

**ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ (ПСИХИЧЕСКОЙ)  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

УДК 612.821+612.822.3

**МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ КОМБИНАТОРНЫЙ АНАЛИЗ  
РИТМОВ ЭЭГ В НОРМЕ И ПРИ ШИЗОФРЕНИИ**

© 2007 г. В. Б. Стрелец<sup>1</sup>, В. Ю. Новотоцкий-Власов<sup>1</sup>, Ж. В. Гарах<sup>1</sup>,  
В. А. Желиговский<sup>2</sup>, А. Я. Каплан<sup>2</sup>

*1 Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва,*

*2 Кафедра физиологии человека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,  
e-mail: strelets@aha.ru*

Поступила в редакцию 12.03.2007 г.

Принята в печать 18.06.2007 г.

На основе сравнительного изучения 38 записей ЭЭГ здоровых испытуемых и 17 записей ЭЭГ больных шизофренией выполнен многопараметрический комбинаторный анализ 176 элементарных спектрально-топографических характеристик ЭЭГ, включающих 11 спектральных диапазонов для каждого из 16 отведений в четырех экспериментальных ситуациях. Комбинаторный анализ включал в себя алгоритм распознавания образов “Кора-п” (для классификации записей ЭЭГ по спектральным диапазонам), впервые адаптированный для работы с характеристиками ЭЭГ в работе Каплана и др. Анализ полного набора элементарных характеристик ЭЭГ показал, что безошибочная классификация записей ЭЭГ здоровых и больных шизофренией в рамках обучающих выборок достигается при сопоставлении спектральных характеристик низкочастотного диапазона ЭЭГ в определенных отведениях в зависимости от типа выполняемой задачи. В этих отведениях спектральная мощность низкочастотных диапазонов ЭЭГ в группе здоровых была всегда выше, чем в группе больных шизофренией. При абстрактных и пространственно-образных мыслительных процессах нарушения у больных выявлялись соответственно в левом или в правом полушарии. Кроме того у пациентов наиболее часто обнаруживалось снижение по сравнению с нормой мощности ЭЭГ в нижнелобной области правого полушария по дельта-диапазону и в нижневисочной области левого полушария по тета-диапазону. Эти факты свидетельствуют о проявлении при шизофрении феноменов “гипофронтальности” и “гипотемпоральности”, для которых характерен дефицит медленных, “фундаментальных” ритмов ЭЭГ, препятствующий нормальному выполнению когнитивных функций. Обнаруженный дефицит медленноволновой ритмики ЭЭГ может быть связан с нарушением префронтального торможения, возможно, обусловленного известными нейрохимическими сдвигами при шизофрении.

*Ключевые слова: норма, шизофрения, различия спектральной мощности ЭЭГ.*

**The Multiparameter Combinatory Analysis  
of EEG Rhythms in Norm and at Schizophrenia**

**V. B. Strelets, V. Yu. Novototsky-Vlasov, Zh. V. Garakh, V. A. Zeligovsky, A. Ya. Kaplan**

*Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Department of Human  
Physiology, Lomonosov State University, Moscow,  
e-mail: strelets@aha.ru*

On the base of EEG records of 38 healthy subjects and 17 schizophrenic patients the statistical structural analysis of 176 elementary characteristics in all 11 spectral ranges for each of 4 experimental conditions was carried out, employing “Kora-n” recognition algorithm, adopted for EEG analysis by Kaplan. The list of characteristics with a minimal error revealed statistically significant differences between spectral power of delta- and theta-ranges in healthy subjects and schizophrenic patients. Spectral power of these slow rhythms was always higher in the formers than in the latter. As a whole, in schizophrenic patients the decrease of delta-rhythm spectral power in the lower frontal area of most frequently right hemisphere and theta-rhythm – in the lower temporal area of left hemisphere is observed. These results are in agreement with hypofrontality and hypotemporality characteristic of schizophrenic patients and testify to the lack of “fundamental” brain base of cognitive functions. These facts are evidently connected with the significant neurochemical disturbances taking place in schizophrenia.

*Key words: norm, schizophrenia, differences of EEG spectral power.*

Несмотря на широкое распространение новых высокотехнологичных методов (позитронно-эмиссионная томография, функциональная магнито-резонансная томография и др.) исследования функционального состояния мозга при изучении мозговых заболеваний, методы ЭЭГ и магнитоэнцефалография (МЭГ) остаются наиболее адекватными в отображении быстропротекающих в мозге информационных процессов. Важнейшую роль в осуществлении психической деятельности играют быстрые ритмы ЭЭГ [7], однако наряду с этим “фундаментальные” медленные ритмы ЭЭГ (дельта- и тета-ритмы), несомненно, вносят свой специфический вклад. По данным многочисленных исследований, эти ритмы связаны с кодированием объектов и удерживанием их в рабочей памяти [11, 16]. Во многих работах показано, что число медленных волн повышается при когнитивной деятельности [14, 16]. В наших работах [2, 3] обнаружено, что у больных шизофренией спектральная мощность медленных волн снижена по сравнению с нормой. Это коррелирует с нарушением выполнения нейропсихологических тестов при данном заболевании [4, 8, 17, 22]. В основном эти результаты были получены при изучении различий между отдельными усредненными спектральными характеристиками ЭЭГ в норме и при патологии.

Между тем очевидно, что совокупности спектральных показателей ЭЭГ в определенных комбинациях могут обладать гораздо большей диагностической мощностью, чем взятые по отдельности. В связи с этим в настоящей работе применяли многопараметрические комбинаторные методы классификации, позволяющие обнаружить диагностически значимые совокупности ЭЭГ-показателей при сравнении записей ЭЭГ здоровых испытуемых и больных шизофренией.

Цель настоящей работы – найти оптимальные спектрально-топографические комбинации показателей ЭЭГ для классификации обучающих выборок записей ЭЭГ здоровых испытуемых и больных шизофренией с минимальной ошибкой.

## МЕТОДИКА

Исследование проведено на двух группах испытуемых: группа контроля (38 практически здоровых испытуемых) и группа больных шизофренией (17 человек), относящихся к категории F2 по МКБ-10. В исследование отбирали (как в группу контроля, так и в группы

больных шизофренией) соматически здоровых правшей, без указаний в анамнезе на черепно-мозговые травмы, воспалительные заболевания или иного рода органическую патологию ЦНС.

В группу контроля (норму) вошли лица от 18 до 55 лет, средний возраст –  $28 \pm 6$  лет, мужчин – 20, женщин – 18. Группу больных шизофренией составили 17 больных от 18 до 54 лет, средний возраст –  $30.3 \pm 10.6$ , 9 мужчин и 8 женщин. К моменту обследования все больные находились вне терапии нейролептиками не менее 7 дней перед исследованием. Все испытуемые подписывали Информированное согласие на участие в исследовании.

ЭЭГ у всех испытуемых регистрировали в состоянии покоя (с закрытыми глазами) и в процессе выполнения когнитивных проб на счет в уме, пространственное воображение и мысленный счет часов по воображаемому циферблату при закрытых глазах (последняя задача составлена так, что она адресовалась к обоим полушариям коры головного мозга). Регистрацию ЭЭГ при предъявлении тестов проводили с последующим контролем полученных результатов тестирования.

Электроды располагали по международной схеме 10–20%. Фильтры высоких частот были установлены на 45 Гц, постоянная времени – 0.3 с. Испытуемые во время записи ЭЭГ сидели в кресле в затемненной, относительно звукоизолированной, экранированной камере. Запись ЭЭГ проводили монополярно относительно ушных электродов в 16 отведениях: *Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2* на установке, состоящей из 16-канального усилителя фирмы МБН (Москва) и персонального компьютера (частота опроса 100 Гц).

ЭЭГ регистрировали в течение 100 с для каждой функциональной пробы. Для записи данных и вычисления спектральных показателей использовали программу “НЕЙРОКАРТОГРАФ” фирмы МБН. При расчете спектральных показателей проводили усреднение данных анализа 10 эпох длительностью 5 с отдельно для каждой функциональной пробы (задачи). В работе использовали значения спектральной мощности по 11 диапазонам: 6 общим – дельта (0–4 Гц), тета1 (4–6 Гц), тета2 (6–8 Гц), альфа (8–13 Гц), бета1 (13–20 Гц), бета2 (20–40 Гц), – и 5 дополнительным – альфа1 (8–9 Гц), альфа2 (9–11 Гц), альфа3 (11–13 Гц), низкочастотной бета2 (20–30 Гц) и гамма (30–

40 Гц). В результате для каждой пробы каждого испытуемого анализировали 176 показателей – оценки спектральной мощности в 11 диапазонах ЭЭГ по 16 отведениям.

Для классификации записей ЭЭГ по спектральным диапазонам проводили многопараметрический комбинаторный анализ ЭЭГ-записей по 176 показателям на основе алгоритма распознавания образов (программа “Кора-п”), впервые адаптированного для анализа ЭЭГ в работе А. Я. Каплана и др. [1]. На первом этапе классификации каждый из показателей ЭЭГ кодировали в бинарном виде в зависимости от того, выше или ниже определенного порога оказывалось его значение для данной записи. Порог для каждого показателя ЭЭГ подбирался автоматически таким образом, чтобы здоровые испытуемые и пациенты максимально разделились по обе стороны порога. Указанный порог фиксировался при достижении минимально возможного значения “ошибки включения” – половинной суммы долей испытуемых (в процентах) в каждой группе, попавших при наилучшем разделении в “чужую” группу. Для дальнейшего анализа отбирали только те показатели ЭЭГ, ошибка включения которых не превышала 25%, т.е. в этом случае до 25% испытуемых могли попадать в “чужую” группу. В результате каждая запись ЭЭГ характеризовалась вектором из не более чем 176 бинарных компонентов.

На втором этапе проводилось обучение алгоритма распознаванию векторов: автоматически анализировались записи ЭЭГ, представленные бинарными векторами, принадлежность которых к классу здоровых или больных испытуемых заранее известна. Любая комбинация из не более чем “*n*” компонентов этих векторов и их значений называлась признаком ЭЭГ. Очевидно, что при недостаточно надежной классификации записей ЭЭГ по одному компоненту комбинация этих компонентов в специфическом признаке может дать более надежную или даже безошибочную классификацию. Согласно рекомендациям предыдущего исследования [1] в настоящей работе “*n*” было выбрано равным 6. Поиск специфических признаков велся по критерию наилучшей классификации с помощью данного признака для имеющихся двух наборов записей ЭЭГ с заранее известной принадлежностью к группе здоровых или больных.

“Ошибки включения” (см. текст) каждого из спектрально-топографических показателей ЭЭГ, вошедших согласно выполненному комбинаторному анализу в диагностические признаки для классификации записей ЭЭГ в отношении их принадлежности здоровым испытуемым или больным шизофренией

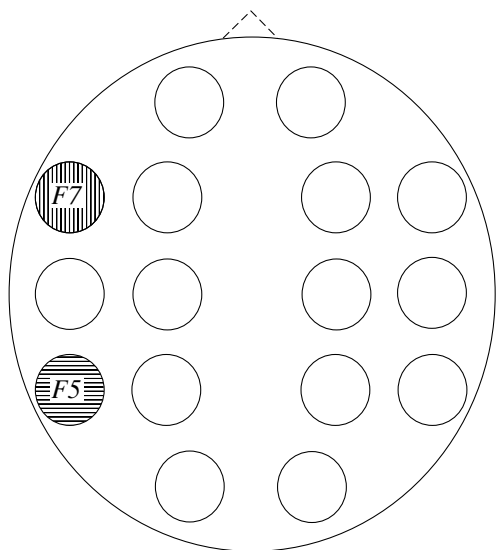
Тест	Частотные полосы					
	дельта		тета1		тета2	
	отвед.	ОВ, %	отвед.	ОВ, %	отвед.	ОВ, %
I	<i>F7</i>	17	<i>T5</i>	14		
II	<i>F8</i>	17	<i>F3</i>	16	<i>C4</i>	17
			<i>F7</i>	17		
			<i>F8</i>	13		
			<i>C3</i>	18		
			<i>T3</i>	16		
III	<i>Fp2</i>	16	<i>C4</i>	16		
			<i>F8</i>	12	<i>O2</i>	10
			<i>T6</i>	17		
IV	<i>Fp1</i>	12	<i>T5</i>	9		
			<i>Fp2</i>	13		
			<i>F8</i>	8		

Примечание. ОВ – ошибка включения; отвед. – ЭЭГ-отведения в стандартных обозначениях; условия тестирования: I – фон, II – арифметический счет, III – пространственное воображение, IV – счет часов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

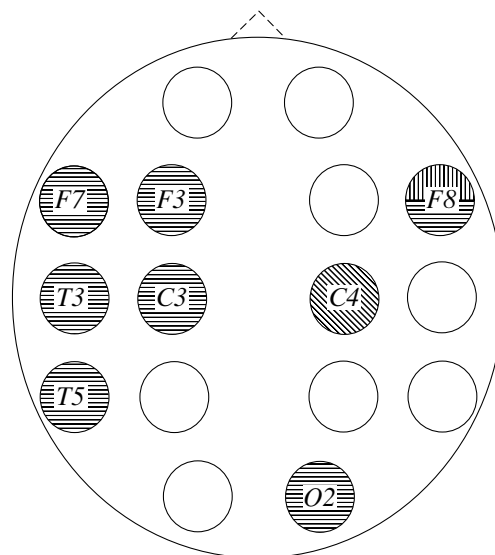
Многопараметрический комбинаторный анализ ЭЭГ, проведенный на основе сопоставления обучающих выборок записей ЭЭГ здоровых испытуемых и больных шизофренией, показал, что для каждого условия тестирования существует комбинация из не более чем шести спектрально-топографических показателей ЭЭГ, которая дает безошибочное выделение записей ЭЭГ больных шизофренией из общего набора анализировавшихся записей ЭЭГ. Главной особенностью этих специфических комбинаций или признаков ЭЭГ было то, что все они учитывали оценки мощности только дельта- и тета-активности ЭЭГ и во всех случаях эта активность была ниже у больных шизофренией по сравнению с аналогичными показателями в ЭЭГ здоровых испытуемых.

В таблице для каждого из тестировавшихся условий приведены спектрально-топографические показатели ЭЭГ, объединенные в диа-



**Рис. 1.** Топография различий по спектральной мощности между группами здоровых испытуемых и больных шизофренией в фоне с закрытыми глазами. Вертикальная штриховка – дельта-диапазон, горизонтальная – тета1-диапазон.

*Fig. 1.* Topography of significant differences in spectral power between groups of healthy subjects and schizophrenic patients in the rest condition (eyes closed). Vertical hatching – delta range, horizontal hatching – theta1 range.



**Рис. 2.** Топография различий по спектральной мощности между группами здоровых испытуемых и больных шизофренией в тесте на арифметический счет. Косая штриховка – тета2-диапазон. Остальные обозначения как на рис. 1.

*Fig. 2.* Topography of significant differences in spectral power between groups of healthy subjects and schizophrenic patients during arithmetic task. Slanted hatching – theta2 range. Other designations are as in fig. 1.

гностические признаки для каждого из условий тестирования (I–IV). В ячейках представлены значения “ошибки включения” каждого из показателей ЭЭГ в соответствующий признак.

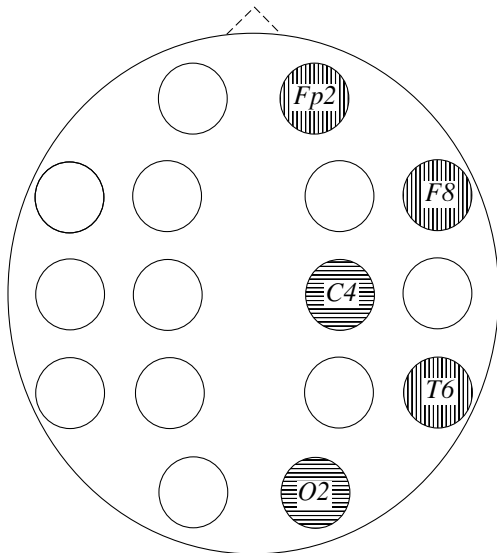
Видно, что каждый из отобранных в диагностические признаки показателей ЭЭГ в отдельности разделяет обучающие выборки с ошибкой от 8 до 18% от общего числа испытуемых в соответствующей группе. Надо заметить, что среди всех 176 спектрально-топографических показателей это не лучшие показатели разделения. Однако особенностью именно отобранных показателей ЭЭГ является то, что в своей совокупности в рамках диагностического признака именно эти показатели дают безошибочное выделение спектральных характеристик всех больных шизофренией из общего набора записей ЭЭГ для здоровых и больных испытуемых. Рассмотрим подробнее состав этих диагностических признаков ЭЭГ.

На рис. 1 показано, что в фоне, с закрытыми глазами выборки здоровых испытуемых и больных шизофренией различаются по признаку снижения спектральной мощности дель-

та-диапазона в левой нижнелобной области (F7) и тета1-диапазона в левой нижне-височной области (T5) у больных.

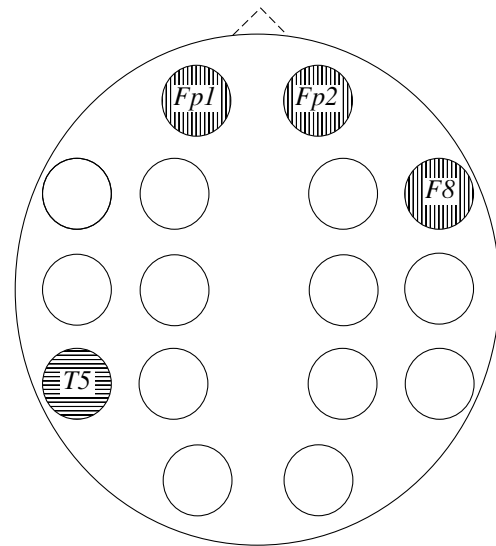
В тесте на арифметический счет (рис. 2) мощность в дельта-диапазоне у здоровых была выше, чем у больных, в нижнелобной области правого полушария (F8), в диапазоне тета1 – в лобной (F3), височной (T3), нижневисочной (T5) и центральной (C3) областях левого полушария, в обеих нижнелобных (F7 – F8) областях симметрично, в затылочной области (O2) правого полушария, а также в правом центральном отведении (C4) по тета2-диапазону. Наибольшее число различий между группами обнаружено в левом полушарии.

В тесте на пространственное воображение (рис. 3) все различия были выявлены только в правом полушарии, в котором мощность всегда была выше у здоровых, чем у больных шизофренией. В дельта-диапазоне эти различия наблюдались в переднелобной (Fp2), нижнелобной (F8) и нижневисочной (T6) областях; в диапазоне тета1 – в центральной (C4) и затылочной (O2) областях.



**Рис. 3.** Топография различий по спектральной мощности между группами здоровых испытуемых и больных шизофренией в тесте на пространственное воображение. Обозначения как на рис. 1.

**Fig. 3.** Topography of significant differences in spectral power between groups of healthy subjects and schizophrenic patients during the spatial imagination task. Designations are as in fig. 1.



**Рис. 4.** Топография различий по спектральной мощности между группами здоровых испытуемых и больных шизофренией в тесте на счет часов по воображаемому циферблату. Обозначения как на рис. 1.

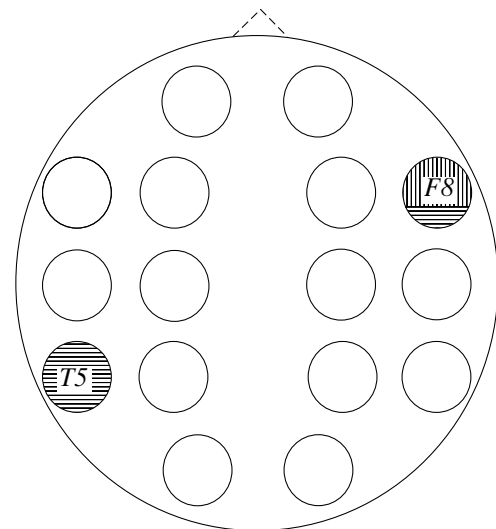
**Fig. 4.** Topography of significant differences in spectral power between groups of healthy subjects and schizophrenic patients during the counting hours on imaginary clock dial task. Designations are as in fig. 1.

В тесте на счет часов по воображаемому циферблату (рис. 4) мощность в дельта-диапазоне в норме была выше, чем у больных шизофренией, в переднелобных областях симметрично (*Fp1*, *Fp2*) и в правой нижнелобной области (*F8*), а в тета1-диапазоне – в левой нижневисочной области (*T5*).

Определенный интерес представляло сравнение ЭЭГ больных и здоровых, если разные условия тестирования рассматривать как единую разнообразную деятельность. Найдется ли диагностический признак, разделяющий больных и здоровых инвариантно характеру деятельности испытуемых? Такой признак действительно выделился (рис. 5): правая нижнелобная (*F8*) и левая нижневисочная (*T5*) области, в которых наблюдаются значимые различия: в первой по дельта-диапазону, во второй – по тета1-диапазону.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представленные в настоящей работе данные соответствуют полученным нами результатам в более ранних работах. Примечательно, что в этих работах было обнаружено зна-



**Рис. 5.** Топография наиболее значимых различий по спектральной мощности между группами здоровых испытуемых и больных шизофренией по совокупности тестов. Обозначения как на рис. 1.

**Fig. 5.** Topography of the most significant differences in spectral power between groups of healthy subjects and schizophrenic patients across all 4 tasks. Designations are as in fig. 1.

чительно большее число спектрально-топографических показателей ЭЭГ, которые при усреднении в рамках групп здоровых и больных шизофренией статистически значимо различаются между собой [2, 3, 5]. Однако совокупности этих статистически значимо различающихся показателей не тестировались в отношении возможности их объединения в единый диагностический признак. Очевидно, что в диагностический признак могут войти далеко не все из статистически различающихся по группам показателей ЭЭГ, но только те из них, которые наиболее специфичны в отношении тестируемого межгруппового различия. Можно сказать, что именно эти специфические показатели ЭЭГ являются разными проекциями какого-то общего для шизофренической патологии разных людей свойства мозга.

В настоящей работе наибольшие отличия показателей у больных шизофренией от нормы по совокупности экспериментальных ситуаций отмечаются по мощности дельта-ритма в правой нижнелобной, а тета1-ритма – в левой нижневисочной областях, в которых мощность этих ритмов у больных значительно снижена по сравнению с нормой.

Тот факт, что статистически значимые различия между двумя исследованными группами выявлены по медленным диапазонам ЭЭГ, подчеркивает важность этих ритмов в выполнении когнитивных “фундаментальных” функций [7]. Такими функциями, в частности, являются кодирование объектов и удерживание их в рабочей памяти [11]. Известно также, что фронтальная тета-активность в норме увеличивается закономерно с увеличением числа цифр, удерживаемых в памяти согласно парадигме Стернберга [15].

Области (левая нижневисочная – T5, тета1-диапазон; правая нижнелобная – F8, дельта-диапазон), в которых отмечается снижение мощности медленных ритмов при шизофрении по сравнению с нормой, важны для осуществления целого ряда когнитивных функций. В нашей работе снижение мощности тета-ритма у больных шизофренией, о котором можно судить по значимой разнице между этими показателями у двух групп в одном из полушарий, определялось характером выполняемого задания. При арифметических заданиях это снижение наблюдалось у больных в левом полушарии, при пространственно-образных – в правом. Такое нарушение в полушарии, “ответственном” за данное задание, изменяет функциональную асимметрию у больных и во

многом определяет дефицит когнитивных функций при шизофрении [4, 12, 13]. Это явление носит название “гипофронтальности” и “гипотемпоральности” [10, 18, 19, 22].

Отмеченные у больных шизофренией отклонения в мощности медленных ритмов могут быть связаны с нейрохимическими нарушениями в ГАМКергической системе. В частности, с дефицитом этой системы связан дефицит префронтального торможения при этом заболевании [8, 21]. Решающую роль в этом играют снижение обратного захвата ГАМК в окончаниях пирамидных нейронов и связанное с этим нарушение регуляции ГАМК-рецепторов пирамидных нейронов. Результатом является селективное нарушение тормозной нейротрансмиссии этих нейронов, которая очень важна для выполнения когнитивных функций.

Тета-ритм, изучению которого в основном посвящена настоящая работа, играет критическую роль в процессах обучения и памяти. Например, правильная оценка слова, которое надо сравнить с предыдущим, сопровождается увеличением мощности тета-ритма [16].

По данным ряда авторов, энергия низкочастотных ритмов выше, чем высокочастотных [16], а по данным настоящего исследования она всегда снижена у больных шизофренией по сравнению с нормой. Тета- и гамма-ритмы оказались наиболее важными для выполнения когнитивных функций. Показано, что гамма-ритм связан с произвольным вниманием, специфическими изменениями процессов внимания и восприятия, вызванными инструкцией [6]. Например, он снижается, если стимул, который сравнивается с предыдущим, подается с задержкой, и увеличивается, когда слово будет воспроизведено правильно [20], а также при повышении трудности задания [9]. Очевидно, что гамма-ритм составляет нейронный субстрат рабочей памяти, являясь, таким образом, сетевым феноменом, который отражает специфические когнитивные процессы. Было показано на основании данных литературы, что нарушения гамма-ритма, в частности при шизофрении, тесно связаны с патологией глутаматовой системы, в частности с гипофункцией NMDA-рецепторов [8].

При нарушении когнитивных процессов у больных шизофренией отмечаются значительные отклонения от нормы нейропсихологических и поведенческих функций. Систематического анализа таких данных еще нет, од-

нако наша работа может внести вклад в их изучение, так как использованный многопараметрический комбинаторный подход позволил выявить диагностические “пакеты” спектрально-топографических показателей ЭЭГ, по-разному связанные с нарушением медленной активности ЭЭГ отдельных мозговых областей в зависимости от тестируемых когнитивных нагрузок. Использование тестовых заданий позволило определить корковые области, функции которых в наибольшей степени нарушены у больных шизофренией по совокупности экспериментальных ситуаций.

Таким образом, многопараметрический комбинаторный анализ спектрально-топографических характеристик ЭЭГ показал, что надежное выделение записей ЭЭГ больных с диагнозом “шизофрения” в рамках изученных обучающих выборок ЭЭГ здоровых и больных возможен на основе сравнения спектральных показателей в области тета- и дельта-активности как в фоне, так и при когнитивных нагрузках.

## ВЫВОДЫ

1. Вычислены специфические наборы спектрально-топографических характеристик ЭЭГ для каждого из экспериментальных условий, позволяющие с высокой надежностью выделять записи ЭЭГ больных шизофренией в рамках обучающих выборок записей ЭЭГ здоровых и больных испытуемых.

2. Специфические наборы спектрально-топографических характеристик ЭЭГ с высокой надежностью показывают, что мощность дельта- и тета-активности ЭЭГ у больных шизофренией всегда ниже, чем у здоровых испытуемых.

3. В целом при шизофрении наиболее часто выявляется снижение по сравнению с нормой мощности низкочастотных ритмов в нижнелобной области правого полушария по дельта-диапазону и в нижневисочной области левого полушария по тета1-диапазону.

Работа выполнена при поддержке Bial Foundation (Португалия, грант № 20/02), Российского гуманитарного научного фонда (гранты № 06-06-00058а, 06-06-00150а) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 06-04-48919а).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каплан А.Я., Борисов С.В., Желиговский В.А.* Классификация ЭЭГ подростков по спектральным и сегментарным характеристикам в норме и при расстройствах шизофренического спектра. Журн. высш. нерв. деят. 2005. 55 (4): 478–486.
2. *Стрелец В.Б.* Картирование биопотенциалов мозга при когнитивной и эмоциональной патологии. Журн. высш. нерв. деят. 1997. 47 (2): 226–242.
3. *Стрелец В.Б., Гарах Ж.В., Новотоцкий-Власов В.Ю., Магомедов Р.А.* Соотношение между мощностью и синхронизацией ритмов ЭЭГ в норме и при когнитивной патологии. Журн. высш. нерв. деят. 2005. 55 (4): 496–504.
4. *Стрелец В.Б., Гарах Ж.В., Корсакова Н.К., Магомедов Р.А., Магомедова М.В., Новотоцкий-Власов В.Ю., Ребрейкина А.Б.* Особенности гамма-ритма ЭЭГ и некоторых нейропсихологических нарушений у больных шизофренией. Соц. и клин. психиатрия. 2006. 16 (4): 55–60.
5. *Стрелец В.Б., Магомедов Р.А., Голикова (Гарах) Ж.В., Новотоцкий-Власов В.Ю.* Спектральная мощность и внутрикорковые взаимодействия по бета2-ритму в норме и при шизофрении. Журн. высш. нерв. деят. 2004. 54 (2): 229–236.
6. *Basar E., Basar-Eroglu C., Karakas S., Schuerman M.* Brain oscillations in perception and memory. Int. J. Psychophysiol. 2000. 35: 95–124.
7. *Basar E.* Memory as the “whole brain work”. A large-scale based on “oscillations in super-synergy”. Int. J. Psychophysiol. 2005. 58: 199–226.
8. *Behrendt R.P.* Hallucinations: Synchronisation of thalamocortical  $\gamma$  oscillations underconstrained by sensory input. Conscious. and Cogn. 2003. 12: 413–451.
9. *Caplan J. B., Madsen J. R., Kahana M. J.* Distinct patterns of brain oscillations underlie two basic parameters of human maze learning. J. Neurophysiol. 2001. 86: 368–380.
10. *Ford J.M., Mathalon D.H., Whitfield S., Faustman W.O., Roth W.T.* Reduced communication between frontal and temporal lobes during talking in schizophrenia. Biol. Psychiatry. 2002. 48 (6): 485–492.
11. *Gevens A., Smith M.E., McEvoy L., Yu D.* High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effect of task difficulty, type of processing, and practice. Cereb. Cortex. 1997. 7 (4): 374–385.
12. *Gruzelier J.H.* Functional neuropsychological asymmetry in schizophrenia: A review and reorientation. Schizoph. Bul. 1999. 25: 91–120.
13. *Gruzelier J.H.* Theory, methods and new directions in the psychophysiology of the schizophrenic process and schizotypy. Intern. J. Psychophysiol. 2003. 48: 221–245.

14. *Harmony T., Fernandez T., Reyes A., Silva J., Rodriguez M., Marosi E., Bernal J.* Delta activity: a sign of internal concentration during the performance of mental task. 7th Int. Congress of Psychophysiology of the International Organization of Psychophysiology (I.O.P.). Abstracts, 27 Sept. – 2 Oct. Thessaloniki, Greece. 1994: 49.
15. *Jensen O., Tesche C.D.* Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *Eur. J. Neurosci.* 2002. 15: 1395–1399.
16. *Kahana M.J.* The cognitive correlates of human brain oscillations. *J. Neurosci.* 2006. 26 (6): 1669–1672.
17. *Lee K-H.* Synchronous gamma-activity: A review and contribution to an integrative neuroscience model of schizophrenia. *Brain Res. Rev.* 2003. 41: 57–78.
18. *Manoach D.S.* Prefrontal cortex dysfunction during working memory performance in schizophrenia: reconciling discrepant findings. *Schizophr. Res.* 2003. 60 (2–3): 285–298.
19. *Spencer K.M., Nestor P.G., Niznikiewicz M.A., Salisbury D.F., Shenton M.E., McCarley R.W.* Abnormal neural synchrony in schizophrenia. *J. Neurosci.* 2003. 23 (19): 17–25.
20. *Tallon-Baudry C., Bertrand O., Henaff M.-A., Isnard J., Fischer C.* Attention modulates gamma-band oscillations differently in the human lateral occipital cortex and fusiform gyrus. *Cereb. Cortex.* 2005. 15: 654 – 662.
21. *Volk D.W., Lewis D.A.* Impaired prefrontal inhibition in schizophrenia: Relevance for cognitive dysfunction. *Physiol. Behav.* 2002. 77: 501–505.
22. *Wuebben Y., Winterer G.* Hypofrontality – a risk-maker related to schizophrenia? *Schizophr. Res.* 2001. 48 (2–3): 207–217.