

Проблемная комиссия «Эпилепсия. Пароксизмальные состояния» РАН  
и Министерства здравоохранения Российской Федерации

Российская Противозепилептическая Лига

# ЭПИЛЕПСИЯ и пароксизмальные СОСТОЯНИЯ

2015 Том 7 №1



EPILEPSY AND PAROXYZMAL CONDITIONS

ISSN 2077-8333

2015 Vol. 7 №1

[www.epilepsia.ru](http://www.epilepsia.ru)

Включен в перечень ведущих  
рецензируемых журналов и изданий ВАК

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта <http://www.epilepsia.ru>. Не предназначено для использования в коммерческих целях.  
Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95. Эл. почта: [info@irbis-1.ru](mailto:info@irbis-1.ru). Все права охраняются.

# МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЭГ У ПАЦИЕНТОВ С ПРАВСТОРОННЕЙ ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ЭПИЛЕПТИЧЕСКОГО ОЧАГА

Неробкова Л.Н.<sup>1</sup>, Воронина Т.А.<sup>1</sup>, Авакян Г.Н.<sup>2</sup>, Авакян Г.Г.<sup>2</sup>,  
Хромых Е.А.<sup>2</sup>, Ковалев И.Г.<sup>1</sup>, Гайдуков И.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «НИИ Фармакологии им. В.В. Закусова», Москва

<sup>2</sup> ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва

## Резюме

В статье рассматриваются особенности пространственной организации биопотенциалов мозга у больных эпилепсией с очагом поражения в правом полушарии. Выявлены нарушения пространственной организации биопотенциалов мозга, которые позволяют объективизировать нарушения структурно-функциональных взаимосвязей у больных эпилепсией с очагом поражения в правом полушарии с образованием многоуровневых патологических нейронных сетей с вовлечением в них интактных нейронных популяций. Специфические изменения межполушарных взаимодействий характеризуются значимым снижением средних уровней когерентности в затылочных, теменных и передне-височных областях по большинству частотных диапазонов. Получены данные, позволяющие полагать специфичность изменений альфа-активности, характеризующейся реципрокностью изменений альфа-ритма в диапазонах 9-10 и 11-12 кол/сек.

## Ключевые слова

ЭЭГ, когерентность, эпилепсия, межполушарная асимметрия.

Статья поступила: 17.03.2015 г.; в доработанном виде: 20.03.2015 г.; принята к печати: 08.04.2015 г.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии необходимости раскрытия финансовой поддержки или конфликта интересов в отношении данной публикации.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Для цитирования:** Неробкова Л.Н., Воронина Т.А., Авакян Г.Н., Авакян Г.Г., Хромых Е.А., Ковалев И.Г., Гайдуков И.О. Многопараметрический анализ ЭЭГ у пациентов с правосторонней локализацией эпилептического очага. Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2015; 1: 25-34.

## THE MULTIPLE PARAMETER ANALYSIS OF EEG AT PATIENTS WITH RIGHT-HAND LOCALIZATION OF THE EPILEPTIC FOCUS

Nerobkova L.N.<sup>1</sup>, Voronina T.A.<sup>1</sup>, Avakyan G.N.<sup>2</sup>, Avakyan G.G.<sup>2</sup>, Chromich E.A.<sup>2</sup>, Kovalyov I.G.<sup>1</sup>, Gaydukov I.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chelyabinsk Institute of Pharmacology named V.V. Zakusov, Moscow

<sup>2</sup> The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

## Summary

The article considers the peculiarities of the spatial organization of brain potentials in epileptic patients with a lesion in the right hemisphere. We identified violations of the spatial organization of brain potentials, which allow you to objectify violations of structural-functional relationships in epileptic patients with a lesion in the right hemisphere with the formation of multilevel pathological neural networks involving intact neural populations. Specific changes of hemispheric interactions characterized by a significant decrease in average levels of coherence in the occipital, parietal and anterior-

*temporal areas in most frequency bands. The obtained data allow to suppose the specificity of the changes in alpha activity, characterized by the reciprocity of changes in the alpha rhythm in the range of 9-10 and 11-12 number`s.*

#### Key words

*EEG coherence, epilepsy, hemispheric asymmetry.*

**Received:** 17.03.2015; **in the revised form:** 20.03.2015; **accepted:** 08.04.2015.

#### Conflict of interests

The authors declared that they do not have anything to disclosure regarding funding or conflict of interests with respect to this manuscript.

All authors contributed equally to this article.

**For citation:** Nerobkova L.N., Voronina T.A., Avakyan G.N., Avakyan G.G., Chromich E.A., Kovalyov I.G., Gaydukov I.O. The multiple parameter analysis of EEG at patients with right-hand localization of the epileptic focus. *Epilepsiya i paroksizmal'nye sostoyaniya/Epilepsy and paroxysmal conditions*. 2015; 1: 25-34 (in Russian).

#### Corresponding author

Address: Baltiiskaya str., 8, 125315, Moscow, Russia.

E-mail address: Ln\_Nerobkova@mail.ru (Nerobkova L.N.).

## Введение

В настоящее время когерентный анализ спектральных характеристик ЭЭГ рассматривается как методический подход, позволяющий оценить функциональные связи и степень синхронизации региональной активности в коре головного мозга, и являющийся методом информативной оценки функционального состояния головного мозга как в норме, так и при патологии [1,2,7,9,10,11,13,18,20,25]. Достижению успеха в этом направлении способствует появление новых компьютерных технологий для обработки ЭЭГ, что позволяет выявить высокоспецифичные ЭЭГ-паттерны у больных с разными анатомо-топографическими вариантами очаговых поражений мозга [8]. Показатели мощности и когерентности ЭЭГ отражают различные аспекты функциональной активности мозга. Мощность ЭЭГ характеризует локальную активность нейронных ансамблей в определенной области коры, а когерентность показывает степень связанности и согласованной работы нейронных ансамблей различных отделов головного мозга. Показатели внутри- и межполушарной когерентности являются маркерами эпилептического повреждения мозга. Межполушарная когерентность является показателем интенсивности интегративных процессов между гомологичными участками коры и снижается при различных патологических процессах в мозге, протекающих с вовлечением синхронизирующих структур лимбико-ретикулярного комплекса [6,19]. В связи с вышеизложенным структурно-функциональные взаимоотношения являются важным аспектом при изучении эпилептогенеза, особенно при локально обусловленных формах эпилепсии, которые характеризуются образованием патологических нейронных сетей с вовлечением в них интактных нейронных популяций. Концепция формирова-

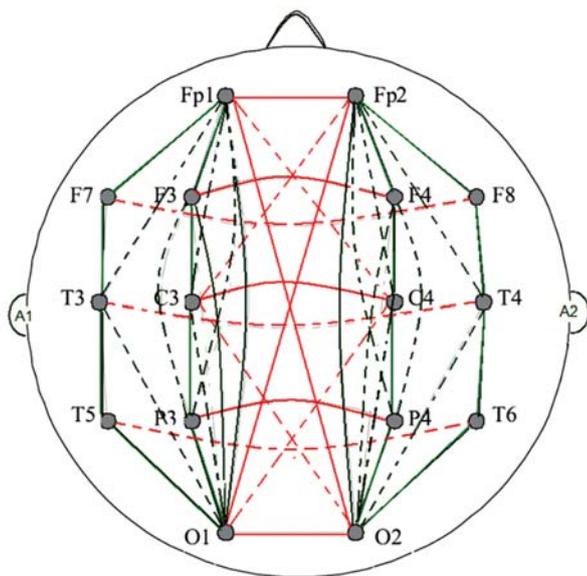
ния патологических систем и, особенно, эпилептической и антиэпилептической хорошо представлена в работах отечественных авторов [4,10,12,14,15,16,17,21,22,23].

В последние годы за рубежом нарушения в организации нейронных сетей предложено рассматривать как основную модель перехода между нормальной и эпилептической активностью [27,28,29,30,31,32], а эпилепсию – характеризовать как заболевание, в основе которого лежат нарушения в организации кортикальной нейрональной сети [26]. Структурно-функциональные взаимоотношения являются важным аспектом при изучении эпилептогенеза при поражениях структур мозга.

**Целью настоящего исследования** явилось определение спектрально-когерентных показателей (маркеров) патологического процесса у пациентов с правосторонней локализацией эпилептогенного очага на основе выявления межзональных связей ЭЭГ и их соотношения с топографическим картированием и определением эквивалентных дипольных источников отдельных ЭЭГ-составляющих.

## Материалы и методы

Исследования проведены у 12 пациентов (8 мужчин и 4 женщины) с эпилепсией, с правосторонней локализацией очага поражения, относящихся по Международной классификации эпилепсий, эпилептических синдромов и схожих заболеваний (Нью-Дели, 1989) к группе 3 – «формы эпилепсии, не имеющие четкой классификации как парциальные или генерализованные». При клинко-электроэнцефалографических сопоставлениях использовались данные комплексного исследования, включающего верификацию топографии патологического очага. На основании результатов магнитно-резонансной томо-



**Рисунок 1.** Схема анализируемых когерентных связей ЭЭГ.

Латинскими буквами с цифрами обозначены отведения ЭЭГ по схеме 10–20.

графии были выделены очаги поражения в правой гемисфере: киста в лобно-теменно-височной области (два человека), киста в передней области (пять человек), арахноидальная киста лобно-височной области (два человека), киста височной области (три человека).

Протокол обследования испытуемых одобрен этической комиссией ФГБНУ «НИИ фармакологии имени В.В. Закусова».

Регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) проводилась в состоянии расслабленного бодрствования (3 мин.) в стандартных условиях: в затемненной и защищенной от электропомех комнате. Испытуемый располагался в удобном кресле, в положении сидя с закрытыми глазами. Использовался монополярный способ регистрации ЭЭГ.

В качестве референтных использовались ушные билатеральные электроды (A1, A2); 16 активных электродов располагались в соответствии с международной системой Джаспера «10–20», с охватом основных зон конвексимальной поверхности головы. Использовался 21-канальный аппаратно-программный комплекс для топографического картирования электрической активности мозга «Нейро-КМ» (Россия), с установленными фильтрами на 32 Гц и постоянной времени 0,3, работающий на базе IBM-PC. Компьютерный анализ ЭЭГ осуществлялся с помощью программы «Brainsys». Программный комплекс выполнял следующие функции: ввод в компьютер многоканальной ЭЭГ и ее визуальное редактирование, включающее фильтрацию с использованием полосового фильтра в интервале частот от 32 до 1,5 Гц; выделение артефактов и их устранение из анализируемого отрезка ЭЭГ; спектральный анализ ЭЭГ и статистическую обработку полученных результатов. При проведении спектрально-когерентного анализа

использовались 60-секундные фрагменты многоканальной безартефактной записи ЭЭГ. Когерентный анализ проводился для близлежащих и удаленных областей мозга в пределах каждого из полушарий и для одноименных областей мозга правого и левого полушарий, что позволяло характеризовать короткие и длинные внутри- и межполушарные связи соответственно.

1. Короткие внутрислоушарные связи определялись для пар: Fp1 – F3, F3 – C3, C3 – P3, P3 – O1, F7 – T3, T3 – T5, Fp2 – F4, F4 – C4, C4 – P4, P4 – O2, F8 – T4, T4 – T6;

2. Длинные внутрислоушарные связи определялись для пар: C4 – O2, C3 – O1, F4 – O2, F3 – O1, Fp2 – O2, Fp1 – O1, F4 – P4, F3 – P3, Fp2 – P4, Fp1 – P3, Fp2 – C4, Fp1 – C3, T4 – O2, T3 – O1, Fp2 – T4, Fp1 – T3;

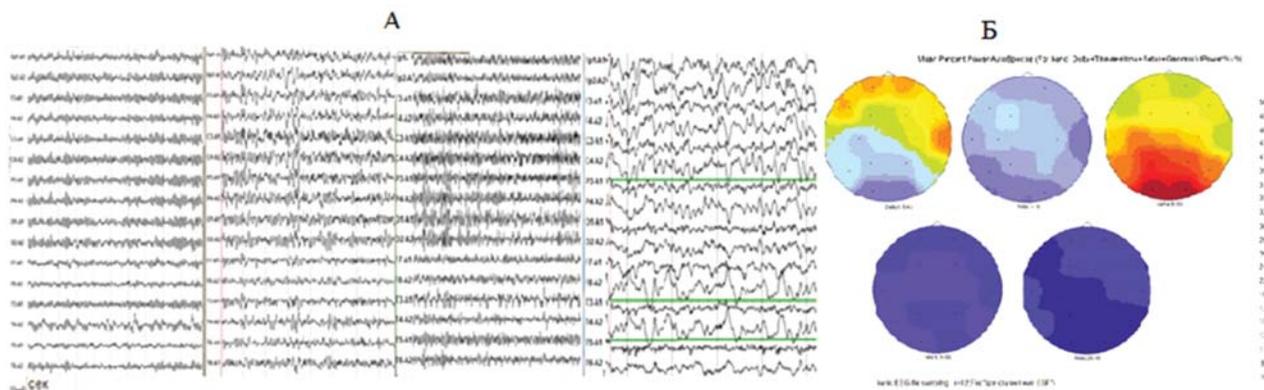
3. Межполушарные связи определялись для пар: Fp1 – Fp2, F3 – F4, C3 – C4, P3 – P4, O1 – O2, F7 – F8, T3 – T4, T5 – T6.

Полная схема анализируемых связей представлена на рисунке 1. Латинскими буквами с цифрами обозначены отведения ЭЭГ по схеме 10–20.

При исследовании пространственной организации ЭЭГ и взаимосвязей между зонами коры для каждой пары анализируемых отведений учитывали показатели значений когерентности более 0,7 в частотном диапазоне 32–1,5 Гц с шагом в 1 Гц. Сравнение данных спектрально-когерентного анализа ЭЭГ больных с нормой проводили с использованием нейрометрического банка данных ЭЭГ, прилагаемого в программе «Brainsys». Статистические исследования выполнялись с использованием нормализованных коэффициентов когерентности, позволяющих привести эту случайную величину к распределению Гаусса, вычисляемых по формуле Бендат Дж., Пирсол А. [3]. Локализация источников генерации биопотенциалов определялась методом эквивалентных дипольных источников с применением программы «BrainLoc». Перед проведением процедуры определения зоны локализации источника потенциалов отобранные 10-секундные безартефактные отрезки ЭЭГ подвергались цифровой фильтрации в исследуемых диапазонах.

## Результаты и их обсуждение

При визуальном анализе ЭЭГ учитывались нарушения основного ритма и наличие патологических знаков. Показано, что отклонения ЭЭГ от нормы в разной степени отмечались у всех пациентов. В основном эти изменения касались нарушения основного ритма, что выражалось в снижении зональных различий, наличии диффузных острых волн и пиков, распространении альфа-ритма в передние отделы, нарушении его структуры и модулированности. Усиление диффузной тета-активности отмечалось на стороне очага поражения. Локальные изменения биоэлектрической активности в основном характеризовались усилением дельта- и/или бета-

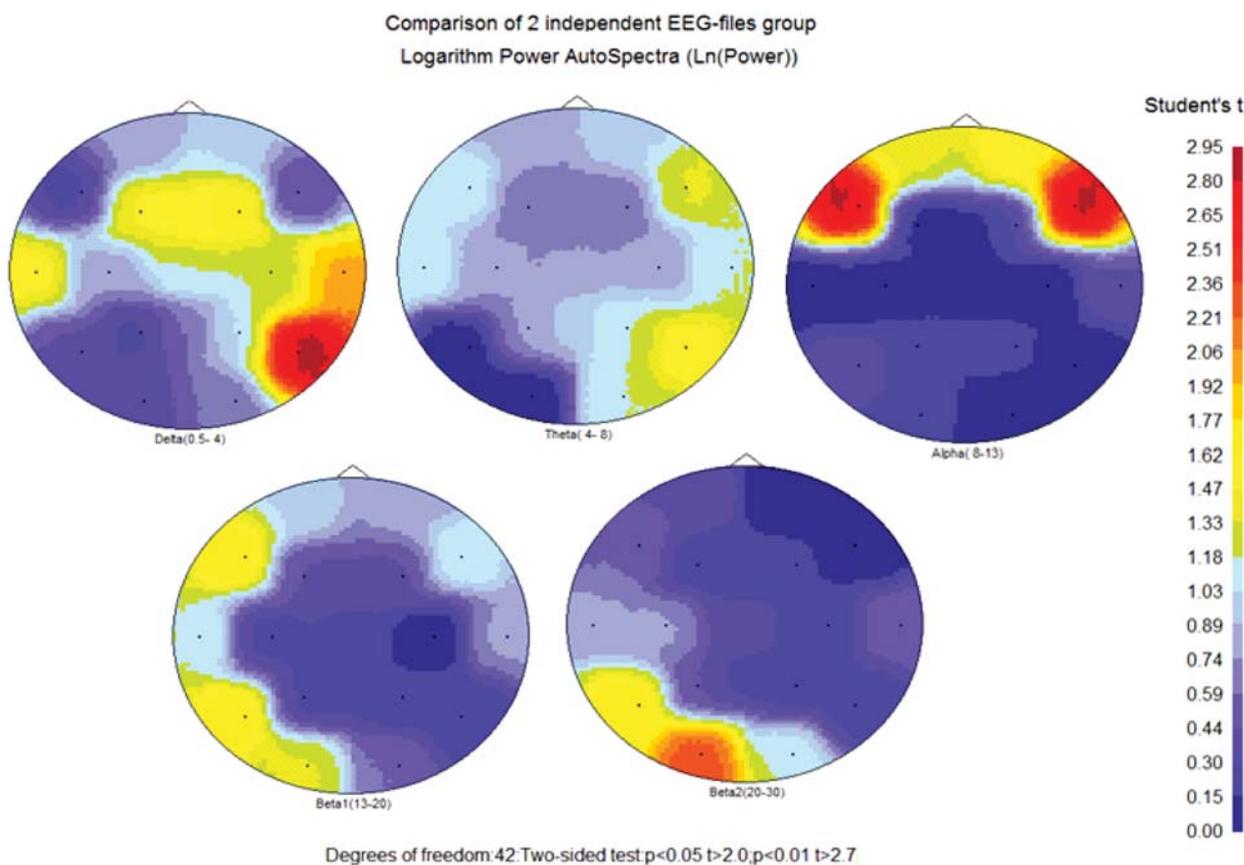


**Рисунок 2.** Примеры различных типов ЭЭГ [А] и топограммы спектров мощности ЭЭГ, усредненные для всей группы больных [Б].

активности. Наличие пароксизмальной активности отмечалось в той или иной степени у всех исследованных больных, в виде вспышек отдельных острых «альфа-подобных» волн, синхронных билатеральных вспышек групп тета- и дельта-волн с острыми и расщепленными вершинами, групп острых «альфа-подобных» волн или пиков в сочетании с тета- и дельта-волнами. Наиболее часто отмечалось сочетанное присутствие вспышек пароксизмальной активности полиморфного характера (см. рис. 2А). Результаты спектрального анализа ЭЭГ больных, усред-

ненные для всей группы больных, обнаружили высокий индекс альфа-активности по всей конвексимальной поверхности и повышение индекса тета-активности в центрально-теменно-височных отделах. Локальные изменения ЭЭГ характеризовались наличием очагов дельта-активности в лобно-височных отделах с акцентом справа (см. рис. 2Б).

Сравнительный анализ ЭЭГ больных в сопоставлении с нормой парметрического банка данных выявил достоверное увеличение мощности спектра дельта- и тета-активности в височных отделах на стороне по-



**Рисунок 3.** Особенности изменений мощности спектров ЭЭГ больных в сравнении с нормой (параметрический банк данных).

Фамилия пациента	Внутриполушарные				Междуполушарные	
	справа		слева		снижение	усиление
	снижение	усиление	снижение	усиление		
А-ян		$\alpha, \beta_1, \beta_2$ T4-F8	$\beta_2: F7-O1,$ F7-T5		$\alpha, \beta_1, \beta_2$	$\delta$
П-ин		$\alpha, O2-F4$ O2-T4	$\alpha, T3-C3$		$\alpha, \beta$	
П-ов	$\delta F8-O2, T4-T6,$ T4-F8			$\theta, T3-F3$	$\delta T5-O2,$	
Ал-ян		$\alpha, \delta O2-F4$ O2-T4	$\alpha, F7-O1$	$\alpha, O1-C3, O1-F7$	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \theta, \delta$	
Б-ая		$\alpha, O2-F4$		$\alpha, \beta_2 O1-F3$	$\beta, \theta, \delta$	$\alpha, \beta_1$
Б-ин		$\delta, F8-O2$	$\alpha, \theta, \beta T5-F7,$ T3-T5, T3-O1.			
Б-в	$\alpha, F8-T4$		$\beta F7-O1$	$\delta F7-O1, O1-F3$	$\theta, \beta$	
Б-зе	$\alpha \theta, \beta F8-T4$			$\theta T3-F3$	$\alpha, \delta, \beta$	
А-ва	$\alpha, F8-T4$				$\beta_1, \beta_2,$	
К-ев	$\theta, \beta T4-F8, T4-T6,$ T4-2		$\alpha, O1-F3, O1-F7$		$\beta, \theta, \delta$	
Л-зо					$\alpha, \delta, \beta$	
Б-ов	$\delta$	$\beta_1$	$\beta$	$\delta$		$\alpha, [F3-F4, C3-C4]$

Таблица 1. Особенности реорганизации внутриполушарных и междуполушарных отношений ЭЭГ больных по сравнению с нормой (по показателям средних уровней когерентности ЭЭГ).

вреждения, а бета-активности – в височных отделах интактного полушария. Кроме того, в передних отделах мозга обеих гемисфер отмечалось достоверное усиление по сравнению с нормой спектра мощности альфа-активности (см. рис. 3).

Анализ когерентных характеристик ЭЭГ больных по средним показателям КОГ показал, что общим для них является снижение уровня междуполушарной когерентности в широком диапазоне частот по сравнению с нормой. Перестройка внутриполушарных свя-

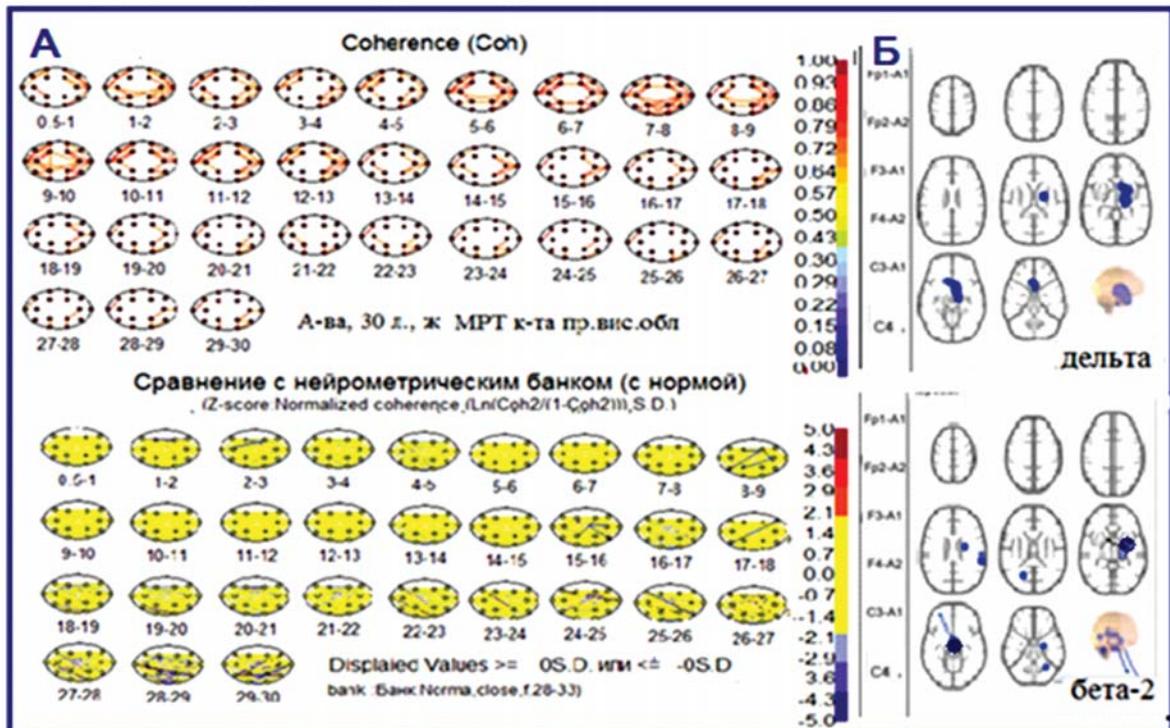
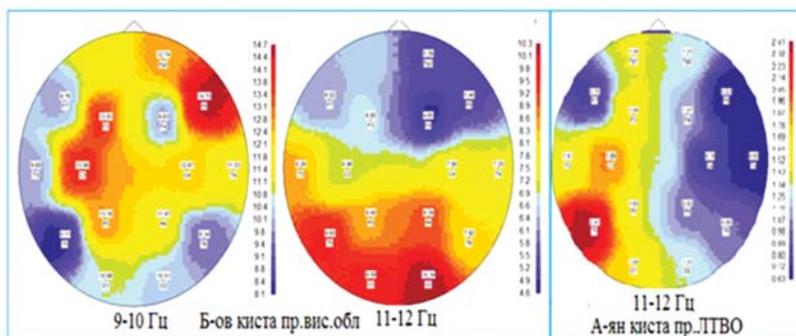


Рисунок 4. Картирование КОГ и эквивалентные источники дельта- и бета-активности (пациентка А-ва, диагноз: «киста в правой височной области»).

А – карты когерентности; Б – дипольная локализация источников дельта- (вверху) и бета- (внизу) активности. Источники обозначены точками, располагающимися на 6-7-8 срезах мозга, изображенных в соответствии с анатомическим атласом Гамбарелли [24].



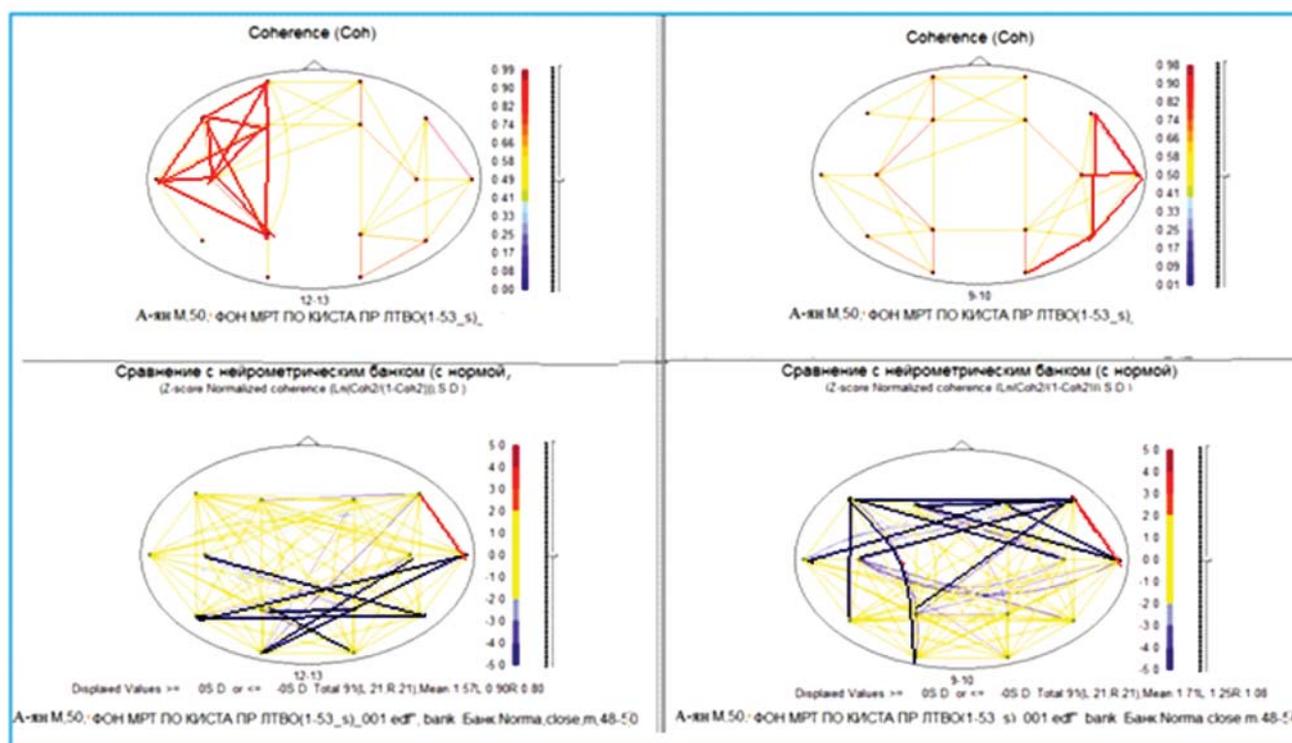
**Рисунок 5.** Картирование мощности альфа-активности ЭЭГ при локализации кисты в правой височной области (пациенты Б-ой, Б-ов) и кисты в лобно-теменно-височной области (пациент Б-ой, А-ян).

*Вертикальная полоса – процент мощности.*

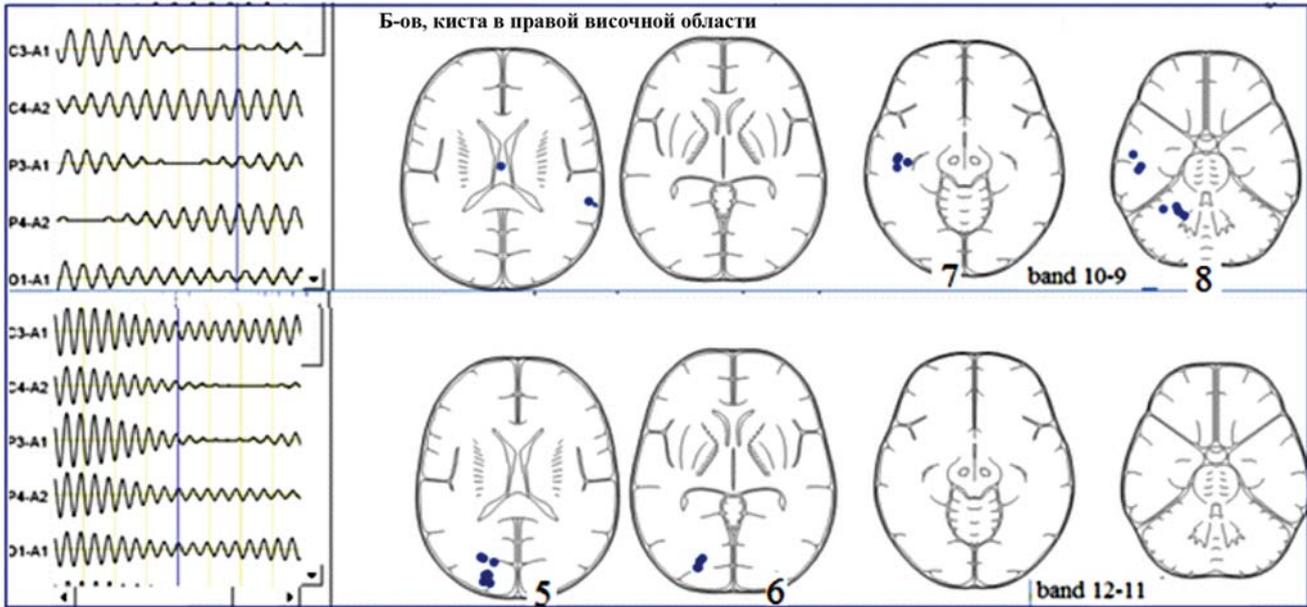
зей носила разнонаправленный характер изменений КОГ: на стороне очага в большинстве случаев отмечалось усиление среднего уровня полюсно-полюсных связей КОГ в основном в диапазоне альфа- и дельта-частот, а в контрлатеральном полушарии – снижение (см. табл. 1).

Наряду с общими чертами были выявлены и особенности реорганизации биоэлектрической активности, в зависимости от локализации дипольных источников доминирующих видов патологической активности. Вовлечение в генерацию дельта- и бета-активности базальных ядер и таламуса приводит к снижению по сравнению нормой межполушарных связей по дельта-активности в лобных отделах мозга, а в диапазоне бета-активности – в затылочно-теменных отделах мозга и височных полюсно-полюсных связей (см. рис. 4).

Особый интерес представляют результаты спектрально-когерентного анализа альфа-активности. При анализе пространственной организации ЭЭГ с шагом в 1 Гц выявилась специфическая частотная гетерогенность альфа-ритма. Как правило, в зоне очага в лобно-центральных отделах коры наблюдалась редукция альфа-активности в диапазоне 11-12 Гц и усиление альфа-активности в диапазоне 9-10 Гц, а в затылочно-теменных отделах – усиление альфа-активности в диапазоне 11-12 кол/сек. и редукция альфа-ритма в диапазоне 9-10 кол/сек. При распространении очага поражения в лобно-теменно-височные области редукция альфа-активности на стороне поражения распространяется по всей конвексальной поверхности и, как правило, сочетается с усилением альфа-ритма в контрлатеральном полушарии (см. рис. 5).



**Рисунок 6.** Особенности реорганизации внутрислошарных и межполушарных отношений (по показателям средних уровней когерентности ЭЭГ) в разных диапазонах альфа-активности.

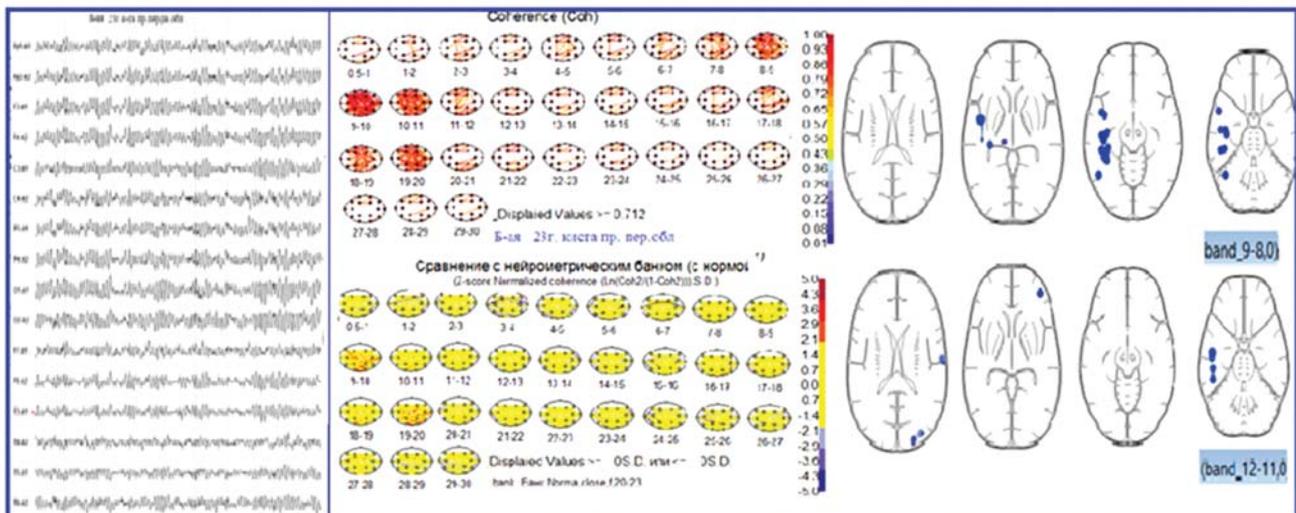


**Рисунок 7.** Эквивалентные источники разных типов альфа-активности ЭЭГ больного с кистой в правой височной области. Дипольная локализация источников височной (вверху) и затылочной (внизу) альфа-активности. Источники обозначены точками, располагающимися на 5-6 и 7-8 срезах мозга, изображенных в соответствии с анатомическим атласом Гамбарелли [24].

Специфическая форма нарушения пространственной реорганизации альфа-активности проявлялась и при анализе изменений когерентности в диапазоне 12-13 кол/сек. Отмечалось снижение межполушарных связей по сравнению с нормой в затылочно-височных отделах, а в диапазоне 9-10 кол/сек. – в височно-лобных отделах. Снижение уровня КОГ альфа-активности в диапазоне 9-10 Гц наблюдалось и для полюсно-полюсных внутривисочных, височно-височных и височно-затылочных пар отделений на стороне поражения (см. рис. 6).

При использовании метода трехмерной дипольной локализации источников генерации альфа-активности в различных диапазонах было показано, что зона генерации альфа-активности в диапазоне 11-12 кол/сек. расположена в основном в задних сагитальных отделах интактного полушария, то есть в зонах генерации затылочного альфа-ритма, а зона генерации альфа-активности – в диапазоне 9-10 Гц – в медиобазальных отделах височной доли (см. рис. 7).

Следует отметить, что при генерализации альфаритма по всей конвексальной поверхности отмеча-



**Рисунок 8.** Картирование КОГ и эквивалентные источники альфа-активности (пациентка Б-ая, диагноз: «киста в правой передней области»).

А – ЭЭГ; Б – карты когерентности; В – дипольная локализация источников альфа-активности. Источники обозначены точками, располагающимися на 5-6-7-8 срезах мозга, изображенных в соответствии с анатомическим атласом Гамбарелли [24].

ется усиление среднего уровня межполушарных и полюсных внутриволновых КОГ в широком диапазоне альфа-частот. При этом дипольная локализация эквивалентных источников выявила значительное усиление генерации альфа-активности в диапазоне 8-9 кол/сек. в височно-центральных отделах интактного полушария.

В результате проведенных исследований выявлены нарушения пространственной организации биопотенциалов мозга, которые позволяют объективизировать нарушения структурно-функциональных взаимосвязей у больных эпилепсией с очагом поражения в правом полушарии с образованием многоуровневых патологических нейронных сетей с вовлечением в них интактных нейронных популяций. Специфические изменения межполушарных взаимодействий характеризовались значимым снижением средних уровней когерентности в затылочных, теменных и передне-височных областях по большинству частотных диапазонов. Получены данные, по-

зволяющие судить о специфичности изменений альфа-активности, характеризующейся реципрокностью изменений альфа-ритма в диапазонах 9-10 и 11-12 кол/сек. Выявленные в наших исследованиях топографические особенности этой активности согласуются с данными, представленными в исследованиях Г.Н. Болдыревой (2000) [5], где показано, что генерализация альфа-ритма, проявляющегося без типичного для ЭЭГ здоровых людей амплитудного градиента в затылочно-лобном направлении, может быть обусловлена поражением дизэнцефальных структур, а перемещение зоны максимального проявления альфа-ритма – из затылочных в центрально-лобные отделы вовлечением в патологический процесс таламических структур. Результаты дипольной локализации источников альфа-активности эпилептического характера свидетельствуют о том, что зона их генерации расположена в основном в медиобазальных отделах височной доли пораженного полушария.

## Литература:

1. Авакян Г.Н., Бадалян О.Л., Бурд С.Г., Ридер Ф.К., Воронина Т.А., Неробкова Л.Н. Спектральный и когерентный анализ пространственной организации биоэлектрической активности головного мозга у больных эпилепсией до и после лечения. Нейродиагностика и высокие биомедицинские технологии. 2006; 2: 91-96.
2. Авакян Г.Н., Денисова С.В. Клинико-нейрофизиологические особенности сезонных изменений при эпилепсии. Русский медицинский журнал. 2008; 16 (96): 366-371.
3. Бендат Дж., Пирсол Л. Измерение и анализ случайных процессов. Перевод с английского. Предисловие Г.Я. Мирского. М. 1974; 464 с.
4. Бехтерева Н.П., Камбарова Д.К., Поздеев В.К. Устойчивое патологическое состояние при болезнях мозга. Л. 1978; 240.
5. Болдырева Г.Н. Электрическая активность мозга при поражении дизэнцефальных и лимбических структур. М. 2000; 181 с.
6. Болдырева Г.Н., Манелис Н.Г., Скорятин И.Г., Фролов А.А. Межцентральные отношения электрических процессов мозга человека при вовлечении в патологический процесс лимбических структур. Физиология человека. 1997; 23 (2): 42-49.
7. Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В., Добронравова И.С. Межцентральные отношения ЭЭГ как отражение системной организации мозга человека в норме и патологии. Журн. высшей нервной деятельности. 2003; 53 (4): 391-401.
8. Воронина И.А. Способ определения риска развития осложнений в раннем послеоперационном периоде у больных после удаления опухолей базально-дизэнцефальной локализации патент [RU 2473303]; А61В5/0476. Электроэнцефалография. 2011; [публикация патента: 27.01.2013].
9. Гребенюк О.В., Рудченко С.А., Котов Д.В., Казенных Т.В., Алифирова В.М. Способ выявления эпилептиформной активности. Патент № 2409315 от 20 января 2011.
10. Гребенюк О.В., Алифирова В.М., Светлик М.В. Когерентные отношения ритмов ЭЭГ при смене функциональных состояний у взрослых с локально обусловленной эпилепсией. Сибирский вестник психиатрии и наркологии. 2013; 5 (80): 71-76.
11. Гусев Е.И., Авакян Г.Н., Неробкова Л.Н., Довлетханова Э.Р., Олейникова О.М., Митрофанов А.А. Пространственная организация биоэлектрической активности головного мозга при эпилепсии и аменореи центрального генеза. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2002; 3: 37-42.
12. Карлов В.А. Эпилепсия у детей и взрослых женщин и мужчин. М. 2010.
13. Корсакова Е.А., Хоршев С.К., Баранцевич Е.Р., Слезин В.Б. Диагностика разных стадий эпилептогенеза методом фрактального анализа ЭЭГ. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2011; 5: 37-41.
14. Крыжановский Г.Н. Детерминантные структуры в патологии нервной системы. М. 1980; 89 с.
15. Крыжановский Г.Н. Общая патология нервной системы. М. 1997.
16. Крыжановский Г.Н. Дизрегуляторная патология. М. 2002.
17. Крыжановский Г.Н., Шандра А.А., Годлевский Л.С., Мазарати А.М. Антиэпилептическая система. Успехи физиол. наук. 1992; 23 (3): 38-59.
18. Курбанова С.А., Олейникова О.М., Авакян Г.Н. Нейрофизиологический анализ симптоматической посттравматической эпилепсии. Журнал неврологии и психиатрии. 2007; 6: 50-53.
19. Морозова М.А., Благосклонова Н.К. Внутриволновая когерентность ЭЭГ в зависимости от клинических проявлений височной эпилепсии у детей. Физиология человека. 2007; 4: 18-23.
20. Неробкова Л.Н., Филатова Ю.Б., Воронина Т.А., Авакян Г.Н., Хромых Е.А., Гайдуков И.О., Авакян Г.Н. Изучение электрофизиологических механизмов регресса патологической системы у больных эпилепсией с использованием спектрально-когерентного анализа и метода дипольных источников. Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2013; 5 (1): 22-3.
21. Окуджава В.М. Основные нейрофизиологические механизмы эпилептической активности. Тбилиси. 1969.
22. Сараджишвили П.М., Геладзе Т.Ш. Эпилепсия. М. 1977; 304 с.
23. Степанова Т.С., Грачев К.В. Электрофизиология патогенетического стереотаксиса при эпилепсии. Материалы конференции по проблеме эпилепсии. Ереван. 1976; 87-91.
24. Gambarelli Y., Gurinel G., Cherrot L., Mattei M. Computerized axial Tomography [an anat. Atlas of sections of the Human body. AnatomyRachiology-Scannes]. Berlin – Heidelberg – N.Y. 1977.
25. Jinyao Zhang. Nonlinear Analysis and Biomarkers in Neurological Diseases [Temporal Lobe Epilepsy and Alzheimer's Disease]; <http://www.researchgate.net/publication/3086435>.
26. Kramer M.A., Cash S.S. Epilepsy as a disorder of critical network organization. Neuroscientist. 2012; 18 (4): 360-72.
27. Laufs H. Functional imaging of seizures and epilepsy: evolution from zones to networks. Curr Opin Neurol. 2012; 25: 194-200.
28. Lopes da Silva F., Blanes W., Kalitzin S. N. et

- al. Epilepsies as dynamical diseases of brain systems: basic models of the transition between normal and epileptic activity. *Epilepsia*. 2003; 44 (12): 72-8.
29. Rosenow F., Luders H. Presurgical evaluation of epilepsy. *Brain*. 2001; 124: 1683-1700.
30. Rummel C., Goodfellow M., Gast H. et al. A systems-level approach to human epileptic seizures. *Neuroinformatics*. 2013; 11: 159-173.
31. Spencer S.S. Neural networks in human epilepsy: evidence of and implications for treatment. *Epilepsia*. 2002; 43: 219-227.
32. Warren C.P., Hu S., Stead M., Brinkmann B.H., Bower M.R., Worrell G.A. Synchrony in Normal and Focal Epileptic Brain: The Seizure Onset Zone is Functionally Disconnected. *J Neurophysiol*. 2010; 104: 3530-3539.

## References:

- Avakyan G.N., Badalyan O.L., Burd S.G., Rider F.K., Voronina T.A., Nerobkova L.N. *Neurodiagnostika i vysokie biomeditsinskie tekhnologii*. 2006; 2: 91-96.
- Avakyan G.N., Denisova S.V. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2008; 16 (96): 366-371.
- Bendat Dzh., Pirsol L. Measurement and analysis of stochastic processes. Translated from English. Preface GY Mirsky [Izmerenie i analiz sluchaynykh protsessov. Perevod s angliyskogo. Predislovie G.Ya. Mirskogo]. Moscow. 1974; 464 s.
- Bekhtereva N.P., Kambarova D.K., Pozdeev V.K. Sustainable pathological condition in diseases of the brain [Ustoychivoe patologicheskoe sostoyanie pri boleznyakh mozga]. Leningrad. 1978; 240.
- Boldyreva G.N. The electrical activity of the brain in the defeat dientsifalnih and limbic structures [Elektricheskaya aktivnost' mozga pri porazhenii dientsifal'nykh i limbicheskikh struktur]. Moscow. 2000; 181 s.
- Boldyreva G.N., Manelis N.G., Skoryatina I.G., Frolov A.A. *Fiziologiya cheloveka*. 1997; 23 (2): 42-49.
- Boldyreva G.N., Zhavoronkova L.A., Sharova E.V., Dobronravova I.S. *Zhurn. vysshey nervnoy deyatel'nosti*. 2003; 53 (4): 391-401.
- Voronina I.A. A method for determining the risk of complications in the early postoperative period in patients after tumor removal basal diencephalic localization patent [RU 2473303]: A61B5 / 0476. Electroencephalography. 2011; [Patent Publication: 27/01/2013] [Sposob opredeleniya riska razvitiya oslozhneniy v rannem posleoperatsionnom periode u bol'nykh posle udaleniya opukholey bazal'no-dientsifal'noy lokalizatsii patent [RU 2473303]: A61B5/0476. *Elektroentsefalografiya*. 2011].
- Grebnyuk O.V., Rudchenko S.A., Kotov D.V., Kazennykh T.V., Alifirova V.M. A method of detecting epileptiform activity. Patent number 2409315 on 20 January 2011 [Sposob vyavleniya epileptiformnoy aktivnosti. Patent № 2409315 ot 20.01.2011].
- Grebnyuk O.V., Alifirova V.M., Svetlik M.V. *Sibirskiy vestnik psikiatrii i narkologii*. 2013; 5 (80): 71-76.
- Gusev E.I., Avakyan G.N., Nerobkova L.N., Dovletkhanova E.R., Oleynikova O.M., Mitrofanov A.A. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2002; 3: 37-42.
- Karlov V.A. Epilepsy in children and adult women and men [Epilepsiya u detey i vzroslykh zhenshchin i muzhchin]. Moscow. 2010.
- Korsakova E.A., Khorshev S.K., Barantsevich E.R., Slezin V.B. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2011; 5: 37-41.
- Kryzhanovskiy G.N. Determinant structure in the pathology of the nervous system [Determinantnye struktury v patologii nervnoy sistemy]. Moscow. 1980; 89 s.
- Kryzhanovskiy G.N. General pathology of the nervous system [Obshchaya patologiya nervnoy sistemy]. Moscow. 1997.
- Kryzhanovskiy G.N. Dizregulyatsionnaya pathology [Dizregulyatsionnaya patologiya]. Moscow. 2002.
- Kryzhanovskiy G.N., Shandra A.A., Godlevskiy J.I.C., Mazarati A.M. *Uspekhi fiziol. nauk*. 1992; 23 (3): 38-59.
- Kurbanova S.A., Oleynikova O.M., Avakyan G.N. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii*. 2007; 6: 50-53.
- Morozova M.A., Blagosklonova N.K. *Fiziologiya cheloveka*. 2007; 4: 18-23.
- Nerobkova L.N., Filatova Yu.B., Voronina T.A., Avakyan G.G., Khromykh E.A., Gaydukov I.O., Avakyan G.N. *Epilepsiya i paroksizmal'nye sostoyaniya*. 2013; 5 (1): 22-3.
- Okudzhava V.M. Basic neurophysiological mechanisms of epileptic activity [Osnovnyye nefrofiziologicheskie mekhanizmy epilepticheskoy aktivnosti]. Tbilisi. 1969.
- Saradzhishvili P.M., Geladze T.Sh. *epilepsy [Epilepsiya]*. Moscow. 1977; 304 s.
- Stepanova T.S., Grachev K.V. Electrophysiology pathogenetic stereotactic epilepsy. Proceedings of the conference on the problem of epilepsy [Elektrofiziologiya patogeneticheskogo stereotaksisa pri epilepsii]. Erevan. 1976; 87-91.
- Gambarelli Y., Gurinel G., Cherrot L., Mattei M. Computerized axial Tomography [an anat. Atlas of sections of the Human body. AnatomyRachiology-Scannes]. Berlin – Heidelberg – N.Y. 1977.
- Jinyao Zhang. Nonlinear Analysis and Biomarkers in Neurological Diseases [Temporal Lobe Epilepsy and Alzheimer's Disease]; <http://www.researchgate.net/publication/3086435>.
- Kramer M.A., Cash S.S. Epilepsy as a disorder of cortical network organization. *Neuroscientist*. 2012; 18 (4): 360-72.
- Laufs H. Functional imaging of seizures and epilepsy: evolution from zones to networks. *Curr Opin Neurol*. 2012; 25: 194-200.
- Lopes da Silva F., Blanes W., Kalitzin S. N. et al. Epilepsies as dynamical diseases of brain systems: basic models of the transition between normal and epileptic activity. *Epilepsia*. 2003; 44 (12): 72-8.
- Rosenow F., Luders H. Presurgical evaluation of epilepsy. *Brain*. 2001; 124: 1683-1700.
- Rummel C., Goodfellow M., Gast H. et al. A systems-level approach to human epileptic seizures. *Neuroinformatics*. 2013; 11: 159-173.
- Spencer S.S. Neural networks in human epilepsy: evidence of and implications for treatment. *Epilepsia*. 2002; 43: 219-227.
- Warren C.P., Hu S., Stead M., Brinkmann B.H., Bower M.R., Worrell G.A. Synchrony in Normal and Focal Epileptic Brain: The Seizure Onset Zone is Functionally Disconnected. *J Neurophysiol*. 2010; 104: 3530-3539.

## Сведения об авторах:

Неробкова Любовь Николаевна – к.б.н., старший научный сотрудник ФГБНУ «НИИ Фармакологии им. В.В. Закусова». Адрес: Балтийская ул. 8, Москва, 125315, Россия. Тел.: +74956012414. E-mail: Ln\_Nerobkova@mail.ru.

Воронина Татьяна Александровна – профессор, д.м.н., руководитель лаборатории психофармакологии ФГБНУ «НИИ Фармакологии им. В.В. Закусова». Адрес: Балтийская ул. 8, Москва, 125315, Россия. Тел.: +74956012414. E-mail: voroninata38@gmail.com.

Авакян Гагик Норайрович – д.м.н., заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Адрес: ул. Островитянова, д. 1., Москва, 117997, Россия. E-mail: gavakyan@yandex.ru.

Авакян Георгий Гагикович – к.м.н., ассистент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Адрес: ул. Островитянова, д. 1., Москва, 117997, Россия. Тел.: +79151879506.

Хромых Елена Александровна – ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Адрес: ул. Островитянова, д. 1., Москва, 117997, Россия.

Ковалев Иван Георгиевич – аспирант ФГБНУ «НИИ Фармакологии им. В.В. Закусова». Адрес: 125315 Москва, Балтийская ул. 8. Тел.: +74956012414.

Гайдуков Игорь Олегович – аспирант ФГБНУ «НИИ Фармакологии им. В.В. Закусова». Адрес: Балтийская ул. 8, Москва, 125315, Россия. Тел.: +74956012414.

**About the authors:**

Nerobkova Lyubov' Nikolaevna – Ph.D., Senior Research Fellow, Institute of Pharmacology named V.V. Zakusov RAS. Address: Baltiiskaya str., 8, 125315, Moscow, Russia. Tel.: 74956012414. E-mail: Ln\_Nerobkova@mail.ru.

Voronina Tat'yana Aleksandrovna – professor, MD, head of the Laboratory of Psychopharmacology Institute of Pharmacology named V.V. Zakusov RAS. Address: Baltiiskaya str., 8, 125315, Moscow, Russia. Tel.: 74956012414. E-mail: voroninata38@gmail.com.

Avakyan Gagik Norairovich – MD, Honored Scientist of Russia, Professor of Neurology and Neurosurgery, Medical University RNIMU them NI Pirogov. Address: Ostrovityanova str., 1, 117997, Moscow, Russia. E-mail: gavakyan@yandex.ru.

Avakyan Georgii Gagikovich – MD, PhD, Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Medical University RNIMU them NI Pirogov. Address: Ostrovityanova str., 1, 117997, Moscow, Russia. Tel.: 79151879506.

Khromykh Elena Aleksandrovna – Medical University RNIMU them NI Pirogov. Address: Ostrovityanova str., 1, 117997, Moscow, Russia.

Kovalev Ivan Georgievich – Post-graduate, Institute of Pharmacology named V.V. Zakusov RAS. Address: Baltiiskaya str., 8, 125315, Moscow, Russia. Tel.: +74956012414.

Gaidukov Igor' Olegovich – Post-graduate, Institute of Pharmacology named V.V. Zakusov RAS. Address: Baltiiskaya str., 8, 125315, Moscow, Russia. Tel.: +74956012414.