

Частотная и пространственная флюктуация альфа-ритма в норме и патологии

Л. Б. Иванов, к.м.н., зав. диагностическим отделением

А. В. Будкевич, к.м.н., врач-ординатор диагностического отделения

Консультативно-диагностический центр при ГБУ «Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского», г. Москва

Frequency and spatial fluctuation of alpha-rhythm in norm and pathology

L. B. Ivanov, A. V. Budkevich

Children's city clinical hospital number 9 by name G. N. Speransky, Moscow, Russia

Резюме

Нами была поставлена задача изучить варианты частотной и пространственной флюктуации альфа-ритмов на основе новых объективных методик обработки ЭЭГ у условно здоровых детей и взрослых и пациентов с некоторыми вариантами психических расстройств. Было установлено, что пределы частотной флюктуации затылочного альфа-ритма у здоровых лиц зависят от возраста (оно равно в среднем у детей $\pm 0,24$ Гц и у взрослых $\pm 0,21$ Гц) и от преобладания личностных особенностей ребенка. Зональная флюктуация альфа-ритма у здоровых лиц более выражена в передних отделах, чем в задних. Пределы частотной флюктуации альфа-ритма у пациентов с СДВГ, при расстройствах речи, парасомниях, соматоформных расстройствах значительно возрастают, особенно в передних отделах. При астено-невротических реакциях, панических атаках с формированием тревожного аффекта имеет место ослабление выраженности частотной флюктуации, как в затылочных, так и передних отделах.

Ключевые слова: ЭЭГ, альфа-ритм, частотная флюктуация, взрослые, дети, психические расстройства.

Summary

We set the task to study the variants of frequency and spatial fluctuation of alpha rhythms based on new objective methods analysis EEG in conditionally healthy children and adults and patients with certain variants of mental disorders. It was found that the limits of frequency fluctuation of the occipital alpha rhythm in healthy individuals depend on age (it is equal in average to children ± 0.24 Hz and in adults ± 0.21 Hz). It depends on the predominance of personal characteristics of the child's psyche. Zonal fluctuation of alpha rhythm in healthy individuals is more pronounced in the anterior regions than in the posterior ones. Patients who have astheno-neurotic reactions, panic attacks with anxiety affect, there is a weakening of the expression of frequency fluctuation, both in the occipital and anterior parts.

Key words: EEG, alpha rhythm, frequency fluctuation, adults, children, mental disorders.

В последние годы появилось много работ, в которых на базе новых современных технологий анализа ЭЭГ отмечена определенная связь между психофизиологическими личностными особенностями и тенденцией изменений частотных составляющих в биоэлектрической активности головного мозга. Так, например, при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью, происходит усиление выраженности диффузных негрубых медленных волн, а в альфа-диапазоне отмечено появление нескольких частотных составляющих [1]. Сходная картина наблюдается при тикозных гиперкинезах [2], задержке речевого развития у детей, у пациентов с некоторыми формами соматоформных расстройств и при парасомниях [3]. Эти общие типовые изменения на электроэнцефалограмме стали трактоваться, как признак снижения или диссоциации уровня бодрствования. [4]. Методом дисперсионного анализа установлено аномальное пространственно-частотное рассеивание альфа-ритма при ряде

психических заболеваний, включая шизофрению [5]. При формировании в структуре личности тревожного аффекта выявлена тенденция не только к избыточному сужению частоты доминирующего ритма, но и к усилению его пространственного представительства, или к появлению наряду с сохранным затылочным альфа ритмом второй доминирующей частоты этого диапазона, регистрируемой с расширенной зоной [6]. Принимая во внимание эти данные, отдельные авторы даже предложили пересмотреть принцип понимания формирования возрастной нормы ЭЭГ у детей с учетом личностных особенностей по двум критериям: задержки созревания функции внимания и повышенного тревожного фона [7].

В свете изложенного появилась актуальность клинической интерпретации частотной и пространственной изменчивости колебаний альфа-диапазона.

В настоящее время частотная вариабельность альфа ритма в рамках одного исследования, как критерий

изменений на ЭЭГ, используется редко и до сих пор еще носит описательный характер на базе преимущественно визуальной оценки. Реальной значимости этого показателя практически никто не знает, так как фактически отсутствовал инструмент, позволяющий изучать это явление в динамике. Недостаточно изучена пространственная представленность альфа-ритма. В классических руководствах по ЭЭГ декларировалось, что альфа-ритм сугубо затылочный показатель ЭЭГ. Исключение допускалось только для сенсомоторного ритма в левой центральной области. Однако развитие исследований ритмики мозга с помощью компьютерных технологий развеяло это заблуждение. Было обнаружено существование многих проекционных зон альфа-ритма, несовпадающих по частоте с затылочным [8]. Весомый прорыв в изучении пространственного распределения альфа-ритмов насутил с появлением методики дисперсионного анализа частот ЭЭГ [5].

Цель исследования

Изучить варианты частотной и пространственной флюктуации альфа-ритмов на основе новых объективных методик обработки ЭЭГ у условно здоровых детей и взрослых и пациентов с некоторыми вариантами психических расстройств.

Методы

Решение задачи частотной изменчивости альфа-ритма с помощью визуальной оценки, использования традиционного спектрального анализа мощности по фиксированным временным фрагментам ЭЭГ оказалось невозможным, так как последний дает суммарные значения, как мощности, так и частотного доминирования в выбранных фрагментах ЭЭГ. Не пригодными оказались и известные варианты изучения трендов, так как они в основном ориентированы на оценку динамики амплитудно-мощностных показателей ЭЭГ. Исследовать частотный разброс доминирующих значений основного ритма возможно только методом непрерывного динамического анализа. Нами использовались специальные математические методики динамического прослеживания событий на ЭЭГ с расширенными возможностями (аналог известного метода Берг-Фурье анализа), встроенные в компьютерную программу «МБН-Нейрокартограф». При этом нами опытным путем подобраны оптимальные режимы анализируемых эпох и их сдвиг, которые были равны 9 сек и 2 сек соответственно при построении графиков БПФ 2048 точек и тактовой частоте усилителя в 500 Гц. Это позволило с одной стороны нивелировать случайные частотные отклонения в ритме доминирующей частоты альфа-ритма, а с другой — сохранить реальную ее флюктуацию.

Основной зоной исследования флюктуации альфа-ритма были выбраны затылочные отведения, как традиционной зоны максимальной его представленности, а для пространственной оценки его частотной вариативности в других отделах левого полушария (Fp1, F3, T3, P3, O1).

Этапы обработки ЭЭГ: 1) анализу подвергались фрагменты длительно — 30–60 секунд непрерывной запи-

Таблица 1
Характеристика обследованных условно здоровых детей и взрослых

Характеристика обследованных Незрелая функция внимания		Личностные особенности		Всего
		Повышенный тревожный фон		
Здоровые дети	5–7 лет	5	5	10
	10–15 лет	2	4	6
Здоровые взрослые				6

Таблица 2
Характеристика обследованных детей и взрослых с психическими расстройствами

	Диагноз	Количество пациентов
Дети	СДВГ	12
	Задержка речевого развития	14
	Астено-невротические реакции	10
	Соматоформные расстройства	13
	Парасомнии	10
Взрослые	Панические атаки с тревожным аффектом	8
Всего		67

си вне функциональных проб, 2) осуществлялось построение спектров мощности анализируемого фрагмента, 3) выполнялся поличастотный анализ ЭЭГ методом Берг-Фурье в оригинальной модификации с выделением доминирующих частот альфа-диапазона, с последующим вычислением среднего значения и степени ее флюктуация в пределах стандартного отклонения.

Поскольку нередко доминирующая частота бывает медленнее нижней традиционной границы альфа ритма (9) особенно у детей, то использовалась расширенная частотная полоса от 6 до 14 Гц.

Для оценки пространственной распространности использован известный метод трехмерного картирования дисперсии альфа-ритма по Росману в отдельных последовательных фрагментах электроэнцефалограммы.

Материал

Характеристика обследованных представлена в таблице 1 и 2. На первом этапе изучена флюктуация альфа- ритма в затылочных отведениях в группе условно здоровых детей и взрослых. Понятие условно здоровые предусматривает отсутствие серьезных жалоб на здоровье неврологического и психического характера. Минимальная рассеянная неврологическая симптоматика у детей допускалась преимущественно в виде картины незрелой функции внимания, или

умеренно повышенного тревожного фона. Основанием для такого подхода является утверждение, что внимание, как и другие функции мозга формируются на этапах взросления ребенка, а природа повышенного тревожного фона, не будучи избыточной, сама по себе является приспособительным механизмом самосохранения [10].

На втором этапе изучена частотная флюктуация альфа-ритма при некоторых вариантах психических расстройств и различия ее в зависимости от нозологической единицы. Были обследованы пациенты с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ), задержкой речевого развития, астено-невротическими реакциями, соматоформными расстройствами и паническими атаками.

Результаты

Было установлено, что у здоровых обследованных детей в затылочных отделах на ЭЭГ выявлено отчетливое преобладание одной доминирующей частоты, что на спектрах мощности отображалось преимущественно вариантом мономодального типа графика. Средние значения доминирующей частоты альфа-ритма возрастали по мере взросления и были закономерно выше, чем старше ребенок. Тем не менее, внутри возрастной группы отмечались различия в зависимости от личностного психологического фона. В подгруппах с незрелой функцией внимания

Таблица 3

Частотная флюктуация доминирующего ритма в затылочной области в группе здоровых детей в зависимости от личностных особенностей

Характеристика обследованных			Средняя частота доминирующего альфа-ритма в Гц	Флюктуация доминирующей частоты в Гц (Станд Откл)
Здоровые дети	5–7 лет	Незрелая функция внимания	8,3	±0,31
		Повышенный тревожный фон	8,8	±0,22
		Средняя по группе	8,7	±0,27
	10–15 лет	Незрелая функция внимания	9,8	±0,3
		Повышенный тревожный фон	10,2	±0,22
		Средняя по группе	10,2	±0,24
Здоровые взрослые		Средняя по группе	10,4	±0,21

Таблица 4

Частотная флюктуация доминирующего ритма в затылочной области у пациентов с психическими расстройствами.

Диагноз	Возраст в годах	Средняя частота доминирующего альфа-ритма (в Гц)	Флюктуация доминирующего альфа-ритма в Гц ($\pm$ СтандОткл)
СДВГ (I)	5–7	8,0	$\pm 0,51$
Задержка речевого развития	5–7 л	7,9	$\pm 0,53$
Соматоформные расстройства	5–7	8,7	$\pm 1,5$
	10–15	9,5	$\pm 0,64$
Парасомнии	5–7	8,7	$\pm 0,40$
Астено-невротические реакции	7–9	9,7	$\pm 0,19$
	10–15	10,9	$\pm 0,012$
Тревожный аффект.	Взрослые	9,0	$\pm 0,16$

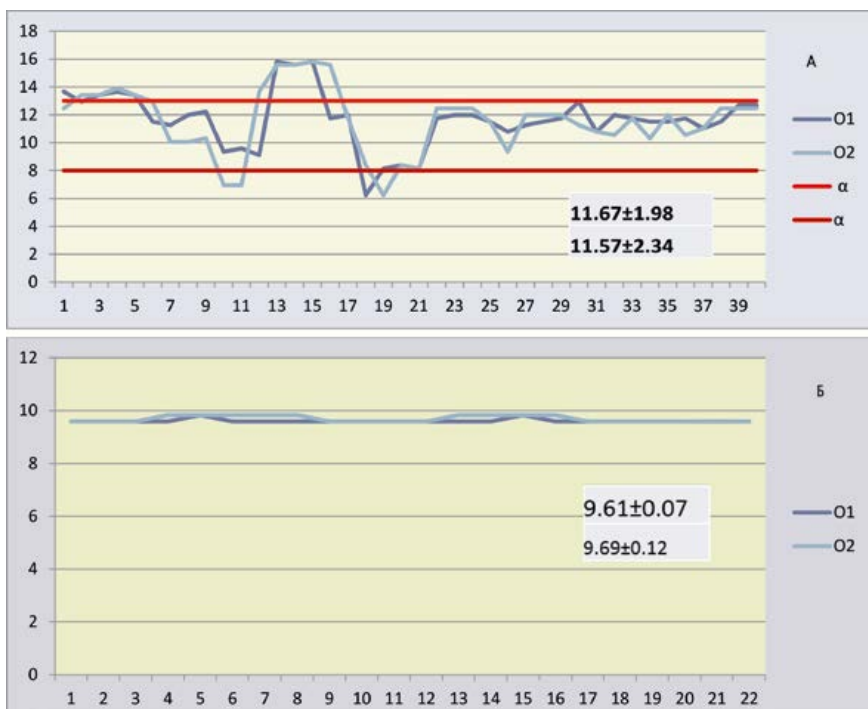


Рисунок 1. У ребенка, 15 лет, с диагнозом соматоформное расстройство, отмечается чрезмерно высокий уровень флюктуации доминирующего ритма, выходящий за пределы альфа-диапазона (А) и у ребенка, 9 лет, с диагнозом астено-невротические реакции — ослабление вариабельности доминирующей частоты (Б).

становление доминирующей частоты отставало от подгруппы с повышенным тревожным фоном. При этом у последних — средняя частота альфа-ритма была сопоставима со среднепопуляционным значением возрастной группы. Частотная флюктуация доминирующего ритма в затылочной области в подгруппе с незрелой функцией внимания оказалась существенно выше, чем среднепопуляционные значения возрастной группы в целом. В подгруппе с повышенным тревожным фоном имела место обратная картина: выраженность колебаний частоты доминирующего ритма имела тенденцию к уменьшению (табл. 3)

У пациентов с психическими расстройствами средние значения частоты доминирующего альфа-ритма в затылочных отведениях не существенно отличались от среднепопуляционных возрастных нормативов, но частотная их флюктуация достигала существенных вариаций ($\pm 1,5$ Гц) при таких заболеваниях, как СДВГ, задержка речевого, при парасомнии, особенно при соматоформных расстройствах без высокого уровня тревожности (табл. 4).

При таких заболеваниях как астено-невротические реакции, панические атаки, у которых в структуре личности выявлялся аномально высокий уровень тревожности, имела место обратная картина: снижалась частотная флюктуация до минимальных значений, до $\pm 0,012$ и ниже (рис. 1, табл. 4)

Как вариант частотной флюктуации альфа-ритма встречаются наблюдения с двойным доминирующим ритмом сопоставимым по амплитуде и мощности на спектрограммах. На модели ребенка 15 лет с посттравматической энцефалопатией изучено такое явление. Было установлено методом Берг-Фурье наличие в затылочных отделах двух независимых частот доминирующего альфа-ритма 8,5 и 10,5 Гц при том, что на нативной ЭЭГ это визуально выражалось всего лишь легкой дезорганизацией основного ритма. На дисперсионных картах зоны максимальной проекции медленной компоненты альфа-ритма проецировалась отчетливо на затылочную область, а быстрая — имела расширенную зону представительства и включала в себя затылочную, теменную, цен-

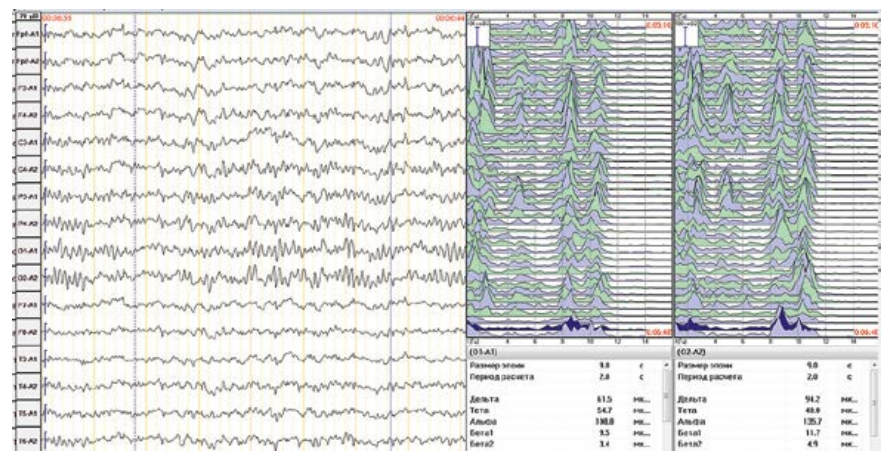
тральную и задневисочную области. Вычисление их источников с использованием программы BrainLoc показало, что они имеют разные зоны генерации. Медленный компонент альфа-ритма генерируется из затылочных долей, быстрый — преимущественно из правой теменной доли. (рис. А, Б и В.)

При исследовании регионарных различий было установлено, что в группе здоровых детей с незрелой функцией внимания, частота и флуктуация доминирующего альфа ритма имеют различия по сравнению с затылочной областью. Общая закономерность — снижение частоты доминирующего ритма и умеренный рост его variability по мере удаления от затылочного электрода. Наибольшая частотная variability отмечена в лобных отделах (рис. 3А). В подгруппе с повышенным тревожным фоном выраженность регионарных различий была существенно ниже, чем у детей с незрелой функцией внимания. (рис. 3 Б)

У пациентов с психическим расстройством, у которых в клинической картине преобладали симптомы снижения внимания, двигательной расторможенности или компоненты дереализации самооценки собственного здоровья (при соматоформных расстройствах), а на ЭЭГ преобладали признаки, свидетельствующие о диссоциации уровня бодрствования в виде усиления выраженности негрубой медленной активности, частота доминирующего альфа ритма имела отчетливую тенденцию в сторону замедления в центральных и передних отделах по сравнению с затылочными отделами и существенно возрастала частотная флуктуация (рис. 4А).

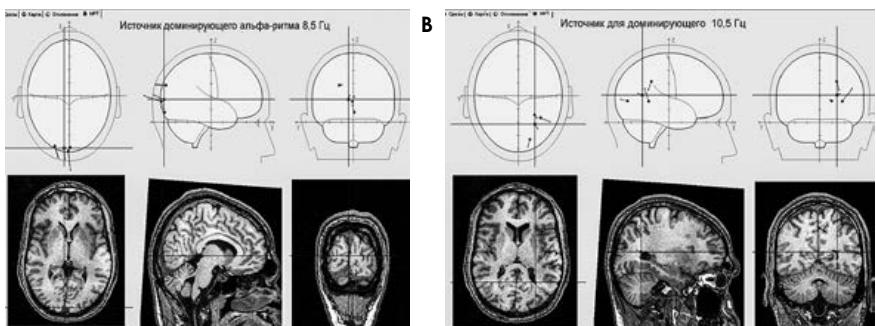
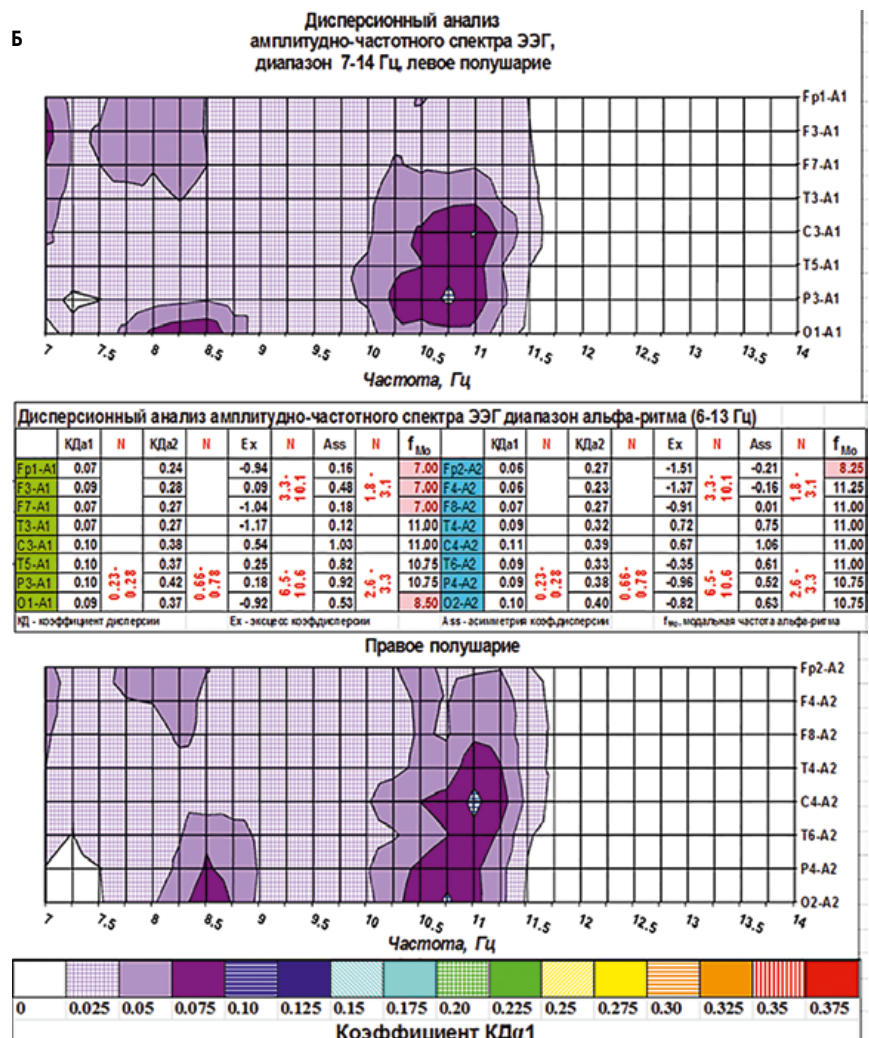
При астено-невротических со-

Рисунок 2. Пример наблюдения с двойной доминирующей частотой альфа-ритма у ребенка 15 лет с посттравматической энцефалопатией. На фрагменте нативной электроэнцефалограммы можно отметить лишь легкую дезорганизацию основного ритма, в то время как на динамических спектральных графиках по методу Берг-Фурье анализа выделяются две независимых частоты 8,5 и 10,5 Гц (А). По данным трехмерной локализации доминирующие ритмы 8,5 и 10,5 Гц имеют разные источники: Медленный компонент генерируется из затылочных долей, быстрый — преимущественно из правой теменной доли (В), что соответствует картине рассеивания альфа-ритма на дисперсионных картах (Б).



А

Б



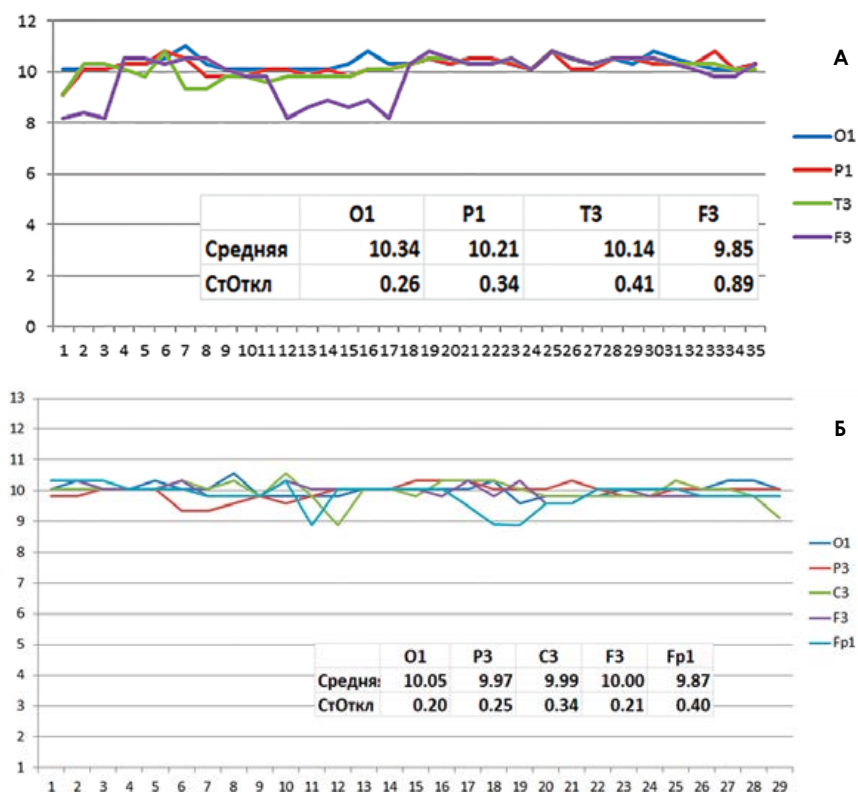
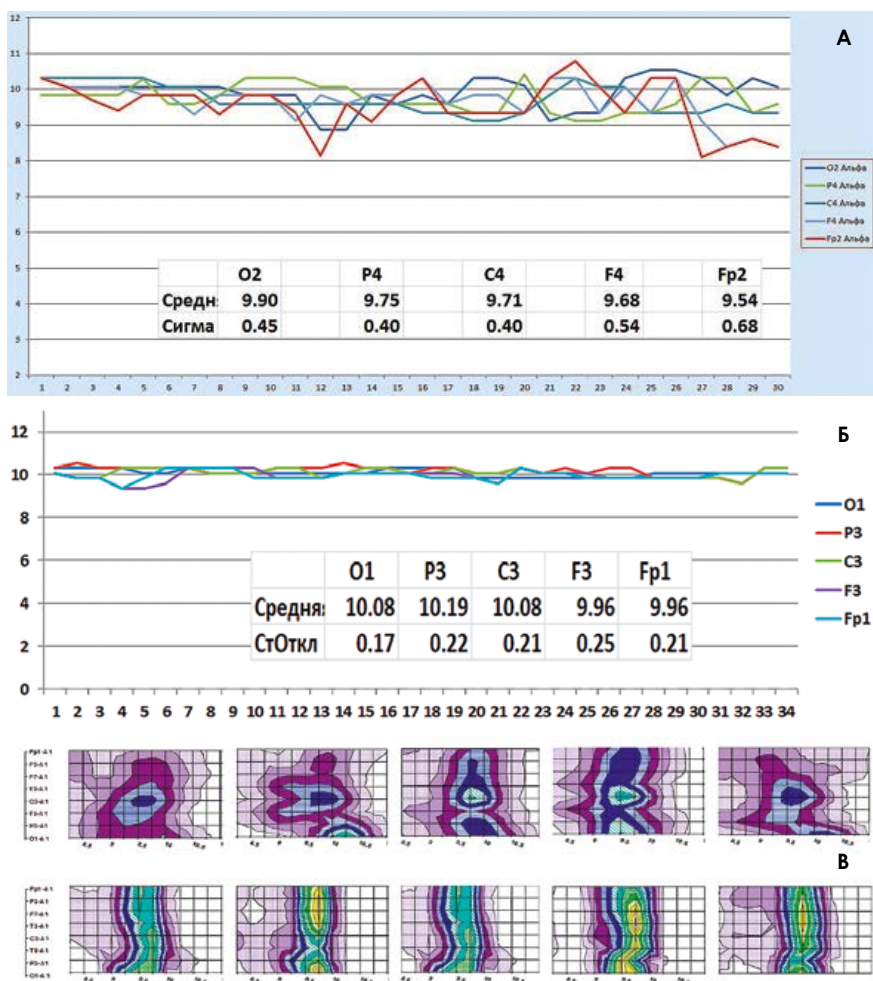


Рисунок 3. У здоровых детей с незрелой функцией внимания частота доминирующего альфа-ритма и ее флюктуация имеют отчетливые регионарные различия (А) в то время как у здоровых детей с повышенным тревожным фоном эти различия были существенно ниже (Б).



стояниях, панических атаках наблюдалась обратная картина пространственно доминирующий альфа ритм имел тенденцию к консолидации как по частоте, так и его вариабельности и чем выше в клинической картине был сформирован тревожный аффект, тем стабильнее были его модальные значения как в затылочной области, так по конвекции в целом (рис. 4Б, В).

Обсуждение результатов

То, что альфа-ритму свойственны некоторые частотные колебания ни у кого не вызывает сомнений, но в какой степени это происходит и как эта вариабельность зависит от места регистрации на поверхности головы и тем более какова связь между изменчивостью частоты доминирующего ритма в зависимости от варианта психических расстройств, решением этих вопросов никто не занимался. Да и программного инструмента, который позволял бы отслеживать тренды частоты доминирующего альфа-ритма, в современных компьютерных системах не было. С реабилитацией давно забытого метода Берг-Фурье анализа, который промелькнул в аналоговом варианте около 30 лет назад, в новом уже дискретном варианте на базе современных компьютерных технологий, появилась возможность восполнить этот пробел в изучении биоэлектрической активности головного мозга у здоровых и больных людей. Было выяснено, что у здоровых людей вариабельность альфа ритма в разных областях регистрации на поверхности головы неодинакова. Общая закономерность, чем дальше от затылочных отведений, тем больше вариабельна частота доминирующего альфа-ритма. Более того эти различия зависели от личностных особенностей. У здоровых детей с незрелой функцией внимания флюктуация альфа-активности в передних отделах

Рисунок 4. У ребенка, 11 лет, с СДВГ при динамическом исследовании на графиках выявляется изменчивость доминирующей частоты основного ритма в разных регионах (А) с неустойчивой картиной пространственного рассеивания альфа ритма на дисперсионных картах (В, верхний рисунок), в то время как у ребенка, 12 л, с паническими атаками, с высоким уровнем тревожности, выявляется низкий уровень флюктуации доминирующей частоты основного ритма в разных регионах на графиках (Б) с повышенным уровнем частотной консолидации дисперсионных значений (В, нижний рисунок).

была достоверно выше, чем в затылочных. У здоровых детей с повышенным тревожным фоном лобно-затылочные различия были выражены существенно слабее. У пациентов с психическими расстройствами, у которых на первый план выходили признаки диссоциации уровня бодрствования, лобно-затылочные различия вариабельности частоты были на порядок выше, наоборот, если в клинической картине преобладали симптомы тревожного аффекта, то вариабельность доминирующего альфа-ритма стремилась к нулю, как в затылочных отделах, так и регионарно.

Своим исследованием мы ответили не на все вопросы. Мы сознательно упростили себе задачу исключив из анализа группы пациентов со смешанной симптоматикой, или варианты ЭЭГ с выраженным полимодальным альфа-ритмом, так как исследование таких пациентов — это отдельная задача, с которой еще предстоит разобраться, но на основной вопрос мы ответили: флюктуация альфа ритма на ЭЭГ имеет существенное информационное значение и определенный диагностический смысл.

Выводы

- 1) Пределы частотной флюктуации затылочного альфа-ритма у здоровых лиц зависят от возраста (по стандартному отклонению она равна в среднем у детей $\pm 0,24$ Гц и у взрослых $\pm 0,21$ Гц) и от преобладания личностных особенностей пациента.
- 2) Зональная флюктуация альфа-ритма у здоровых лиц более выражена в передних отделах, чем в задних.
- 3) Пределы частотной флюктуации альфа-ритма у пациентов с СДВГ, расстройствами речи, парасомниями, соматоформными расстройствами (при не высокой степени тревожности) значительно возрастают, особенно в передних отделах.
- 4) При астено-невротических реакциях, панических атаках с формированием тревожного аффекта имеет место ослабление частотной флюктуации, как в затылочных, так и лобных отделах.

Список литературы

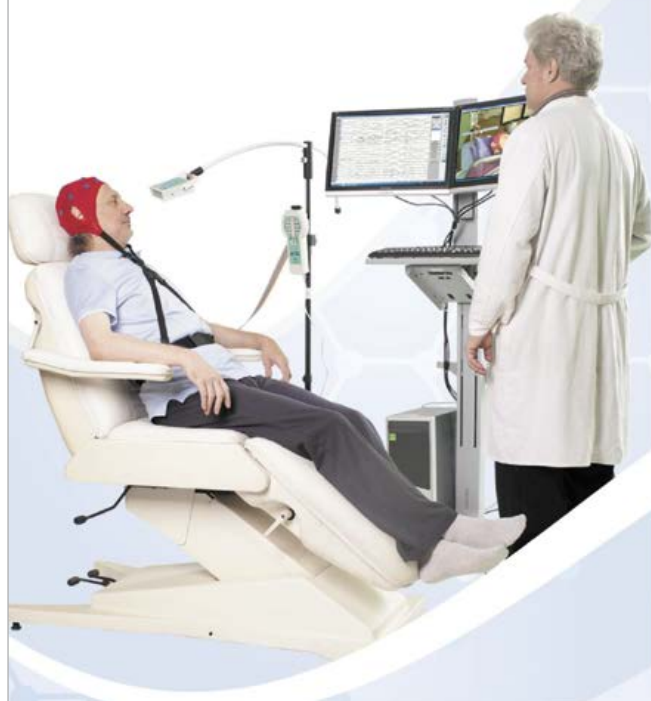
1. Иванов Л.Б., Новикова Г.Р. Оценка изменчивости уровня бодрствования у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью методом динамического поличастотного анализа ЭЭГ. Труды XV Восточно-Европейской

конференция, посвященная памяти Л.Р. Зенкова «Эпилепсия, клиническая нейрофизиология и неврология. Зенковские чтения», Крым, Ялта-Гурзуф, с 2 по 7 октября 2013, 10–11.

2. Будкевич А.В. Перспективы применения метода биоуправления в лечении тикозных гиперкинезов у детей. «Аутизм и нарушение развития» № 2, 2004. С. 29–32.
3. Иванов Л.Б., Будкевич А.В. Частотная и пространственная флюктуация альфа-ритма в норме и патологии. Ж. Вестник клинической нейрофизиологии. Сед. Выпуск. Пятая научно-практическая конференция с международным участием «Клиническая нейрофизиология и нейронеобилитация», 22–24 ноября 2017 г. С-Петербург, 24–25.
4. Иванов Л.Б. Психофизиологическое толкование функционального толкования состояния головного мозга по электроэнцефалограмме. Вестник клинической нейрофизиологии, 4, 1016, 5–26.
5. Росман С.В. Применение дисперсионного картирования альфа-ритма в раннем выявлении психических болезней // Врач. — 2013. — № 8. — С. 79–82.
6. Иванов Л.Б. Неэпилептическая электроэнцефалография, ООО НМФ «МБН», 2013.
7. Будкевич А.В., Новикова Г.Р., Шалимов В.Ф., Иванов Л.Б., Джанумова Г.М. Формирование корковой ритмики на ЭЭГ и внутримозговых связей в зависимости личностных особенностей ребенка.
8. Кропатов Д.Ю. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы человека и нейротерапия. Донецк. Издатель Заславский Ю.А., 2010–512.
9. Александров М.В., Чухловин А.А., Павловская М.Е., Костенко И.А., Архипова Н.Б. Альфа-тета континуум: нейрофизиологические механизмы генерации. Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика. 2017. Т. 1. С. 46–50.
10. Ричфор Ч. Тревога и неврозы. ПЕР СЭ. Москва. 2008–142.

Электроэнцефалограф

Комплекс для исследования биоэлектрической активности головного мозга



Гистограммы мощности



Картирование ЭЭГ



Регистрация ЭЭГ с видеомониторингом



Спектральный анализ ЭЭГ методом преобразования Фурье



Электроэнцефалограф МБН

Исследование биоэлектрической активности головного мозга в норме и патологии. Выявление эпилептогенности функционирования головного мозга для диагностики заболеваний, сопровождающихся судорожными припадками.

Выявления неэпилептических расстройств головного мозга. Это широкая область применения, охватывающая психические и неврологические заболевания у детей и взрослых, диагностику расстройств сна, контроль глубины наркоза, глубины коматозного состояния, при решении прогностических задач при угрозе перехода в вегетативное состояние, констатации факта смерти.

Используется в практике педиатрии, в том числе в неонатологии, для объективизации оценки психоречевого развития младенцев и построения прогноза в случае угрозы формирования детского церебрального паралича.

Научно-Медицинская Фирма МБН

Москва, 2-й Сыромятнинский переулок, д. 10, оф. 6
Тел.: + 7 (495) 917-77-76
e-mail: info@mbn.ru, www.mbn.ru