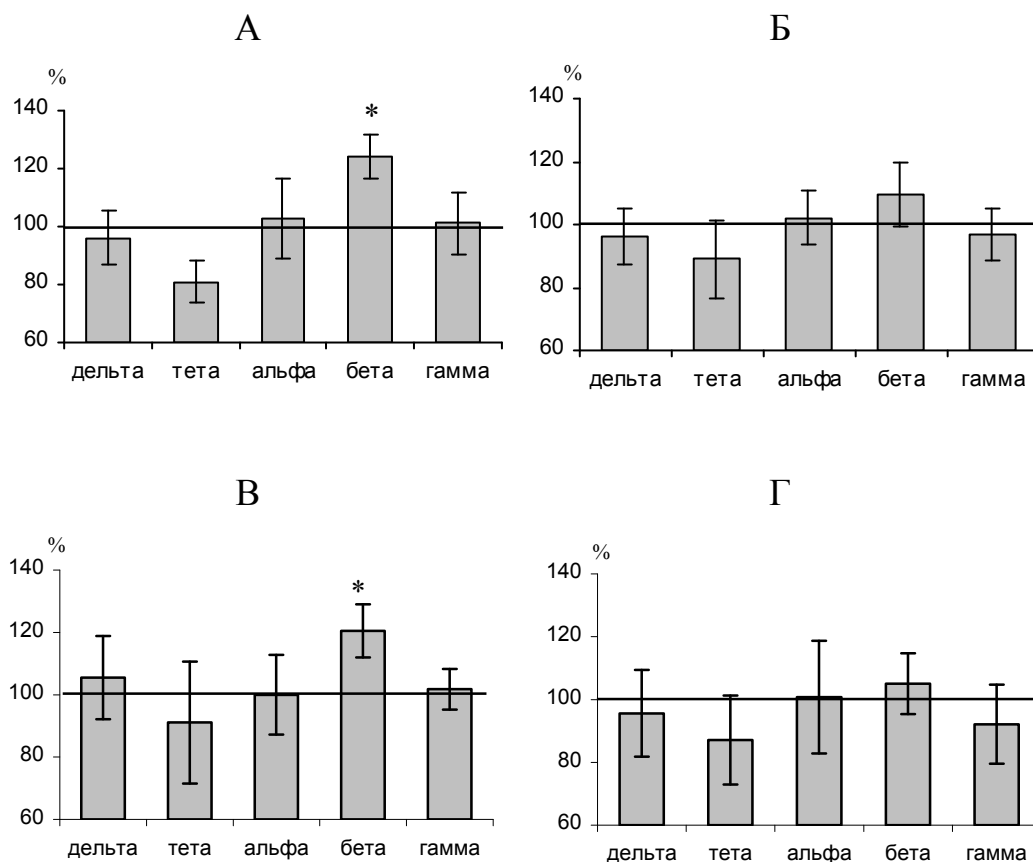


Рис. 1. Изменение спектральной мощности ритмов ЭЭГ, в каждом из исследованных отведений после проведения сеансов обратной связи на увеличение отношения мощностей бета- и тета-ритмов ЭЭГ, зарегистрированной в лобном отведении относительно исходных значений принятых за 100%.

А – лобное отведение, Б – затылочное отведение, В – левое височное отведение, Г – правое височное отведение.

Звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с исходными значениями при  $P < 0,05$ .

Известно, что СМ бета-активности связана с интенсивностью когнитивных процессов, в частности с процессами обработки стимулов во фронтальных зонах коры [10, 11] – этим, вероятно, можно объяснить наибольшее увеличение бета-ритма в лобном отведении. В тоже время, Амзика с соавт. [12] показали возможность обучения кошек генерировать быстрые (20-50 Гц) осцилляции с помощью инструментального условного рефлекса. Показано, что кошки пространственно избирательно увеличивали генерацию групп быстрых осцилляций в моторной коре (поле 4) до 140%. В работах В.А. Гринь-Яценко с соавт. [5, 6] показано, что в течение 4-минутных периодов тренинга испытуемым удавалось повысить показатель отношения мощности бета1-ритма к мощности колебаний остальной части спектра ЭЭГ на 30-100%. Установлено, что повышение этого отношения достигалось за счет снижения мощности низкочастотных составляющих спектра ЭЭГ при одновременном увеличении уровня бета1-активности. Достоверный рост СМ бета-ритма в левом полушарии можно объяснить тем, что левое полушарие в большей степени отвечает за специализированную организацию внимания в соответствии с особенностями задачи [13]. Исходя из этого логично предположить, что при проведении бета/тета тренинга животное условно-рефлекторно обучалось концентрировать внимание при подаче сигнала ОС, что в рисунке текущей ЭЭГ проявлялось увеличением мощности бета-ритма.

Таким образом, после проведения сеансов ЭЭГ-ОС отношение мощностей бета- и тета-ритмов растет за счет увеличения СМ бета-ритма и снижения СМ тета-активности в составе ЭЭГ бодрствующей кошки. Изменения спектральных компонентов ЭЭГ после проведения сеансов ОС имеют широко-распространенный характер и проявляются во всех исследованных отведениях. При этом наибольший уровень таких изменений проявляется в лобном и левом височном отведениях.

## ВЫВОДЫ

1. Сеансы обратной связи по характеристикам ЭЭГ, направленные на рост бета/тета отношения в лобном отведении ЭЭГ приводят к значительному увеличению спектральной мощности бета-ритма и снижению спектральной мощности тета-ритма во всех исследованных отведениях.
2. Эффект изученных сеансов выражается в статистически значимом росте спектральной мощности бета-ритма лобного и левого височного отведения.

## Список литературы

1. Кропотов Ю. Д. Лечение детей с синдромом нарушения внимания с гиперактивностью при помощи метода ЭЭГ-биологической обратной связи / Ю. Д. Кропотов, В. А. Гринь-Яценко, Л. С. Чутко [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2002. – Т. 47, № 3. – С. 37–40.
2. Штарк М. Б. Применение электроэнцефалографического биофидбека в клинической практике / М. Б. Штарк, А. Б. Скок // Биоуправление-3: Теория и практика. – С. 131–141.
3. Egner T. EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials / T. Egner, J. H. Gruzelier // Clin. Neurophysiology. – 2004. – V. 115, № 1. – P. 131–139.

4. Linden M. A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities / M. Linden, T. Habib, V. Radojevic // Biofeedback and self-regulation. – 1996. – V. 21, № 1. – P. 35–49.
5. Гринь-Яценко В. А. Влияние биологической обратной связи по сенсомоторному ритму и бета-1 ритму ЭЭГ на параметры внимания / В. А. Гринь-Яценко, Ю. Д. Кропотов, В. А. Пономарев [и др.] // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 3. – С. 5–13.
6. Кропотов Ю. Д. Метод ЭЭГ-биоуправления в лечении синдрома нарушения внимания и гиперактивности у детей / Ю. Д. Кропотов, В. А. Пономарев, В. А. Гринь-Яценко // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – № 4. – С. 126–135.
7. Lubar J. F. Neocortical dynamics: implication for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention / J. F. Lubar // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 1997. – V. 22, № 2. – P. 111–126.
8. Наследов А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных : учебное пособие / Андрей Дмитриевич Наследов. – СПб. : Речь, 2004. – 392 с. – (3-е изд., стереотип.).
9. Lubar J. F. Quantitative EEG and auditory event related potentials in the evaluation of attention deficit disorder: Effects of Methylphenidate and implications for neurofeedback training / J. F. Lubar, M. O. Swartwood, J. N. Swartwood [et al.] // J. Psychoeducational Assessment ( Monograph series, Special ADHD Issue). – 1995. – P. 143–160.
10. Gomez C. M. Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention / C. M. Gomez, M. Vazquez, E. Vaquero // Int. J. Neurosci. – 1998. – V.95, № 1-2. – P. 17–32.
11. Jensen O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O. Jensen, P. Goel, N. Kopell [et al.] // NeuroImage. – 2005. – Vol. 26, № 2. – P. 347–355.
12. Amzica F. Instrumental conditioning of fast (20- to 50-Hz) oscillations in corticothalamic networks / F. Amzica, D. Neckelmann, M. Steriade // Neurobiology. – 1997. – V. 94. – P. 1985–1989.
13. Posner M. I. The attention system of the human brain / M. I. Posner, S. E. Peterson // Ann. Rev. Neurosci. – 1990. – V.13, № 1. – P. 25–42.

*Фокина Ю.О., Куличенко А.М., Павленко В.Б. Зміни спектральної потужності ритмів ЕЕГ тварини після проведення сеансів бета/тета тренінгу // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т.22 (61). – № 2 – С. 140-144.*

У хронічних досвідах на двох бадьорих котів вивчали спектральну потужність ритмів ЕЕГ після проведення сеансів зворотнього зв'язку. Тренінги проводилися по розробленій моделі, у якій рівень звукового сигналу, що подавався тварині, зменшувався при збільшенні відносини спектральних потужностей бета- і тета-ритмів ЕЕГ, зареєстрованої в лобовім відведенні. Показане, що в результаті проведення таких сеансів статистично значиме збільшується спектральна потужність бета-ритму в лобовому й лівому скроневому відведеннях.

**Ключові слова:** електроенцефалограма, зворотний зв'язок, бета/тета тренінг.

*Fokina Yu.O., Kylichenko A.M., Pavlenko V.B. The changes of spectral power EEG rhythms of animal after realization beta/teta session // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 2. – P. 140-144.*

The spectral power of EEG rhythms after biofeedback sessions on two wakeful cats is investigated. EEG biofeedback sessions were carried out based on elaborated sheme, in which the level of audio signal given to an animal, diminished when the relation of powers of beta- and teta-rhythms recorded in frontal area is increased. It is revealed, that spectral power of beta-rhythm in frontal and left temporal leads is significant increased after EEG biofeedback sessions.

**Keywords:** electroencephalogram, neurofeedback, beta/teta session.

*Поступила в редакцію 19.05.2009 з.*