

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© Муртазина Е.П., 2012
УДК 616.89-008.441.42

**ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗЛИЧНЫХ ТАКТИК ДОСТИЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТА
СЕНСОМОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СО СПЕКТРАЛЬНО-КОГЕРЕНТНЫМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ФОНОВЫХ ЭЭГ ИСПЫТУЕМЫХ**

Е.П. Муртазина

ФГБУ «НИИ Нормальной физиологии имени П.К. Анохина» РАМН, г. Москва

Проведённый корреляционный анализ показал, что уровень спектральной мощности тета ритма фронтальной и теменной коры левого полушария был обратно-пропорционален успешности, стабильности, устойчивости к рассогласованию после ошибок и положительно коррелировал, как и мощности альфа-1 ритма теменной и зрительной областей коры правого полушария головного мозга, с результативностью в баллах и рискованностью испытуемых. Мощности бета 1 ритма ЭЭГ центральных, теменных и затылочных областей коры головного мозга были взаимосвязаны с успешностью у испытуемых с обеими тактиками выполнения зрительно-моторного теста. Обнаружены ассиметрия и различное структурное представление взаимосвязей тактик результативности и характеристик фоновых ЭЭГ испытуемых.

Ключевые слова: сенсомоторная деятельность, корреляционный анализ, нейрофизиологические механизмы, электроэнцефалограммы.

Исследование нейрофизиологических механизмов и выявление наиболее информативных критериев для оценки и прогноза успешности целенаправленной деятельности человека является одним из приоритетных направлений современной психофизиологии. Анализ электроэнцефалограмм (ЭЭГ) испытуемых в различных тестовых заданиях позволил многим авторам выявить взаимосвязь характеристик ЭЭГ (спектрально-когерентных, амплитудных и др.) с особенностями протекания когнитивных процессов у человека. Установлена взаимосвязь индивидуальных особенностей выраженности тета и бета-2 ритмов в фоновой ЭЭГ у лиц, отличающихся успешностью решения эвристических задач в зависимости от личностных качеств, таких как креативность, выраженность рациональных или иррациональных психических свойств [4]. Выявлены влияния различных по знаку

эмоций [1], а также вербально или невербально они выражены, на мнестическую и мыслительную деятельность в зависимости от мощности ЭЭГ в низкочастотных (дельта и тета) и высокочастотных (бета, гамма) диапазонах ритмов. Показано, что преобладание в фоновой ЭЭГ низкого или высокого диапазонов альфа ритма и синхронизация тета ритма может рассматриваться в качестве прогностического критерия результативности в заданиях, требующих запоминания, последующего воспроизведения и предсказания местоположения стимулов [3, 5]. В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования был анализ корреляционных связей мощностей отдельных ритмов исходных ЭЭГ и когерентности различных областей коры головного мозга испытуемых с показателями различных тактик достижения результативности деятельности при выполнении зрительно-моторного теста.

Материалы и методы

В обследовании приняли участие 16 добровольцев (праворукие, 11 юношей и 5 девушек в возрасте 18-24 лет). Им предлагалось выполнить разработанный нами компьютерный зрительно-моторный тест «Стрелок» [2]. В тесте испытуемый должен попадать по движущейся на экране компьютера мишени, с помощью луча, управляемого компьютерной «мышью». Чем ближе к месту вылета мишени производился «выстрел», тем выше начислялся балл за попадания (10-20) или за промахи (0,1-9,9). В ходе тестирования на экране монитора демонстрировался результат («Попадание!», «Промаш!»), «Пропуск!») и балл за каждую попытку, а также суммарные баллы в сериях попыток. Индивидуально-типологические особенности тактик целенаправленной деятельности испытуемых оценивались по результативности (в баллах и в % попаданий), стабильности деятельности, уровню рискованности, устойчивости к процессам рассогласования после ошибок. Коэффициент рискованности оценивался по координатам «выстрелов», а коэффициент устойчивости к рассогласованию после ошибок – по соотношению последующий результативных или ошибочных действий.

Протокол обследования испытуемых, одобренный этической комиссией ФГБУ НИИ нормальной физиологии им. П.К.Анохина, включал следующие этапы: регистрация исходной электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в состоянии оперативного покоя (3 мин.), чтение инструкции, выполнение теста «Стрелок», включавшего 6 серий по 10 попыток в каждой. ЭЭГ регистрировалась униполярно по международной системе 10-20 с открытыми глазами во фронтальных (Fp1, Fp2), теменных (T3, T4), центральных (C3, C4) и затылочных (O1, O2) отведениях с помощью компьютерной системы «Нейрон-Спектр-1» (ООО "Нейрософт", Иваново, РФ). Рассчитывались индексы мощностей спектра в следующих частотных диапазонах ритмов ЭЭГ: тета (θ : 4-8 Гц), альфа-1 (α_1 : 8-10 Гц), альфа-2 (α_2 : 10-13 Гц), бета-1 (β_1 : 13-20 Гц), бета-2 (β_2 : 20-35 Гц). Вычислялась суммарная когерентность и средняя

частота когерентности ритмов ЭЭГ по продольно-поперечной (внутри- и межполушарной) схеме пар отведений. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы SPSS 6.0, включая описательные статистики и корреляционный анализ по Пирсону.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены данные корреляционного анализа взаимосвязей показателей выполнения теста «Стрелок» со спектральными характеристиками ЭЭГ, в ячейках таблицы приведены только те структуры, для которых выявлены достоверно высокие коэффициенты корреляции (КК).

В проведенных нами ранее исследованиях было показано, что испытуемые в процессе выполнения теста выбирали 3 тактики достижения результата: осторожную – стреляя только в правом секторе, практически не осуществляя встречного по отношению к мишени движения лучом; рискованную – стараясь попасть по мишени ближе к месту её вылета и промежуточную. Первая тактика позволяла испытуемым набрать больший процент попаданий, однако баллы за каждый из них были невысокими. Рискованные испытуемые получали за каждое попадание более высокие баллы, но с меньшей вероятностью попаданий [2].

Корреляционный анализ взаимосвязей показателей различных тактик достижения результата показал, что чем ниже были индексы тета ритма во фронтальных и теменных областях левого полушария головного мозга, тем успешнее была деятельность испытуемых, выраженная в % попаданий и стабильности. Противоположным образом были взаимосвязаны индексы тета и альфа-1 ритмов с уровнем рискованности и результативность в баллах. Обнаружены достоверно высокие положительные КК результативности (в баллах) и рискованности с индексами спектральной мощности тета и альфа-1 ритмов в затылочной и теменной областях правого полушария. Чем выше были спектральные мощности в обозначенных структурах, тем более рискованная тактика результативности проявлялась у испытуемых при деятельности.

Таблица 1

Корреляционные взаимосвязи между спектрально-когерентными характеристика фоновых ЭЭГ испытуемых и показателями выполнения зрительно-моторного теста «Стрелок»

Характеристик и ЭЭГ: Спектр. плотность мощности ритма	% попаданий	Стабильность деятельности	Результативность в баллах	Рискованность	Устойчивость к рассогласованию
Тета	Fp1 КК=-0,52** T3 КК=-0,55**	Fp1 КК= - 0.59 **	O2 КК= + 0.58 **	O2 КК=+ 0.61 **	T3 КК= - 0.53 **
Альфа 1	-	-	O2 КК= + 0.47* T4 КК=+0.62 ***	T4 КК=+0.62 ***	-
Альфа 2	-	-	-	-	-
Бета 1	C3 КК= +0,47* T3 КК= +0,47*	C3 КК=+0.59 ** T3 КК= +0.49*	O2 КК= +0.58 **	O2 КК= +0.46 *	-
Бета 2	-	-	-	-	-
Суммарная когерентность	-	-	-	O1-C3 КК= + 0,45 *	C3-C4 КК=+0,61 *** O1-O2 КК= + 0,46 *
Средняя частота когерентности	-	-	-	-	O1-C3 КК= - 0,45 * O2-C4 КК= - 0,84 *** O1-O2 КК= + 0,49 **

Обозначения. Области коры головного мозга: Fp1, Fp2 – фронтальные; T1, T2 – теменные; C1, C2 – центральные; O1, O2 – зрительные. КК – коэффициент корреляции. * – $p < 0.1$, ** – $p < 0.05$, *** – $p < 0.01$

Взаимосвязей показателей тактик достижения результатов зрительно-моторного теста со спектральными характеристиками фоновых ЭЭГ в альфа-2, бета-2 диапазонах ритмов не обнаружено.

Выявлено, что индексы спектральной мощности бета-1 ритма фоновых ЭЭГ имеют достоверно высокую корреляционную взаимосвязь с показателями выполнения зрительно моторного теста. Процент попаданий и стабильность деятельности при выполнении зрительно-моторного теста имели положительную корреляционную взаимосвязь с индексами спектральной мощности бета-1 ритмов в левых центральных и теменных областях

коры. Также чем выше был индекса спектральной мощности бета-1 ритма исходной ЭЭГ испытуемых в зрительной зоне коры правого полушария, тем выше последующий уровень рискованности и результативности в баллах.

Таким образом, корреляционный анализ спектральных характеристик фоновых ЭЭГ испытуемых с тактиками достижения результативности сенсомоторной деятельности позволил выявить достоверные взаимосвязи, но различающиеся по структурному представительству областей различных полушарий головного мозга. Осторожная тактика с высоким процентом попаданий и стабильно-

стью деятельности имела обратно пропорциональные связи с тета ритмом и положительные с бета-1 ритмом фронтальных, центральных и теменных областей коры левого полушария. Тогда как высокая рискованность и результативность в баллах имели противоположные по знаку (положительные) корреляционные взаимосвязи со спектральными мощностями тета, альфа-1 и бета-1 ритмов зрительных и теменных зон правого полушария.

Когерентность ритмов ЭЭГ между различными областями коры головного мозга испытуемых была достоверно взаимосвязана с показателями рискованности и устойчивости к процессам рассогласования после ошибочных действий. Уровень рискованности положительно коррелировал с когерентностью ритмов ЭЭГ между центральной и затылочной областями коры левого полушария. А показатель устойчивости к рассогласования после ошибок имел достоверные положительные КК с межполушарной когерентностью центральных и зрительных областей коры головного мозга.

Ассиметрию тета-ритмов во фронтальных областях коры при выполнении моторных задач и особенно активацию лево-полушарной её области многие авторы связывают с процессами планирования и подготовки к сенсо-моторной деятельности. Затылочно-теменные же области коры в большей степени ответственны за процессы избирательного внимания и зрительно-моторной координации. Velasques В с соавторами [8] было показано, что в процесс выполнения двигательных задач большой вклад вносит увеличение асимметрии и активность левой фронтальной и правой затылочно-теменных областей коры в тета диапазоне частот.

Активность бета ритма ЭЭГ связывают с процессами интеграции афферентно-эфферентных возбуждений, которая в большей степени проявляется в сенсорных, сенсо-моторных и моторных областях коры [7]. С этими фактами согласуются и наши данные о положительной корреляции бета-1 ритма в зрительной и центрально-теменных зонах коры с успешностью зрительно-моторной деятельности.

Многими авторами показано, что обратная связь о результатах деятельности, например результатах выигрыша или проигрыша предыдущих ставок отражается в стереотипных изменениях энцефалограмм и вызванных потенциалов испытуемых, включая медио-фронтальную негативную волну, компонентах Р300 и увеличение тета-ритма ЭЭГ во фронтальных областях коры. Причем индуцированный обратной связью тета ритм в большей степени возрастал в ситуации с относительно низкой рискованностью игровых ставок с меньшим вознаграждением [6]. Многие авторы приходят к заключению о том, что ведущую роль в оценке вероятности подкрепления, рискованности выбора играет передняя цингулярная кора, которая может быть и источником последующей генерализованной активации, особенно во фронтальных областях коры в процессах детекции ошибок и при выборе стратегий поведения [9].

Таким образом, спектральная мощность и асимметрия тета-ритма фоновых ЭЭГ в различных областях коры головного мозга испытуемых может служить прогностическим критерием для выявления различных тактик достижения результативности последующей целенаправленной сенсо-моторной деятельности.

Выводы

1. Показано, что высокий уровень спектральной мощности тета ритма был обратно-пропорционален доли успешных попыток, стабильности деятельности, устойчивости к рассогласованию после ошибок и положительно коррелировал с результативностью в баллах, рискованностью.

2. Уровень спектральной мощности альфа 1 диапазона ритмов в теменной и зрительной областях коры правого полушария головного мозга испытуемых был взаимосвязан с рискованной тактикой результативности испытуемых.

3. Выявлены наиболее выраженные положительные корреляционные взаимосвязи показателей выполнения сенсо-моторного теста с мощностью бета 1 диапазона ЭЭГ центральных, теменных и

затылочных областей коры головного мозга испытуемых.

4. Когерентность активностей межцентральных, межзатылочных и левых фронтально-затылочных областей коры коррелировала с устойчивостью к рассогласованию и рискованностью, соответственно.

5. Противоположные тактики достижения результатов зрительно-моторной деятельности были взаимосвязаны с активностью тета, альфа-1 и бета-1 ритмов фоновых ЭЭГ испытуемых в разных полушариях головного мозга.

Литература

1. Афтанас Л.И. Эмоциональное пространство человека: психофизиологический анализ / Л.И. Афтанас. – Новосибирск: Изд-во «СО РАМН», 2000. – 126 с.
2. Гуляева С.И. Особенности двигательной активности и сердечной деятельности человека при выполнении теста «Стрелок» / Е.П. Муртазина, Б.В. Журавлев // ЖВНД. – 2002. – Т. 52, №1. – С. 17-24.
3. Коробейникова И.И. Связь пространственной синхронизации биопотенциалов тета-диапазона ЭЭГ человека с разной успешностью выполнения зрительно-пространственных задач / И.И. Коробейникова // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, № 5. – С. 26-34.
4. Разумникова О.М. Индивидуальные особенности полушарной активности, определяющие успешность решения эвристической задачи / О.М. Разумникова // Ассиметрия. – 2009. – Т. 3, №1 – С. 37-50.
5. Умрюхин Е.А. Успешность выполнения тестовых заданий студентами с различными спектральными характеристиками α -ритма фоновой электроэнцефалограммы / И.И. Коробейникова, Н.А. Каратыгин // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 5. – С. 33-39.
6. Christie G.J. Right frontal cortex generates reward-related theta-band oscillatory activity / G.J. Christie, M.S. Tata // Neuroimage. – 2009. – Vol. 48, №2. – P. 415-422.
7. Getloff C. Functional coupling and regional activation of human cortical motor areas during simple, internally paced and externally paced finger movements / J. Richard [et al.] // Brain. – 1998. – Vol. 121. – P. 1513-1531.
8. Velasques B. Cortical asymmetry. Catching an object in free fall / Machado S, Portella CE [et al.] // Arq Neuropsiquiatr. – 2007. – Vol. 65, №3-A. – P. 623-627.
9. Yu R. Rapid Processing of both reward probability and reward uncertainty in the human anterior cingulate cortex. / W. Zhou, X. Zhou // PLoS ON. – Vol. 6, Is. 12. – P. 1-7 (e29633).

**THE RELATIONSHIP OF THE DIFFERENT TACTICS TO ACHIEVE
THE RESULT OF THE SENSO-MOTOR ACTIVITY
WITH THE SPECTRAL CHARACTERISTICS AND COHERENT
OF THE BACKGROUND EEG OF THE SUBJECTS**

E.P. Murtazina

Correlation analysis showed that the level of spectral power of the theta rhythm in the frontal and parietal cortex of the left hemisphere was inversely proportional to success, stability, sustainability of an inconsistent after errors and positively correlated, as well as capacity alpha-1 rhythm of the parietal and visual areas of the cortex of the right hemisphere of the brain, to the effectiveness of the points and risky nature of the subjects. Power beta 1 rhythm EEG central, parietal and occipital areas of the brain cortex are interconnected with the success of the subjects with both tactics of implementation the visual-motor test. Found asymmetry and different structural representation of the linkages tactics performance and characteristics of the background EEG test subjects.

Key words: sensorimotor activity, correlation analysis, the neurophysiological mechanisms of the electroencephalogram.

Муртазина Елена Павловна – ФГБУ «НИИ нормальной физиологии им.П.К.Анохина» РАМН.

125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8, кв. 228.

Тел.: 8(499)231 00 48 – раб.

+7(915)459 54 11 – моб.

E-mail: murtazina@yandex.ru .