

**КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«КОГНИТИВНАЯ НАУКА  
В МОСКВЕ: НОВЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ»**

**16 ИЮНЯ 2011 г.**

**ТЕЗИСЫ**



Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

# **ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОРКОВЫХ ЗОН В ПРОЦЕССЕ ВЫРАБОТКИ СТРАТЕГИИ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. АНАЛИЗ КОГЕРЕНТНОСТИ ТЕТА-РИТМА ЭЭГ**

Кошельков\*Д.А., Мачинская Р.И.

[koshelkovda@gmail.com](mailto:koshelkovda@gmail.com)

Институт возрастной физиологии РАО

В настоящей работе мозговая организация выработки стратегии когнитивной деятельности исследовалась на модели принятия решений в ситуации неопределённости. Важнейшими компонентами принятия решения в ситуации неопределенности являются длительное поддержание внимания, удержание цели задания, сохранение значимой информации, необходимой для принятия решения в рабочей памяти (РП). Все эти компоненты деятельности связаны с активностью распределенных нейронных сетей, объединяющих структуры различных областей лобной и теменной коры со структурами лимбической системы. Наиболее значимые перестройки мозговой активности, в частности активация цингулярной коры, происходят при получении и использовании обратной связи (ОС) о правильности выбранной стратегии [5, 7, 8]. Известно, что в различных структурах лимбической системы мозга, в том числе в цингулярной коре и гиппокампе, регистрируются ритмические осцилляции ЭЭГ с частотой тета-ритма [4], синхронизация которого увеличивается при выполнении заданий, требующих удержания информации в рабочей памяти и длительном поддержании внимания [10-12]. Эти данные позволяют рассматривать увеличение степени функционального взаимодействия корковых зон на основе тета-ритма как показатель вовлечения лимбических структур в реализацию когнитивных процессов.

В настоящем исследовании анализировалось влияние обратной связи на изменения функционального взаимодействия корковых зон по тета-ритму в процессе классификации зрительных объектов в ситуации неопределенности. Использовалась экспериментальная парадигма, близкая по характеру когнитивной деятельности к Висконсинскому тесту сортировки карточек (WCST).

**Методика.** В исследовании участвовали 27 здоровых праворуких испытуемых в возрасте  $22 \pm 2$  года. В качестве зрительных стимулов использовались предъявляемые на сером фоне цветные геометрические фигуры. Фигуры могли отличаться по 4 признакам: цвету (красные, синие,

зелёные, жёлтые и черные), форме (круг, квадрат, треугольник, ромб, пятиконечная звезда), размеру (большие и маленькие) и наличию/отсутствию в центре фигуры отверстия. В каждой экспериментальной пробе испытуемому предъявлялись два стимула: постоянный (эталонный) и варьируемый (тестовый). Тестовый и эталонный стимулы могли относиться или не относиться к одной категории, задуманной экспериментатором. Принадлежность к одной категории определялась сходством либо по одному, либо по двум признакам. Задача испытуемого состояла в обнаружении неизвестного ему принципа категоризации. Испытуемый должен был принять решение о принадлежности тестового и эталонного стимулов к одной категории и нажать на одну из двух кнопок джойстика (принадлежит/не принадлежит). После каждой пробы испытуемый сообщалось о правильности его ответа.

Отметим, что испытуемому заранее не сообщалось число категориальных признаков, он должен был догадаться до этого самостоятельно на основании поступающей после принятия решения положительной или отрицательной обратной связи. Последовательность событий в каждой экспериментальной пробе представлена на рис 1.

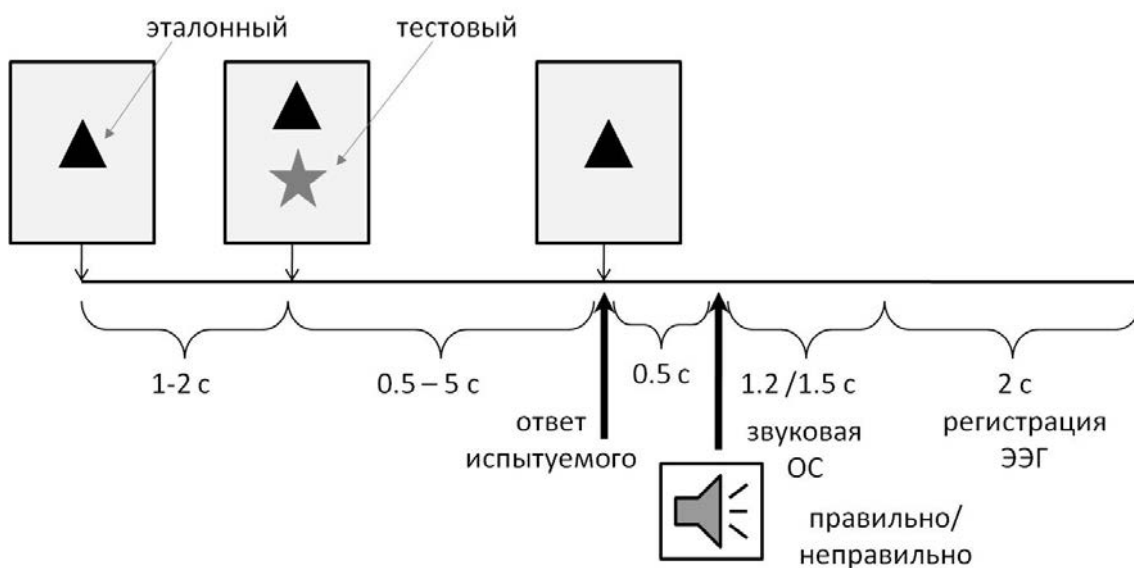


Рис. 1.

Стимулы, удовлетворяющие критерию классификации, составляли 20% от общего числа стимулов в серии. Были возможны следующие правильные ответы испытуемого: истинное отвержение (фигуры не подходят) и истинное принятие (фигуры подходят). Эксперимент заканчивался либо по получению непрерывной последовательности правильных ответов, содержащей 6 истинных принятий, либо после предъявления всех проб.

ЭЭГ регистрировалась в полосе частот 0,5 – 70 Гц (частота оцифровки - 250 Гц) от 18 монополярных отведений O1/2, P3/4, T5/6, T3/4, C3/4,

F3/4, F7/8, Fp1/2, Fz, Cz с численно объединенным ушным референтом. Регистрация ЭЭГ осуществлялась в течение 2 с после каждого предъявления ОС. Количественный анализ ЭЭГ проводился для трех экспериментальных условий: после положительной ОС (S1), после отрицательной ОС (S2) и после положительной ОС, когда стратегия уже выработана (S3) (устойчивые правильные решения в 6 и более пробах подряд). Функциональное взаимодействие корковых зон по тета-ритму (4-7 Гц) оценивалось на основе показателей мнимой части комплекснозначной когерентности [1], которая вычислялась с использованием авторегрессионной модели (VAR-модель) 14 порядка. Для выявления влияния экспериментальных условий на показатели корково-коркового взаимодействия использовался дисперсионный анализ (модель GLM). Парные сравнения проводились с помощью t-критерия Стьюдента.

**Результаты.** Для минимизации количества парных сравнений при дисперсионном анализе все пары отведений были сгруппированы в 8 подмножеств с фокусами в затылочных (O), теменных (P), задневисочных (Tr), передневисочных (Ta), центральных (C), лобных (F), лобных полюсных (Fr) и нижнелобных (Fi) областях. Для каждого подмножества отведений использовалась GLM модель со следующими внутрииндивидуальными факторами: экспериментальное УСЛОВИЕ (S1, S2, S3, без учета сложности заданий); локализация второго отведения в (7 уровней). При оценке значимости различий применялась поправка Гринхауза-Гессера. Выявлены значимые взаимодействия факторов УСЛОВИЕ × ЛОКАЛИЗАЦИЯ для подмножеств отведений с фокусами в лобных полюсных (Fr) ( $F_{5,1,133.1} = 2.61, p = 0.027$ ) и теменных (P) ( $F_{5,4,140.6} = 2.66, p = 0.021$ ) зонах и взаимодействие на уровне тенденции для подмножества отведений с фокусами в нижнелобных (Fi) ( $F_{4,9,128.5} = 1.95, p = 0.091$ ) областях.

Попарные сравнения МКОГ в различных экспериментальных ситуациях в этих подмножествах отведений (рис. 2, линии соединяют пары отведений, для которых обнаружены значимые различия), указывают на:

(1) более выраженное корково-корковое взаимодействие по тета-ритму после получения как положительной (S1), так и отрицательной (S2) ОС в процессе выработки стратегии по сравнению с ситуацией готового решения (S3);

(2) различия отмечены в большем количестве связей после получения положительной ОС, чем после получения отрицательной ОС и касаются преимущественно дистантных связей между переднеассоциативными и каудальными зонами коры;

(3) более высокие значения МКОГ после получения отрицательной ОС выявляются преимущественно в локальных связях между лобными и

нижнелобными областями, при этом в этих зонах мозга значения МКОГ выше после получения отрицательной ОС, чем после получения положительной ОС.

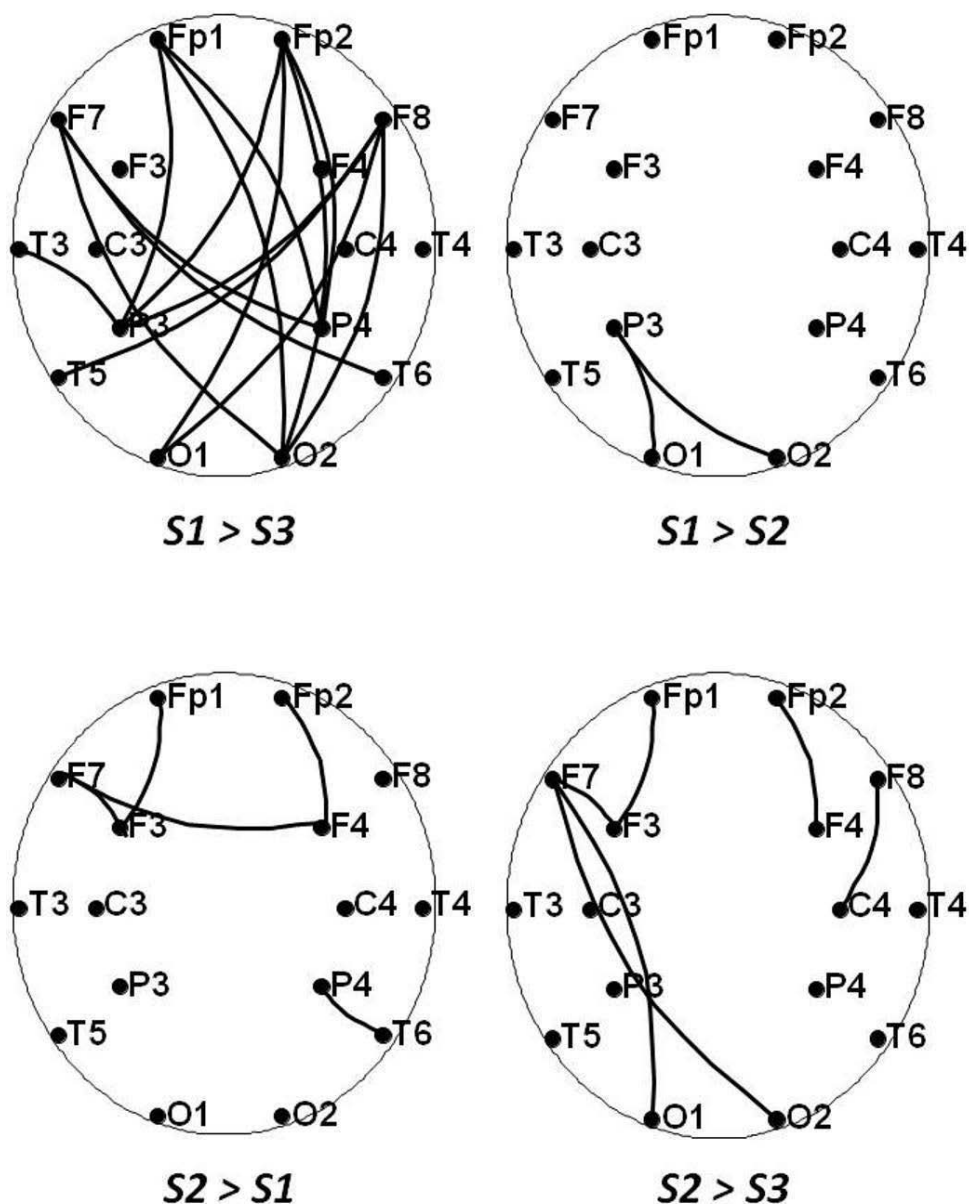


Рис.2.

Большее напряжение функциональных связей по тета-ритму в ситуациях, когда решение ещё не найдено, по сравнению с реакцией на ОС при сформированной стратегии свидетельствует о роли тета-осцилляций в мозговой организации выработки стратегии когнитивной деятельности. На роль тета-ритма, в функциональном объединении структур мозга при выработке стратегии деятельности указывают также данные о зависимости мощности и когерентности этого ритма от знака ОС и вероятности подкрепления в ситуации альтернативного выбора [2]. Важная особен-

ность топографии функциональных связей при выработке стратегии решения когнитивной задачи состояла в локализации фокуса взаимодействия в лобных полюсных областях и интеграции этих фронтальных зон с переднеассоциативными и височными зонами (при отрицательной ОС), а также с теменными и затылочными отделами (при положительной ОС). О вовлечении коры лобного полюса в процесс выработки стратегии когнитивной деятельности сообщается в [13]. В работе было показано, что кора лобного полюса активируется при необходимости выдвижения нескольких гипотез и выборе следующих действий на основе оценки результативности предыдущих, т.е. тех компонентов выработки стратегии деятельности, которые в значительной степени связаны с мотивационными процессами и оперированием информацией, хранящейся в рабочей памяти. Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что специфическая роль фронтальных полюсных зон обеспечивается их взаимодействием на основе синхронизации по тета-ритму с другими корковыми и глубинными структурами мозга. Это могут быть структуры лимбической системы, в частности цингулярная кора, активность которой связана с произвольным поддержанием внимания, самоконтролем и оценкой результатов собственной деятельности [9, 14], а также структуры, участвующие в процессах удержания информации в рабочей памяти - гиппокамп, теменная кора, специфические корковые зоны [3, 6]. Особенности топографии функционального взаимодействия корковых зон, а именно усиление локальных связей в лобных областях после получения отрицательной ОС и усиление дистантных связей между лобными и заднеассоциативными зонами после получения положительной ОС, позволяют предположить, что отрицательная ОС в большей степени активирует процессы, связанные со сменой стратегии, а положительная – процессы удержания результатов предыдущего решения в рабочей памяти.

### Литература

1. Курганский А.В. Некоторые вопросы исследования кортико-кортикальных функциональных связей с помощью векторной авторегрессионной модели многоканальной ЭЭГ // ЖВНД, 2010, Т. 60. С. 740.
2. Cohen M et al. Reward expectation modulates feedback-related negativity and EEG spectra // Neuroimage. 2007. V. 32. P. 968.
3. Gazzaley A. et al. Functional connectivity during working memory maintenance // Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience. 2004. V. 4. P. 580.
4. Kahana M. J. The cognitive correlates of human brain oscillations // J. Neurosci. 2006. V. 26. P. 1669.
5. Koenig Ph. et al. The neural basis for novel semantic categorization //

NeuroImage, 2005. V. 24. P. 369.

6. Miller B.T. et al. Spatio-temporal dynamics of neural mechanisms underlying component operations in working memory // Brain Res. 2008. V.1206. P. 61.
7. Nieuwenhuis S. et al. Knowing good from bad: differential activation of human cortical areas by positive and negative outcomes // J.Neurosci., 2005. V. 21. P. 3161.
8. Papo D. et al. Time-Frequency intracranial source localization of feedback-related EEG activity in hypothesis testing // Cerebral Cortex. 2007. V. 17. P. 1314.
9. Posner M. I et al. The anterior cingulate gyrus and the mechanism of self-regulation // Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience. 2007. V. 7. P. 391.
10. Raghavachari S. et al. Theta oscillations in human cortex during a working-memory task: evidence for local generators // J. Neurophysiology, 2006. V. 95. P. 1630.
11. Sarnthein J. et al. Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory // Neurobiology., 1998. V. 95. P. 7092.
12. Sauseng P. et al. Brain Oscillatory Substrates of Visual Short-Term Memory Capacity // Current Biology, 2009. V. 19. P. 1.
13. Savage C.R. et al. Prefrontal regions supporting spontaneous and directed application of verbal learning strategies Evidence from PET // Brain., 2001. V. 124. P. 219.
14. Segalowitz S. J., Dywan J. Individual differences and developmental change in the ERN response: implications for models of ACC function // Psychological Research. 2009. V. 73. P. 857.

---

## **СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОГНИТИВНОГО РАЗВИТИЯ ДОНОШЕННЫХ И НЕДОНОШЕННЫХ ДЕТЕЙ**

**Краснощекова Елена Ивановна\*, Васильева Марина Юрьевна\*,  
Ткаченко Любовь Александровна\*, Иовлева Нинель Николаевна\*\*,  
Александров Тимофей Александрович\*\*\*, Заварзина Наталья  
Юрьевна\*\*\*, Кошавцев Андрей Гелиевич\*\*\***

[krasnelena@gmail.com](mailto:krasnelena@gmail.com), [krasnelena@bio.pu.ru](mailto:krasnelena@bio.pu.ru)

\*Санкт-Петербургский государственный университет, каф. высшей нервной деятельности и психофизиологии, \*\*РАН, межинститутская лаборатория сравнительных эколого-физиологических исследований, \*\*\*Санкт-Петербургская государственная педиатрическая медицинская академия

В последние десятилетия в результате совершенствования служб реанимации и интенсивной терапии значительно снизилась смертность