

УДК 612.82:004.9

DOI: 10.17238/PmJ1609-1175.2016.4.26–30

## Проявление инерционности работы мозга по спектральной функции вызванной электромагнитной активности

О.И. Ключкова<sup>1</sup>, Г.А. Шабанов<sup>2</sup>, А.А. Рыбченко<sup>2</sup>, И.В. Погорелова<sup>1</sup>, М.С. Старцева<sup>1</sup>,  
О.В. Переломова<sup>1</sup>, Е.Ю. Воробьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Тихоокеанский государственный медицинский университет (690950, г. Владивосток, пр-т Острякова, 2),

<sup>2</sup> Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН (690022, г. Владивосток, ул. Кирова, 95)

Выполнен анализ инерционности коры головного мозга человека путем регистрации функции спектра вызванной биоэлектрической активности в процессе позиционной компьютерной игры. Использовался двухканальный индукционный магнитоэнцефалограф РС МЭГИ-01. На основании проведенного исследования можно утверждать, что свойство инерционности мозга прослеживается в увеличенном масштабе с шагом 160 с. Названное свойство проявляется различно для каждого полушария и зависит от переходного состояния мозга.

**Ключевые слова:** биоэлектрическая активность мозга, ритмы мозга, двухканальный индукционный магнитоэнцефалограф, позиционная компьютерная игра.

Процесс вовлечения в любую работу, как психическое явление, подразумевает нестатические, неизменные в своей структуре внутримозговые феномены динамической деятельности (гностический, перцептивный, мнемический, мыслительный, коммуникативный и т.д.). Это ориентирует психофизиологию на выявление изменений мозговых процессов в ходе овладения определенными видами психической деятельности.

Известно, что раздражение любого анализатора отражается в специализированных областях коры головного мозга в виде вызванных потенциалов, концентрируясь в фокусах максимальной активности (ФМА). Наблюдаются два взаимоисключающих процесса: перемещение ФМА в передне-заднем и перемещение в межполушарном направлениях в любом активном состоянии мозга человека [3]. По ранее полученным данным, время смены функционального состояния коры головного мозга составляет около 2–4 минут [8].

Под инерционностью мозга понимают сохранение в новой ситуации в течение определенного времени типа кортикальной активационной структуры, зафиксированной в предыдущем периоде. Это свойство мозга определяет длительность процесса погружения в работу или переключения на отдых. Чем слабее инерционность мозга, меньше длительность переходного состояния, тем быстрее обладатель данного мозга эту работу и начнет, и выполнит, и закончит. В принципе, это свойство мозга определяет производительность труда. Известную поговорку «лучший отдых – это смена деятельности» можно связать с изменением типа кортикальной активационной структуры и в конечном счете – с инерционностью мозга. Экспериментально ее обычно фиксируют в функциональной пробе на закрытие/открытие глаз: при переходе от деятельности к относительному покою после закрытия глаз области коры, доминирующие во время работы, инерционно удерживаются в состоянии высокой активности, а при

открытии глаз необходимо время для перехода ФМА в состояние активации.

Если говорить о проявлении инерционности, очевидно, что в зависимости от вида работы могут активироваться разные участки коры, следовательно, свойство инерционности может быть проявлено несколько раз. Было показано, что повторное выполнение работы происходит быстрее, т.е. формируется автоматизм. Процесс используемой компьютерной игры длится около трех минут и совпадает с длительностью кадра одного съема.

Целью настоящей работы стал анализ инерционности коры головного мозга человека путем регистрации функции спектра вызванной биоэлектрической активности (ВБА) в процессе позиционной компьютерной игры.

### Материал и методы

Измерения выполнены в лаборатории нейрокибернетики НИЦ «Арктика» ДВО РАН. Для съема и анализа диффузного ритма активирующей системы мозга использовался двухканальный индукционный магнитоэнцефалограф РС МЭГИ-01 [4]. Чувствительность измерительных катушек – 3,7 пТл/мм<sup>2</sup>, при выходном напряжении с датчика 10 мкВ. Диаметр катушек 60 мм. Отведение в височно-теменной области. Спектральный анализ ритма мозга осуществлялся суммацией сигнала на 840 полосовых фильтрах в диапазоне частот от 0,12 до 27 Гц. Время суммации 160 с (кадр) выбрано таким образом, чтобы отфильтровать и выделить реакции, связанные с вегетативным обеспечением органов и тканей организма [4–9].

На основе быстрого преобразования Фурье строилась разностная спектральная функция. Например, «Сеанс 1 – фон»: т.е. спектральная функция ВБА испытуемого в процессе первого сеанса позиционной компьютерной игры минус спектральная функция ВБА испытуемого в состоянии фона с открытыми глазами.

Для анализа данных использовались значения 638 точек спектральной матрицы, для которых изменение разностной спектральной функции составило не менее чем 30%. В фоновом состоянии (до игры) перед испытуемым стоял включенный ноутбук с позиционной игрой: испытуемый двигал компьютерную мышь и выполнял ею щелчки бесцельно. При измерении спектральной функции «Закрытые глаза 1 – фон» меры регистрировались до начала закрытия глаз.

Измерены данные разностной спектральной функции шести испытуемых – женщин в возрасте 23–58 лет, взаимодействующих с ноутбуком в процессе четырех сеансов (кадров) позиционной компьютерной игры [1]. Эти данные анализировались в динамике изменений спектральной оценки частотных ячеек и суммированных ритмов мозга в левом и правом полушариях в диапазонах: бета (выше 13 Гц), альфа (8–13 Гц), тета (4–8 Гц), дельта (1–4 Гц) и медленных (0,12–1 Гц). Статистический анализ проводился в программах Statistica 10, вычисления и графики сделаны в MS Excel 2010. Использовалась только непараметрическая статистика при доверительной вероятности  $p=0,95$ .

#### Результаты исследования

Полученные в четырех сеансах компьютерной игры четыре выборки разностных спектральных функций, значимо различаются по непараметрическим критериям Манна–Уитни и Колмогорова–Смирнова. Этими же критериями подтверждалась значимость межполушарных различий в каждой выборке. Проявление свойства инерционности мозга игрока ожидалось в первых

сеансах игры. Разностные спектральные функции этих сеансов должны были отличаться от аналогичных функций в последующих кадрах.

На рис. 1 приведены результаты разностной спектральной функции ВБА испытуемых (левая ось ординат) по сеансам позиционной компьютерной игры в зависимости от наиболее сильно возбужденных сегментов (правая ось ординат), связанных с метамерной организацией нервной системы. По оси абсцисс частоты приведены от максимальных к минимальным (по убыванию, т.е. в обратном порядке). Визуально заметно отличие правого верхнего графика (рис. 1, б), соответствующего сеансу 2, от остальных. Здесь ярко выражено увеличение разностной функции левого полушария (пунктирная линия) в области малых частот, т.е. медленных ритмов. В сеансе 3 (рис. 1, в) заметно торможение в этой области (нулевая ось ординат на этом графике проходит по центру). От вышеназванных отличаются сеанс 1 (рис. 1, а) и сеанс 4 (рис. 1, г): они схожи друг с другом по форме, но амплитуды разностной функции больше как в положительном, так и в отрицательном (торможение) направлениях оси ординат, особенно в левой половине каждого фрагмента рисунка.

Суммарные диаграммы в диапазонах бета, альфа, тета, дельта и медленных частот вызванной биоэлектрической активности мозга (в безразмерных единицах) для левого и правого полушарий приведены на рис. 2. Цифры на рисунках означают порядковый номер кадра: например, «С1–Ф3» расшифровывается как спектральная функция ВБА полушария первого сеанса игры без спектральной функции ВБА, полученной перед первой игрой (последний фон).

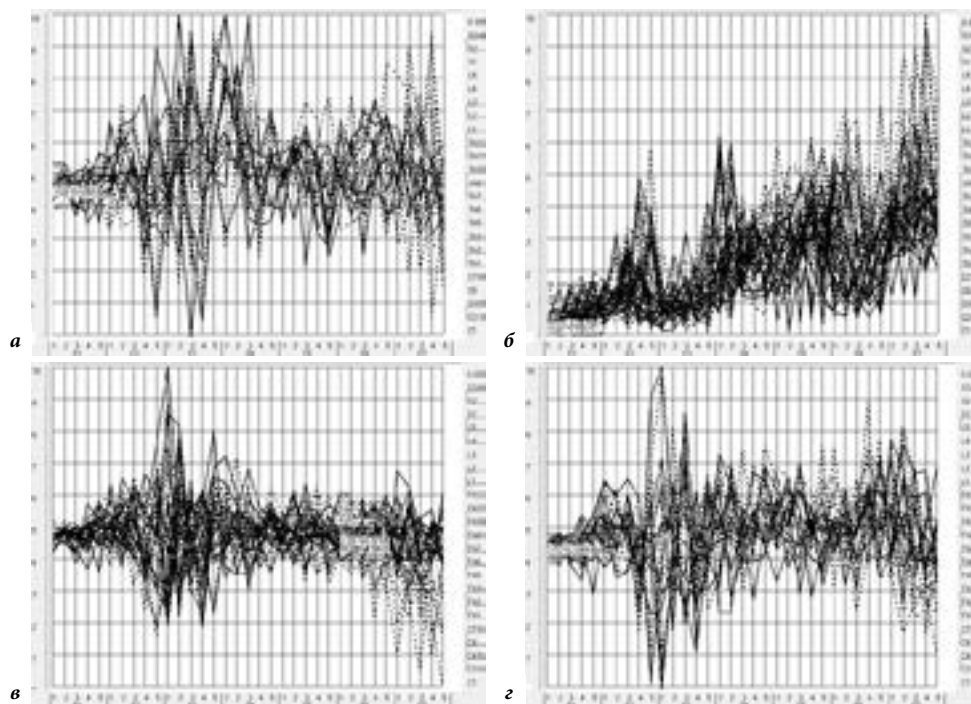


Рис. 1. Разностная спектральная функция ВБА для испытуемых по четырем сеансам позиционной компьютерной игры в зависимости от спектральных сегментов:

а – сеанс 1, б – сеанс 2, в – сеанс 3, г – сеанс 4; сплошная линия – результаты по правому, пунктирная линия – по левому полушарию (пояснения в тексте).

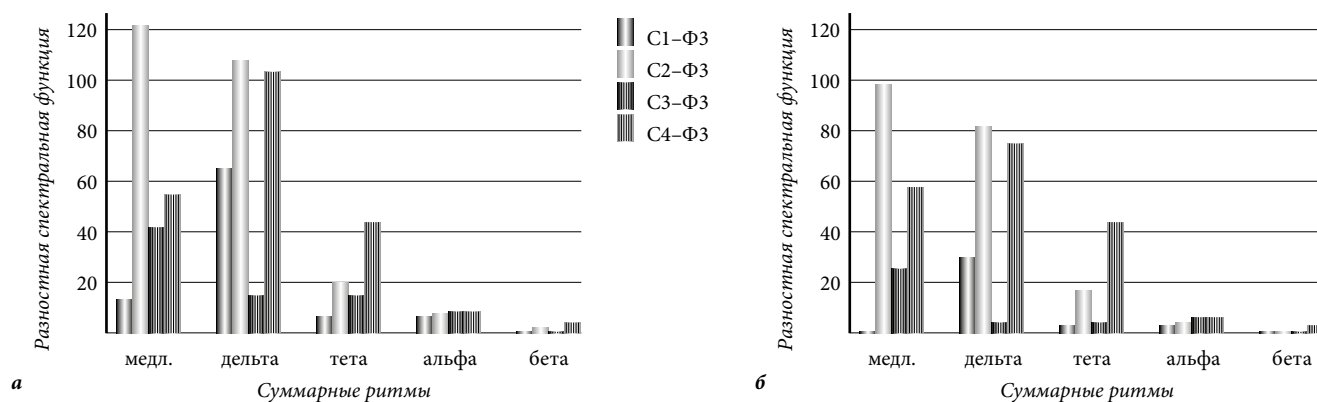


Рис. 2. Разностная функция по четырем сеансам позиционной компьютерной игры в зависимости от спектральных ритмов: а – левое полушарие, сеанс игры – фон; б – правое полушарие, сеанс игры – фон.

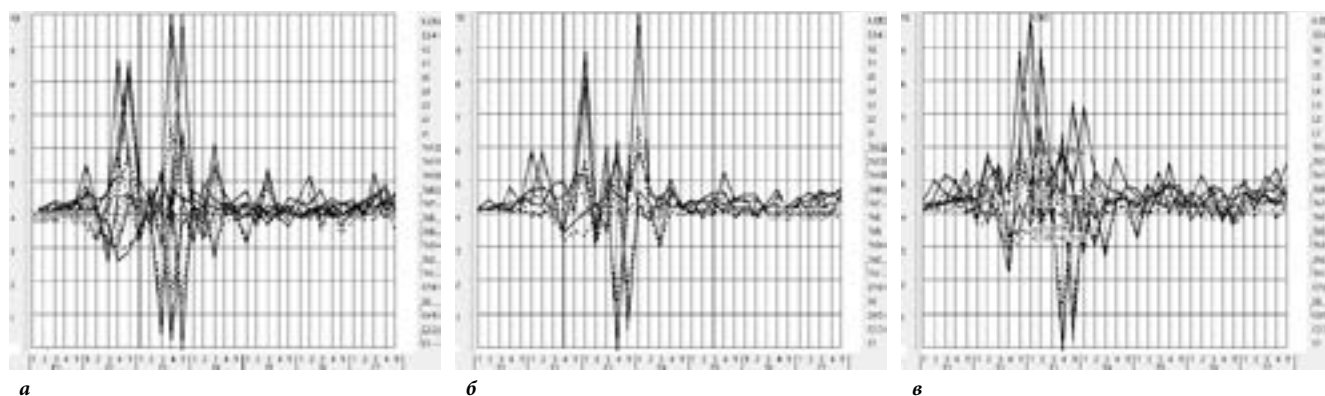


Рис. 3. Разностная функция ВБА для испытуемой по трем сеансам в состоянии с закрытыми глазами:

а – сеанс 1, фон 3; б – сеанс 2, фон 3; в – сеанс 3, фон 3; сплошная линия – результаты по правому, пунктирная линия – по левому полушарию (пояснения в тексте).

Альфа- и бета-ритмы спектральной функции в процессе игры были близкими к фоновым, поэтому разностная спектральная функция для этих частот оказалась мала. Как видно из диаграмм, сильный всплеск появлялся в диапазоне медленных и дельта-волн, соответствующих второму сеансу игры, особенно для левого полушария. Медленные ритмы связывают с периодическими колебаниями метаболической активности мозговой ткани, которая характеризуется постепенными изменениями уровней внеклеточного кислорода и локального кровотока [2]. Разностная спектральная функция в диапазоне медленных волн значительно отличалась (по U-критерию Манна–Уитни) от функции в диапазоне альфа-ритмов, во втором и четвертом сеансах игры для обоих полушарий (рис. 2). Критерий Колмогорова–Смирнова указывал на значимость различий в этих диапазонах разностной спектральной функции, регистрируемой с каждого полушария во всех сеансах игры, кроме третьего, в котором различия оказались незначимы для этих диапазонов спектральной функции правого полушария.

При закрывании глаз измерения разностной спектральной функции получены только у одной испытуемой (58 лет) и носят ориентировочный характер. Было выполнено три фоновых замера и три кадра неподвижного состояния с закрытыми глазами (рис. 3). Выборки спектральной разностной функции двух

первых кадров оказались значимо различны для обоих полушарий по критерию Колмогорова–Смирнова. Согласно критерию Манна–Уитни различия первых двух кадров были значимы только для левого полушария. И, согласно обоим непараметрическим критериям, значимо отличались выборки разностных спектральных функций испытуемой второго и третьего кадра обоих полушарий.

Известно, что при закрывании глаз, т.е. снижении инерции возбуждения, повсеместно усиливается альфа-ритм [2]. В первом кадре количество сегментов, у которых модуль разностной функции был около единицы, и количество отрицательных пиков оказалось больше, чем во втором. В последнем, третьем, кадре возбужденные сегменты имели меньшую амплитуду, увеличилось количество небольших пиков (рис. 3). Визуально создавалось впечатление, что возбуждение начинает «расползаться» по спектру, уменьшаясь по амплитуде. Появлялось больше всплесков (второй и третий кадры) в начале оси абсцисс (альфа-спектр синхронизируется), особенно в правом полушарии.

Анализ показал значимое различие спектральной разностной функции испытуемой при закрытых глазах в диапазонах альфа и бета только для правого полушария в третьем кадре (по обоим вышеупомянутым критериям непараметрической статистики), в остальных кадрах различие между этими диапазонами не

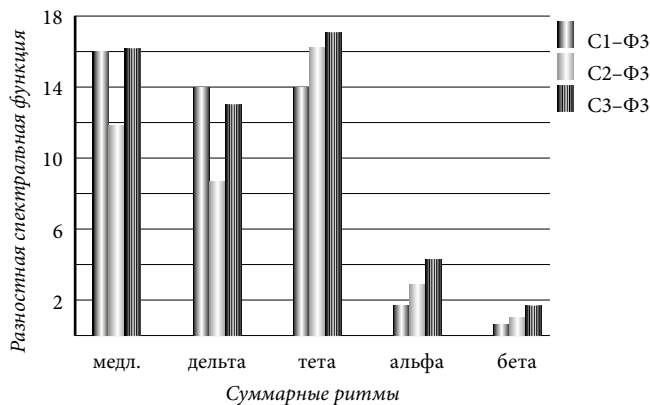


Рис. 4. Разностная функция испытуемой по трем сеансам в состоянии с закрытыми глазами в зависимости от спектральных ритмов правого полушария.

определялось. Такой же результат получен при сравнении разностной функции в диапазоне альфа-волн и диапазоне медленных ритмов: значимо различие спектральной функции для правого полушария в третьем кадре. Для левого полушария значимое различие определялось исключительно в первом кадре. На рис. 4 представлены суммарные ритмы разностной спектральной функции правого полушария при закрытых глазах. Виден суммарный рост амплитуды альфа- и тета-ритма – от кадра к кадру. Наблюдалась схожесть поведения дельта-ритмов и медленных волн.

Если проанализировать ритмы, где разностная функция максимальна в состоянии с закрытыми глазами, видно, что форма этой функции на первых двух кадрах правого полушария практически совпадает (рис. 5). Возможно, это объясняется инерционностью возбуждения.

#### Обсуждение полученных данных

В более ранних исследованиях инерционность мозга измеряли с шагом в 1–5 с, фиксируя электрическую активность мозга испытуемых несколько часов [3]. Активная работа испытуемых заключалась в решении различных тестовых задач. Считая, что процесс перехода ФМА занимает менее 5 с, длительность инерционности оценивали в этом же интервале. Однако скорость и точность выполнения тестовых задач увеличивались по мере возрастания их количества. Можно предположить, что инерционность мозга проявлялась наиболее сильно в процессе всего времени решения первой (иногда и двух последующих) задач одного типа. Затем времени тратилось меньше. При смене типа задачи опять появлялось замедление решения вследствие инерционности мозга.

Укрупнение временного масштаба до шага 160 с (время одного съема) обусловлено не только средним временем сеанса позиционной игры. Измерительная аппаратура настроена на длительно текущие диффузные процессы, основанные на вышеприведенной временной оценке смены функционального состояния коры головного мозга.

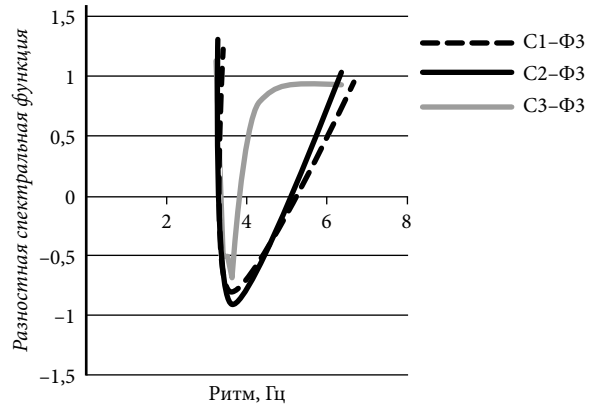


Рис. 5. Разностная функция испытуемой по трем сеансам в состоянии с закрытыми глазами в зависимости от ритмического спектра правого полушария.

Опираясь на вышесказанное и согласно полученным данным (рис. 1, 2), можно сделать вывод, что инерционность «покоя мозга» наиболее сильно проявляется в разностной спектральной функции ВБА в первом сеансе (кадре) компьютерной позиционной игры в обоих полушариях. Длительность инерционности мозга при включении в активную работу (позиционную компьютерную игру) сопоставима с длительностью первого кадра – т.е. 160 с.

Увеличение активности разностной спектральной функции в области медленных волн во втором сеансе (кадре) игры можно объяснить влиянием химических процессов. Возможно, эти процессы связаны с формированием и дальнейшим использованием следов памяти, алгоритма решения задач в позиционной игре и созданием новых связей в нейронных сетях коры головного мозга. Применение в последующих сеансах созданных во втором кадре структур, следов, алгоритмов и т.д. позволяет ускорить темп, играть почти не задумываясь, «на автомате». Обращает на себя внимание рост тета-активности в последнем кадре. Эти ритмы хорошо фиксируются, когда, например, испытуемый непрерывно выполняет арифметические действия [2].

В состоянии с закрытыми глазами увеличение суммарного альфа-ритма от кадра к кадру (синхронизация) в спектральной разностной функции, заметное на рис. 3 и 4, согласуется с общей теорией альфа-ритмов, амплитуда которых увеличивается при закрывании глаз и подавляется при их открывании. Такой предварительный вывод согласуется с утверждением, что инерционность активности мозга (при закрывании глаз) длится дольше, чем инерционность покоя мозга при включении в активную работу [3].

#### Заключение

Свойство инерционности мозга прослеживается в увеличенном масштабе с шагом 160 с (кадр съема) с помощью спектральной функции, вызванной биоэлектрической активностью мозга. Названное свойство проявляется различно для каждого полушария, зависит от переходного состояния мозга. При включении

в активную работу для испытуемых женского пола в возрасте от 23 до 58 лет длительность инерционности покоя мозга составляет 160 с, т.е. первый сеанс игры. При снижении инерции возбуждения в состоянии закрытых глаз инерционность мозга может длиться не менее двух первых кадров, т.е. 320 с.

#### Литература

1. Ключкова О.И. Количественная оценка использования кратковременного эпизодического буфера рабочей памяти студентов при взаимодействии с компьютером // Тихоокеанский медицинский журнал. 2014. № 3. С. 93–96.
2. Кропотов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / пер. с англ. под ред. В.А. Пономарева. Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2010. 512 с.
3. Павлова Л.П., Романенко А.Ф. Системный подход к психофизиологическому исследованию мозга человека. Л.: Наука, 1988. 213 с.
4. Патент на полезную модель № 72395. Заявка № 2007145888. Приоритет от 03.12.2007 г. Магнитоэнцефалографический спектральный анализатор сумматор биопотенциалов головного мозга человека / Лебедев Ю.А., Шабанов Г.А., Рыбченко А.А., Максимов А.Л. Опубликовано: 20.04.2008 г. Бюл. № 11.
5. Рыбченко А.А., Шабанов Г.А., Лебедев Ю.А., Короченцев В.И. Регистратор спектра магнитоэлектрической активности головного мозга индукционный «РС МЭГИ-01» // Медицинская техника. 2013. № 6. С. 4–7.
6. Шабанов Г. А., Рыбченко А. А., Максимов А. Л. Модель активизирующей системы пространственной организации биопотенциалов головного мозга: теоретическое и экспериментальное обоснование // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2005. № 1. С. 49–56.
8. Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Рыбченко А.А. Функционально-топическая диагностика организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. Владивосток: Дальнаука, 2011. 206 с.

9. Ribchenko A.A., Shabanov G.A., Lebedev U.A., Korochentsev V.I. RS MEGI-01 coil recorder of spectrum of magnetolectric activity of human brain // Biomedical Engineering. 2014. Vol. 47, No. 6. P. 282–284.

Поступила в редакцию 24.12.2015.

#### BRAIN RESPONSE RATE AT SPECTRAL FUNCTION CAUSED BY ELECTROMAGNETIC ACTIVITY

O.I. Klochkova<sup>1</sup>, G.A. Shabanov<sup>2</sup>, A.A. Rybchenko<sup>2</sup>, I.V. Pogorelova<sup>1</sup>, M.S. Startseva<sup>1</sup>, O.V. Perelomova<sup>1</sup>, E.Yu. Vorobyeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pacific State Medical University (2 Ostryakova Ave. Vladivostok 690950 Russian Federation), <sup>2</sup> Scientific and Research Center 'Arktika' of FEB RAS (95 Kirova St. Vladivostok 690022 Russian Federation)

**Objective.** Study objective is to analyze brain response rate of a human by the recordings of spectral function caused by bioelectric activity during the positional computer game.

**Methods.** To record and to analyze the diffusion rhythm of the activating brain system in 6 women aged 23-58 years old we used double-channel inductive magnetoencephalograph RS MEGI-01.

**Results.** Alpha- and beta-rhythms of the spectral brain function during playing a game were close to back rhythms, so different spectral function occurred to be small for these frequencies. Strong rise occurred in the diapason of slow and delta-waves, respective to the second gaming session, especially for the left hemisphere.

**Conclusions.** Before the brain response rate were measured in increments of 1–5 c, recording its electrical activity for several hours. On the basis of the conducted study we can say that the brain response rate is visible in enlarged scale in increments of 160 c with the use of spectral function caused by bioelectrical activity of the brain. This feature occurs differently for each hemisphere and depends on a brain transitional state.

**Keywords:** bioelectrical brain activity, brain rhythms, double-channel inductive magnetoencephalograph, positional computer game.

Pacific Medical Journal, 2016, No. 4, p. 26–30.

УДК 616.43-003.218-056.7(571.63)

DOI: 10.17238/PmJ1609-1175.2016.4.30–34

## Муковисцидоз в Приморском крае: достижения и проблемы

Т.Г. Васильева

Краевой клинический центр специализированных видов медицинской помощи (690091, г. Владивосток, ул. Уборевича, 30/37)

Частота муковисцидоза (МВ) в Приморском крае составляет 2,69 на 100 тыс. населения, а рождения больных – на уровне 1 на 6613 новорожденных. Увеличение за 17 лет наблюдения удельного веса взрослых пациентов в 7,9 раза, сокращение сроков верификации диагноза в 5,3 раза подтвердили эффективность работы с данным контингентом больных. Структура полиморфизмов гена *CFTR* у больных МВ в Приморском крае существенно не отличалась от российских показателей: превалировала мутация F508del (53,7%). Установлены разнонаправленные корреляции между клиническими проявлениями МВ и тяжестью его исхода. В структуре микробных патогенов чаще верифицировались *Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus*. В 1,6 раза увеличилась частота выделения *Burkholderia cepacia* complex. Мекониевый илеус, ректальный пролапс, дефицит веса, тяжесть заболевания и низкий уровень фекальной эластазы-1 служат объективными критериями степени экзокринной недостаточности поджелудочной железы.

**Ключевые слова:** клиника муковисцидоза, ген трансмембранного регулятора проводимости, микробные патогены, тяжесть заболевания.

Во многих странах мира отмечается положительная динамика показателей, отражающих продолжительность

Васильева Татьяна Геннадьевна – д-р мед. наук, заведующая краевой детской консультативной поликлиникой ККЦСВМП; e-mail: tatiana.vasileva.159@list.ru

и качество жизни больных муковисцидозом (МВ). За последние десять лет в России медиана выживаемости данного контингента больных и число пациентов, достигших 18-летнего возраста, увеличились в 1,3 и 1,7 раза, соответственно [7]. Но несмотря на это