

Спектр мощности электроэнцефалограммы: ошибки и практика применения (лекция первая)

Л. Б. Иванов

Детская городская клиническая больница № 9 имени Г. Н. Сперанского, Москва

РЕЗЮМЕ

В лекции подробно проанализировано состояние практического использования спектрального анализа ЭЭГ. Акцентируется внимание на причинах замедленного внедрения спектрального анализа в повседневную практику и определены пути преодоления этого недостатка. Обоснована причина необходимости освоения этой полезной методикой анализа. Изложен подробно алгоритм выполнения спектрального анализа ЭЭГ на практике как на этапе обработки, так и на этапе интерпретации данных. В лекции разобраны особенности вариантов пространственной организации альфа-ритма и их связь с особенностями психической деятельности человека. Одной из причин, затрудняющих использование спектрального анализа ЭЭГ на практике, является отставание программного обеспечения электроэнцефалографических компьютерных систем ведущих производителей от современных требований времени.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЭГ, спектр мощности ЭЭГ, алгоритм анализа, ошибки анализа, варианты альфа-ритма.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Автор заявляет об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Power spectrum of electroencephalogram: Mistakes and Practical Application

L. B. Ivanov

Children's City Clinical Hospital No. 9 named after G. N. Speransky (Moscow)

SUMMARY

In this lecture, the state of the practical use of spectral analysis of EEG is analyzed in detail. The author focuses on the reasons for the slow introduction of spectral analysis into everyday practice and identifies ways to overcome this deficiency. The reason for the need to master this useful analysis technique has been substantiated. The algorithm for performing spectral analysis of EEG in practice, both at the stage of processing and at the stage of data interpretation, is presented in detail. In the lecture, the author outlined the features of the options for the spatial organization of the alpha rhythm and their relationship with the characteristics of the human psyche. One of the reasons that hinders the use of EEG spectral analysis in practice is the lag of the software of electroencephalographic computer systems of leading manufacturers from modern requirements of the time.

KEY WORDS: EEG, EEG power Spectrum, algorithm of analysis, mistakes of analysis, alpha-rhythm variants.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

В ДЕВЯНОСТЫХ годах в клиническую и физиологическую электроэнцефалографию началось интенсивное внедрение компьютерной техники. Появилось словосочетание «компьютерная электроэнцефалография». Первоначально нейрофизиологическое сообщество отнеслось к этому методу настолько скептически, что даже решением Американской электроэнцефалографической ассоциации в 1986 году было особо оговорено, что допустимо применение компьютерной техники для регистрации электроэнцефалограммы, но только синхронно с бумажной записью.

Парадокс, но эту рекомендацию никто не отменил до сих пор. Правда, мало кто о ней сейчас помнит, поскольку современные компьютерные технологии практически полностью вытеснили бумажный вариант регистрации. Компьютер открыл неограниченные возможности для обработки биологического сигнала, но клинические нейрофизиологи отнеслись к этому достаточно сдержанно и даже скептически, и до сих пор большинство практиков-электроэнцефалографистов продолжают в основном трактовать преимущественно нативную ЭЭГ.

Тем не менее из всех возможных методов математической обработки лишь спектральный анализ мощности (плотности) частотных составляющих ЭЭГ более или менее привлек

внимание практиков. И это понятно, так как электроэнцефалографист был готов к нему, поскольку, листая «тома» бумажной записи, он мысленно выполнял этот анализ, определяя, где по конвексии головы, в какой степени выраженности распределены частотные компоненты электроэнцефалограммы.

Это был мысленный качественный спектральный анализ, но в компьютерной ЭЭГ стало возможным осуществлять качественно-количественный анализ. Казалось, мы получили надежный объективный инструмент оценки биоэлектрической активности головного мозга.

Ожидалось, что с появлением возможности построения спектральных графиков частотных составляющих биоэлектрической активности наступит качественный прорыв в диагностических возможностях трактовки ЭЭГ. Даже временно возникло как бы новое направление в виде отображения пространственного распределения мощностей по поверхности головы с красивым названием «картирование ЭЭГ» или еще более престижно «брейнмэпинг» (Brainmapping). Но практиков не обманешь. Если «красивые картинки» никак не вносят свой вклад в трактовку электроэнцефалограммы, то делать этого никто не будет. Так и случилось. Брейнмэпинг, как самостоятельный метод нейрофизиологической диагностики, долго не протянул. Не прижился в широкой практической

среде и сам метод спектрального анализа. Большинство наших коллег убеждены, что он вообще не нужен.

Тем не менее опыт последних 30–40 лет доказывает, что это глубочайшее заблуждение.

Моя задача разубедить консерваторов. Для этого постараемся выяснить причины, которые способствовали скептическому отношению к этому методу анализа. Выделим три основные причины.

Первая причина. Отсутствие видимых потребностей у определенных групп клиницистов в углубленном изучении электроэнцефалограммы. К ним относятся epileptологи и психиатры. Первым действительно ничего не нужно, кроме специфических эпилептиформных графических элементов в записи ЭЭГ. Это подавляющая масса потребителей электроэнцефалографической информации, и поэтому во многом они определяли погоду. С этим приходится считаться. У вторых негативное отношение к возможностям ЭЭГ сложилось исторически. Еще Ганс Бергер, основоположник ЭЭГ, будучи сам психиатром, сделал заключение об отсутствии феноменов на ЭЭГ, коррелирующих с психическими расстройствами. Не будем судить Бергера строго. Он ошибался, но его авторитет столь высок, что по истечении ста лет с его мнением приходится считаться.

Вторая причина. Это отсутствие разработанных алгоритмов по трактовке графиков спектрального анализа ЭЭГ. Графики могут быть красивыми, некрасивыми. А что в них смотреть? Что в них сравнивать? Как их трактовать? А главное — зачем?

Первоначальные алгоритмы призывали смотреть суммарную мощность по диапазонам, но быстро разочаровали практиков. Каждый из них определил: «Я и по нативной ЭЭГ вижу то же самое: где и какие частоты распределяются по конвексии. Только лишняя трата времени...». И действительно это так, суммарная мощность по диапазонам «прячет» очень важные детали особенностей «поведения» отдельных частотных компонентов внутри диапазона. Большинство производителей электроэнцефалографических программ особенно и не заморачивались созданием возможностей выявления этих частотных нюансов. В лучшем случае ограничивались делением диапазона на поддиапазоны.

Анализировать доминирующие ритмы в альфа-диапазоне с точностью до 1, 0,5 и особенно до 0,1 Гц никому в голову не приходило, поскольку неочевидна была идея: «Зачем это нужно?». Даже в тех программных продуктах, где эта возможность была реализована, спектр мощности использовался с очень примитивной целью только оперативно определить по спектру мощности доминирующую частоту альфа-ритма в затылочных отведениях, чтобы не считать вручную по нативной кривой. И именно только в затылочных отведениях: «А где ж еще ему быть?» — согласно доктрине международного словаря электроэнцефалографических терминов...

Доктрину эту следует признать ошибочной, поскольку источники ритмов и соответственно проекционных зон на поверхности мозга, которые укладываются в альфа-диапазон, может быть существенно больше, чем один.

Такое представление об альфа-ритмах разной локализации является определенным прорывом в решении поиска коррелятов между ЭЭГ и психическими функциями. При измерении альфа-ритмов важна не сама точность их измене-

ния, а выраженность частотного сдвига их между регионами мозга. Эту информацию из нативной ЭЭГ не получишь. Перспектива использования для этих целей вариантов спектрального анализа очевидна, поскольку позволяет сформулировать особенности системно-функциональной организации корковой ритмики в норме и патологии.

Третья причина. Изначально перед электроэнцефалографией ставилась задача выявления очаговых изменений ритмики с идеей диагностировать локализацию опухолей, гематом и др. Поэтому перед производителями первых программ по электроэнцефалографии ставилась задача топографического отображения волн разного диапазона на гистограммах или картах. Для каждого частотного диапазона (дельта, тета, альфа, бета) рассчитывалась мощность диапазона, которая может быть отображена или в виде гистограмм или топографических карт, или в виде топографического расположения самих спектральных графиков (рис. 1). Этого было достаточно 30 лет назад.

С развитием методов нейровизуализации (КТ, МРТ) задача топографической диагностики в ЭЭГ сузилась до рамок epileptологии, а локализацию опухолей и гематом сегодня с помощью ЭЭГ никто не решает. Перед ЭЭГ выстроились другие задачи, которые ранее находились в тени: диагностика нарушений функционального состояния головного мозга при психических расстройствах. Для этого есть все возможности, но прежние варианты отображения спектральных графиков в программных продуктах безнадежно устарели. Большинство производителей компьютерных программ по ЭЭГ идут не в ногу со временем.

Практика применения спектрального анализа ЭЭГ

Работа со спектральным анализом ЭЭГ включает в себя несколько последовательных этапов:

1. Выбор эпох анализа.
2. Выбор режима построения графиков спектра мощности.
3. Визуальная оценка конфигурации графика спектра мощности в альфа-диапазоне с определением его варианта в рамках отдельного отведения (моно-, двух- или полимодальный вариант).
4. Визуально-количественная оценка пространственного распределения модальных значений основного ритма, где должны интересоваться наличие и степень лобно-затылочного частотного смещения и выраженность пространственно-частотного рассеивания альфа-ритма (последнее возможно выполнить только дисперсионным методом по Росману).
5. Описание выявленных особенностей пространственно-частотной особенной биоэлектрической активности головного мозга по данным спектрального анализа и их интерпретация с установлением факта гомо- или гетерогенности формирования альфа-ритма как показателя особенностей системно-функциональной организации корковой ритмики.

Выбор эпох анализа

Прежде чем выполнить спектральный анализ мощности ЭЭГ, запись следует подготовить. Это подразумевает разбиение записи на эпохи, подлежащие анализу.

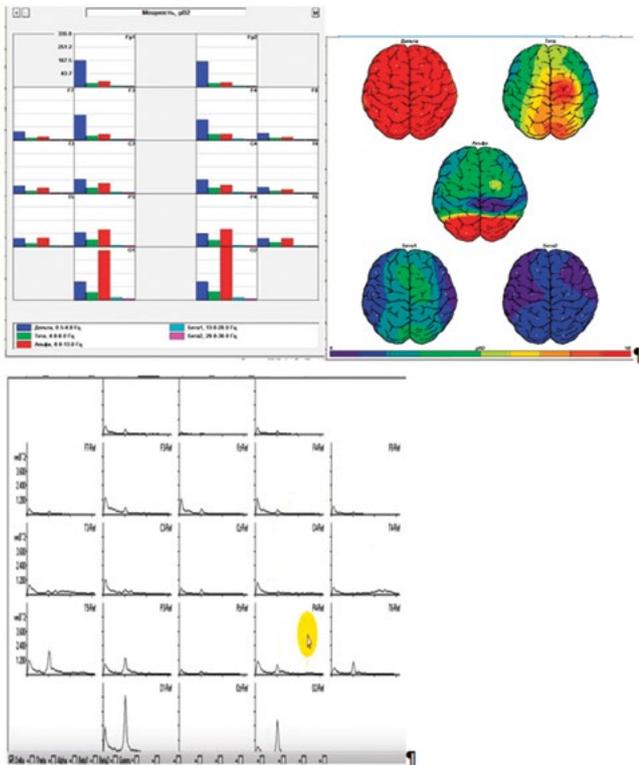


Рисунок 1. Вариант отображения графиков спектра мощности по топографическому типу в разных программных продуктах

Самый плохой вариант, который предлагают нам многие специальные программные продукты, — это анализ фрагмента ЭЭГ только на видимой части монитора. Он слишком короткий и в силу квазистационарности самой ЭЭГ дает недостоверные результаты, высокую вариабельность графиков спектра от эпохи к эпохе...

Не лучше и автоматическое разбиение всей ЭЭГ на эпохи равной длины. При таком варианте невозможно обойти явно артефактные участки и исключить из анализа участки с функциональными пробами (открыть — закрыть глаза, ритмическая фотостимуляция, гипервентиляция). Такая обработка записи, как и средняя температура по больнице, не несет никакой полезной информации.

Процесс подготовки и выбора безартефактных участков ЭЭГ особенно важен для детской практики, для больных с тикозными гиперкинезами или с психомоторным возбуждением, для исследований в условиях реанимации, когда действительно полезной, «чистой» ЭЭГ бывает нередко не более 20% от всей записи.

Выбор эпохи анализа должен отвечать следующим требованиям:

- 1) соответствовать относительно стационарному процессу ЭЭГ;
- 2) содержать несколько периодов медленных волн;
- 3) не содержать артефактов.

Идеальными вариантами следует считать фрагменты ЭЭГ произвольной длины с последующей суммацией их до необходимой общей длительности от 30 секунд до полутора минут, естественно, исключив участки функциональных проб.

Набрать необходимое количество эпох достаточной суммарной длительности не представляет сложности, если мы имеем дело с пациентом с устойчивым функциональным

состоянием головного мозга и соответственно с устойчивой электроэнцефалографической картиной.

Особняком стоит вопрос о спектральном анализе на ЭЭГ со сменой видов активности, которая указывает на дрейф функционального состояния головного мозга. Как уже говорилось, спонтанная электроэнцефалограмма — квазистационарный (приблизительно стационарный) процесс в условиях устойчивого функционального состояния головного мозга.

А как быть со спектральным анализом, если уже визуальный просмотр ЭЭГ свидетельствует о наличии смены видов активности? Включение фрагментов ЭЭГ со сформированным альфа-ритмом и с участками его спонтанной редукции в единый временной анализируемый фрагмент приведет к потере информации и неверной трактовке. В таком общем варианте спектральный анализ лучше вообще не делать. Сам факт изменчивости ЭЭГ при визуальном анализе уже свидетельствует о неустойчивом балансе восходящих активирующих и тормозящих влияний. А если уж делать спектральный анализ, то отдельно для каждого функционального состояния (рис. 2) или выполнить его в режиме непрерывного процесса построения графиков спектра мощности по методике Берг — Фурье (рис. 3). Если для диагностики эпилепсии факт изменчивости биоэлектрической активности головного мозга не имеет никакого значения, то для психофизиологической трактовки ЭЭГ он является крайне значимым.

Выбор режима построения графиков спектра мощности

Выбор режима построения графиков непростой вопрос. Казалось бы, какое дело нам, врачам, как вычисляют и строят графики математики-программисты? Но оказывается, что есть

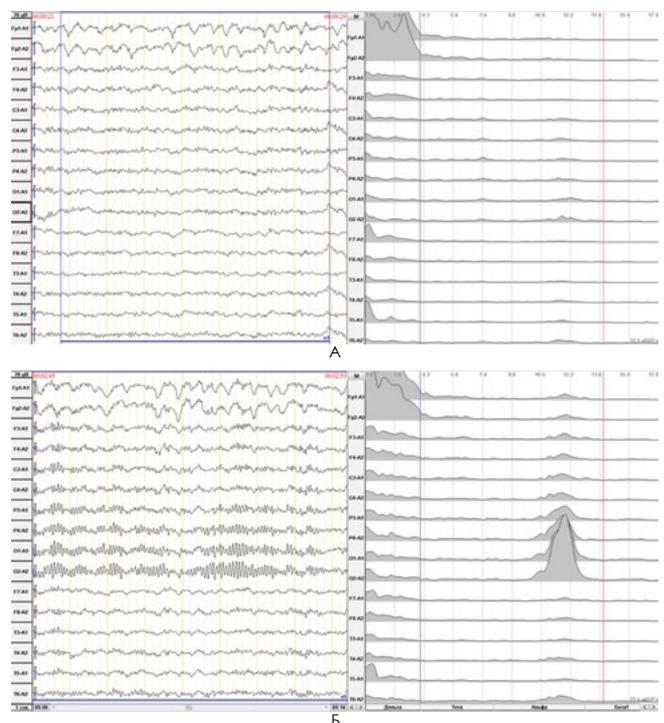


Рисунок 2. Фрагменты одной и той же записи ЭЭГ с неустойчивым балансом восходящих влияний с редуцированным основным ритмом (А) и со сформированным основным ритмом справа (Б)

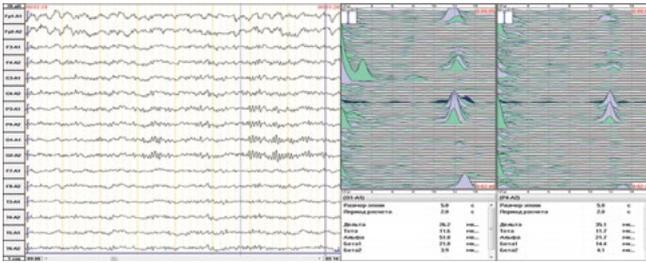


Рисунок 3. ЭЭГ со сменой видов активности на нативной кривой (слева) и на спектральных графиках непрерывного анализа по методике Берг-Фурье (справа)

дело. Выглядят эти графики в разных программных продуктах по-разному, и соответственно количественные показатели, снятые с них, неодинаковые. Конфигурация графиков и их информационная наполненность во многом зависят от целого ряда режимных условий, которые используются при выполнении быстрого преобразования Фурье.

К режимным величинам построения графиков спектра мощности, которые необходимо выполнять, относятся:

- 1 — необходимая общая длительность эпох анализа (суммарно 30–120 мин);
- 2 — частота квантования усилителя электроэнцефалографа (120, 250, 500, 2000 Гц);
- 3 — количество точек для построения спектра мощности быстрым преобразованием Фурье (выбор зависит от пп. 1 и 2);
- 4 — использованный коэффициент сглаживания графиков спектра мощности.

В современных программных продуктах режимные величины по пп. 2, 3 и 4 должны быть представлены для пользователей. Если их нет, то следует считать, что программные продукты устарели и все спектральные графики не могут удовлетворять современным требованиям. Как меняется конфигурация в зависимости от количества точек в рассчитываемых фрагментах записи, представлено на рис. 4.

Необходимая суммарная длина определяется рядом обстоятельств.

Первое — это качеством записи. Рекомендация, что нужно изначально писать качественно, абсурдна. Высокое качество получается у здорового обследуемого. Они хорошо выполняют инструкцию: сидеть неподвижно, но здоровым ЭЭГ не нужна. Писать приходится в совершенно сложных условиях: у пациентов с гиперкинезами, тиками, у маленьких детей. Приходится изощряться, спасая плохую запись.

Второе — достаточное количество точек для дискретного воспроизведения ЭЭГ. А это зависит от совокупности частоты опроса конкретного усилителя и выбранного режима БПФ [1]. Последнее можно контролировать визуально по конфигурации графиков спектра (рис. 7.3).

Визуальная оценка графика спектра мощности в альфа-диапазоне с определением его варианта в рамках отдельного отведения

Анализ графика спектра мощности отдельного отведения (оценка конфигурации пиков мощности) заключается в определении варианта модальности, доминирующих и субдоминирующих ритмов в альфа-диапазоне [3]:

- 1) модальность: мономодальный, двухмодальный, полимодальный (рис. 5);
- 2) ширина альфа-пика на спектре или частотное рассеивание в пределах одного отведения (рис. 6);
- 3) определение модальных значений (доминирующих пиков).

Визуально-количественная оценка пространственного распределения модальных значений основного ритма

Сложилось устойчивое представление на уровне аксиомы, что понятие альфа-ритма включает только то, что в свое время сформулировано Гансом Бергером: «Альфа-ритм — это ритмические колебания потенциала ЭЭГ частотой 8–12 Гц и средней амплитудой 30–70 мкВ, характеризующиеся периодическим усилением и ослаблением, выражены преимущественно в задних отделах головного мозга при закрытых глазах в состоянии относительного покоя, блокируется при открывании глаз, действии внешних, особенно световых, раздражителей, усилении внимания и умственных нагрузках...».

То, что сделал Бергер в свое время, имея крайне низкий уровень технических возможностей, — это огромное достижение, и в руководствах по ЭЭГ до сих пор берется за основу его частотный принцип в характеристике фоновых потенциалов мозга.

В процессе накопления научных данных появилась обособленная тенденция к стиранию частотных границ диапазона основного ритма с формулированием концепции альфа-тета-континуума [1], появлению функционально-топографических исключений для ритмов в диапазоне альфа.

Были выделены мю-ритм для центральных отделов, капта-ритм — для височных, сигма-ритм — в заднелобных отделах, которые именно функционально отличаются от графического аналога, именуемого альфа-ритмом [2].

В последнее время благодаря внедрению компьютерной техники было отмечено существование аномальных вариантов альфа-ритма в центральных, лобных и теменных отделах, но клиническое значение этих ритмов для практического толкования ЭЭГ изучено недостаточно.

По визуальной картине ЭЭГ частотно-топографическое различие альфа-ритма проследить крайне сложно и возможно только в случаях значительного несовпадения по частоте или по регионарной несинхронности амплитудного максимума. Но это по силам графикам спектра мощности, если они отображены не по топографическому принципу, а интерполированы по частоте (рис. 7).

Из огромного многообразия были выбраны следующие варианты пространственно-частотной организации альфа-ритма, разделенные по топографическому принципу:

- 1) в теменно-затылочной области с правильным градиентом:
 - А) мономодальный,
 - Б) двухмодальный или полимодальный;
- 2) распространенный или генерализованный с правильным или сглаженным градиентом:
 - А) мономодальный,
 - Б) двухмодальный или полимодальный;
- 3) с атипичной проекционной зоной (в теменной или лобной области):
 - А) в сочетании с затылочным альфа-ритмом,
 - Б) без затылочного альфа-ритма.

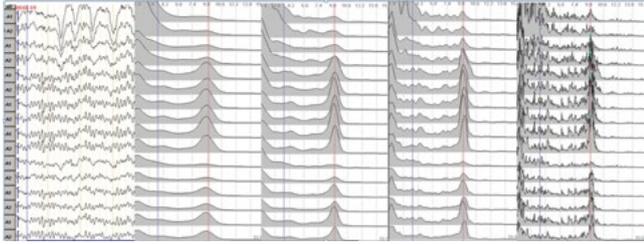


Рисунок 4. Зависимость конфигурации графиков спектра мощности фрагментов ЭЭГ (слева) суммарной длительностью 60 с от выбранного количества точек БПФ: соответственно слева направо 1024, 2048, 4096 и 8192 точки

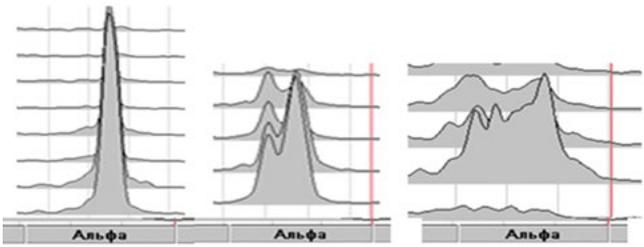


Рисунок 5. Анализ графика спектра мощности отдельного отведения. Представлены графики спектра: мономодальный (слева), двухмодальный (в центре), полимодальный (справа)

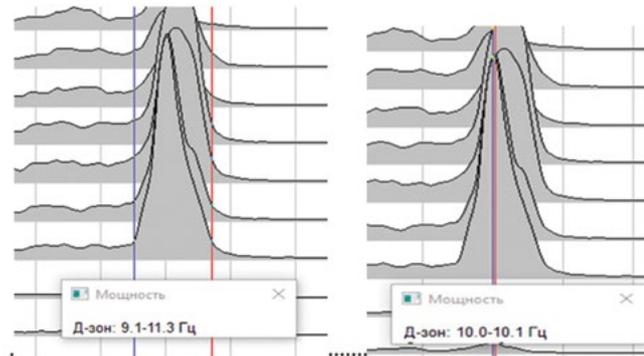


Рисунок 6. Измерение частотной ширины пика (слева) и доминирующего модального значения (справа) на спектре мощности

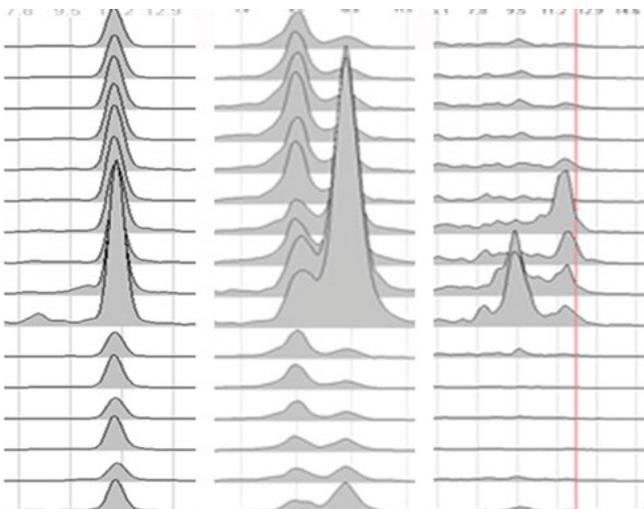


Рисунок 7. Пространственный анализ (сопоставление) графиков спектра мощности по конвексии мозга

Описание выявленных особенностей пространственно-частотных особенностей биоэлектрической активности головного мозга по данным спектрального анализа и их интерпретация

Визуальный анализ ЭЭГ многие годы служил нам верой и правдой и до сих пор остается неотъемлемой частью, но пространственно-частотную организацию корковой ритмики по нему оценить невозможно.

А зачем ее оценивать? И кому это вообще нужно?

Если специалиста устраивает метод ЭЭГ как примитивный сортировщик, «есть эпизоды в записи или нет», то вопрос ясен. Для него клеймо, наложенное на электроэнцефалографию как на рутинный метод, останется в соответствии с его рутинным уровнем знаний. А мы тут ему голову морочим с пространственно-частотной организацией ритмики мозга. И делаем это совершенно не случайно, с надеждой, что современные возможности количественной электроэнцефалографии рано или поздно заинтересуют практических электроэнцефалографистов, так как проведенное клинико-электроэнцефалографическое сопоставление показало, что топографическая представленность альфа-ритмов имеет связь с психофизиологическими особенностями пациентов и дает возможность объективизировать диагностику психических особенностей [4].

Рассмотрим эту возможность на примере вариантов спектральных графиков мощности в разных группах пациентов.

В группе условно здоровых людей на ЭЭГ выявляется, как правило, типичный мономодальный вариант спектра мощности альфа-ритма с максимумом в теменно-затылочной области с правильным градиентом и, что особенно важно, отмечается совпадение частоты модальных значений альфа-ритма в затылочных и лобных отделах (рис. 8). В этой группе обследованных доминирующая частота альфа-ритма всегда укладывалась в рамки традиционного диапазона, а по данным трехмерной локализации источник альфа-ритма определялся только в затылочных долях (рис. 9).

Полимодальные варианты альфа-ритма, определяемые по спектру мощности, свидетельствуют о расстройстве системно-функциональной организации корковой ритмики, встречаются при разных вариантах психических расстройств (СДВГ, ОНР, соматоформных расстройствах, шизофрении

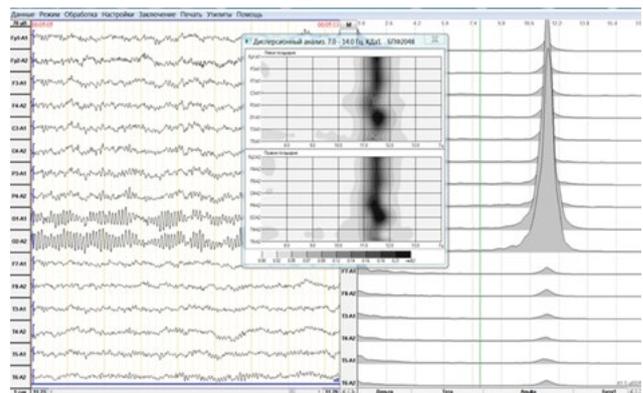


Рисунок 8. Пример правильной системно-функциональной организации альфа-ритма у подростка 14 лет из группы условно здоровых детей. На ЭЭГ модулированный альфа-ритм 9,5 Гц в затылочных отделах с удовлетворительной передне-задней частотной консолидацией

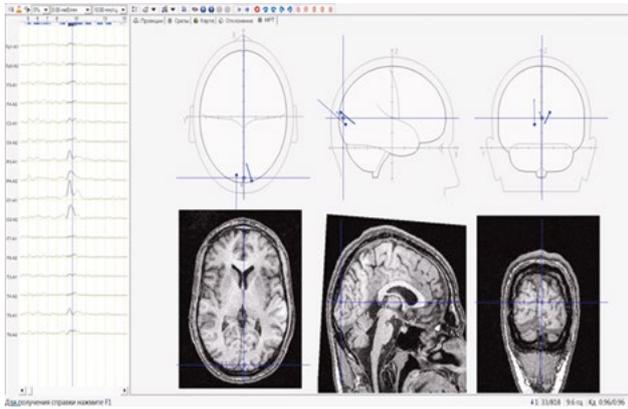


Рисунок 9. По данным трехмерной локализации в интерактивном режиме программой BrainLoc источник генерации альфа-ритма определяется в затылочных отделах

лиз объективно указывает, что в затылочной и теменной областях — это два совершенно самостоятельных альфа-ритма и они имеют разные источники генерации (рис. 13). Клинически это также имеет значение, так как, как правило, с такой аномалией на ЭЭГ дети имеют проблемы с поведением. Сходные результаты отмечены и у взрослых [5].

Существенно реже встречается альфа-ритм с доминированием в лобных отделах. Он хорошо виден как на нативной кривой, так и на графиках спектра мощности, и существенно отличается от затылочного по частоте и по амплитуде, имеет широкую зону пространственно-частотного рассеивания как на графиках спектра, так и особенно на картах дисперсии. Лобный альфа-ритм, как правило, не подавляется при открывании глаз, встречается (рис. 14) у пациентов с разной степенью выраженности психических расстройств.

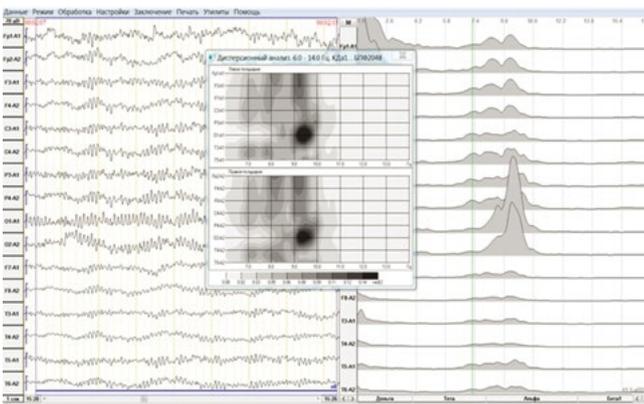


Рисунок 10. Пример нарушенной системно-функциональной организации корковой ритмики в виде полимодального альфа-ритма. В нативной ЭЭГ прослеживается альфа-ритм с расширенной зоной представительства. В спектре мощности выделяется полимодальность альфа-ритма, а на дисперсионной карте — мозаичность распределения его модальных значений

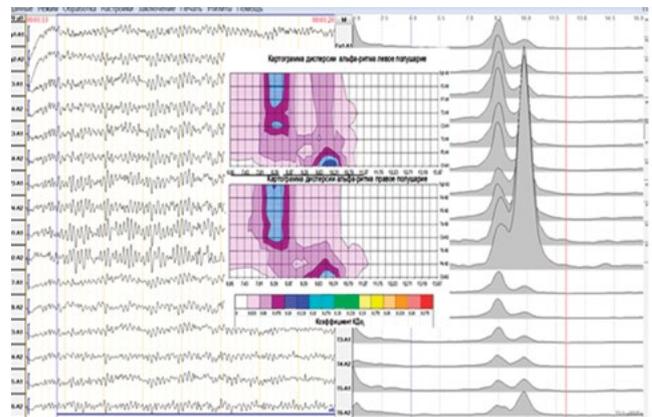


Рисунок 11. Пример нарушенной системно-функциональной организации альфа-ритма у пациента 14 лет из группы с симптоматикой панических атак. На ЭЭГ альфа-ритм с расширенной зоной представительства. На спектре мощности и картах дисперсии выделяются два независимых частотных компонента альфа-ритма: распространённый (в передних и центральных отделах) — 8,5 Гц и затылочный — 9,8 Гц

и др.) (рис. 10, 11). Методом трехмерной локализации выделены отдельные доминирующие составляющие частотных компонентов альфа-ритма, что свидетельствует о разных источниках их генерации (рис. 12).

При панических атаках с тревожным аффектом наблюдалась разной степени выраженности расширенная зона регистрации альфа-ритма. При двухмодальном варианте вычисление программой BrainLoc позволило выявить два источника их генерации. Один в районе затылочных долей, второй — в районе таламуса.

При мономодальном варианте распространенного альфа-ритма вычисление источника по программе BrainLoc давало неубедительные результаты, что связано с наличием двух источников его генерации в затылочных долях и таламусе, но близких по частоте.

Варианты альфа-ритма с аномальной топографической проекционной зоной

Долгое время доминировала доктрина на уровне аксиомы, что альфа-ритм в теменно-затылочной области имеет общий источник генерации. Да это в целом, наверное, верно, если альфа-ритмы в теменной и затылочной областях имеют одну и ту же частоту и высоко связаны между собой, по данным когерентного анализа, но спектральный анализ показывает, что этих различий увидеть не удастся. Спектральный ана-

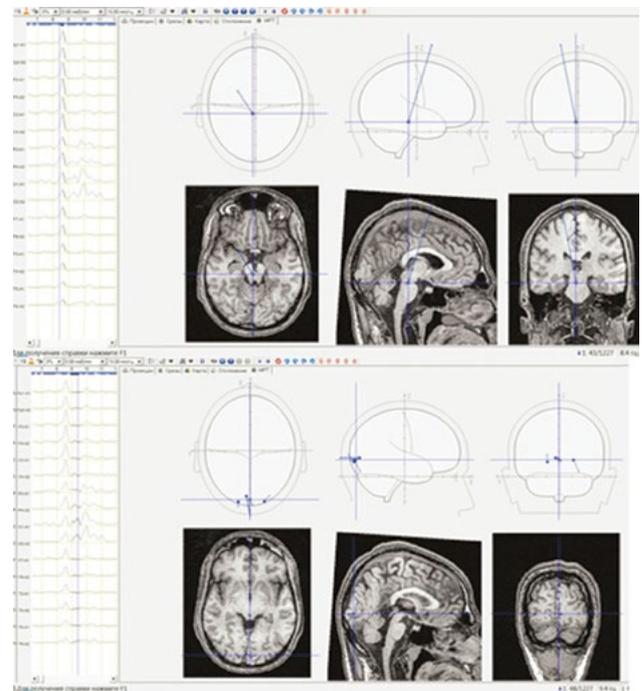
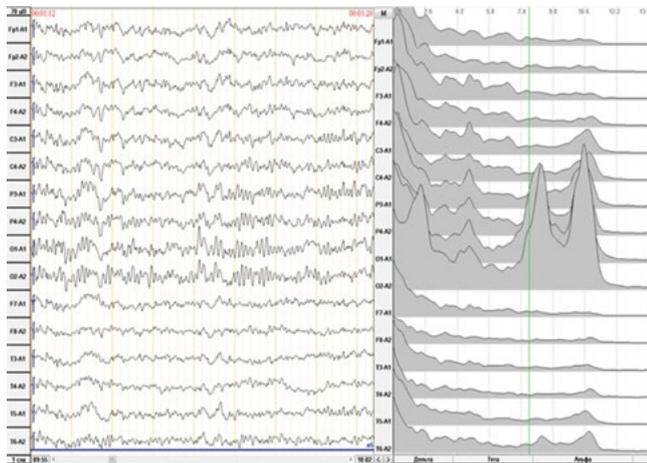
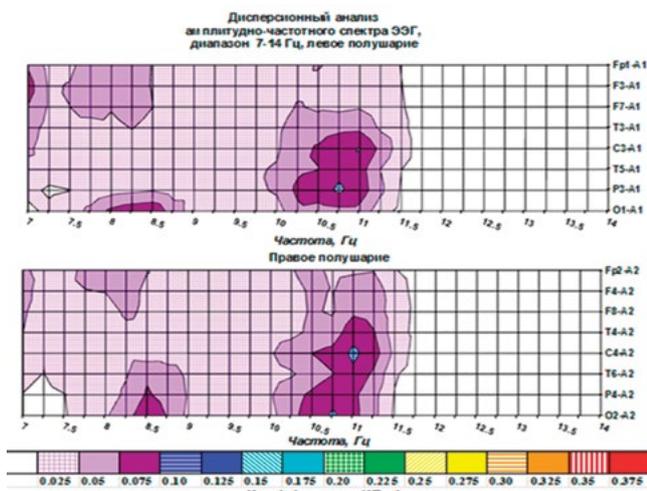


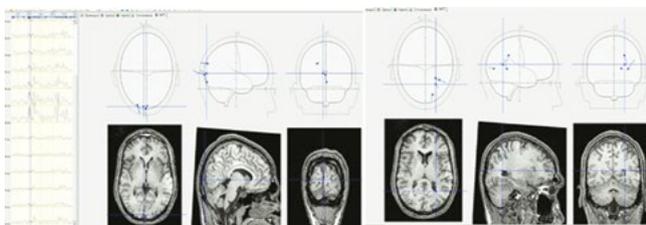
Рисунок 12. Тот же пример с нарушенной системно-функциональной организацией альфа-ритма у пациента 14 лет из группы с симптоматикой панических атак. По данным трехмерной локализации в интерактивном режиме программой BrainLoc источник генерации распространенной медленной компоненты альфа-ритма определяется в районе таламуса (8,5 Гц), а быстрой (9,8 Гц) — в затылочных отделах



А



Б



В

Рисунок 13. Вариант альфа-ритма с аномальной топографической проекционной зоной в теменных отделах у пациента с расстройствами поведения. На спектре мощности выделяется двухмодальный альфа-ритм (8,5 и 10,5 Гц) в теменно-затылочной области (А). На дисперсионной карте видно, что медленный компонент проецируется строго в затылочную область, а быстрый — на широкую зону в теменно-затылочную и центральную области (Б). По данным трехмерной локализации в интерактивном режиме программой BrainLoc определяется источник генерации медленной компоненты альфа-ритма (8,5 Гц) в затылочных долях, а быстрый (10,5 Гц) — в глыбине правой теменной доли (В)

Топографически аномальные варианты альфа-ритма, по данным программы BrainLoc, имеют нетипичные источники их генерации: теменной — из глубины теменной доли, лобный — из медиобазальной поверхности лобных долей. Степень родства, определяемая методом когерентного анализа, между затылочным и топографически аномальным альфа-ритмом бывает невысокого уровня, что указывает на обособленные механизмы генерации каждого из них.

Из сказанного вытекает, что обычная визуальная оценка нативной электроэнцефалограммы, конечно, дает много, но на сегодня возможности ее, вероятно, исчерпаны и не позволяют многого увидеть. Спектральный анализ ЭЭГ открывает перспективы для углубленного изучения биоэлектрической активности головного мозга в норме и патологии, особенно у пациентов с расстройствами психики.

Использование спектрального анализа ЭЭГ не должно пугать практического электроэнцефалографиста, работающего в условиях обязательного медицинского страхования, которое готово убить любое желание работать качественно. Применение спектрального анализа практически не требует существенного удлинения времени работы с электроэнцефалограммой. Просмотр ЭЭГ и выбор эпох осуществляется одновременно. Расчет спектра и построение графиков занимает несколько секунд. При наличии опыта оценка самих графиков также минутное дело, а в итоге — профессиональная удовлетворенность возможностью более глубокого понимания электроэнцефалограммы.

(Продолжение следует).

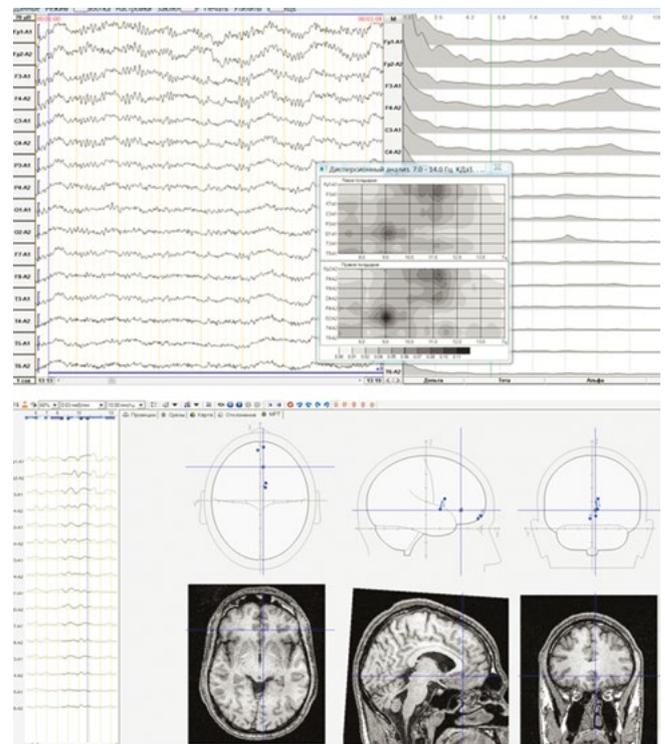


Рисунок 14. Вариант альфа-ритма с аномальной топографической проекционной зоной в лобных отделах у пациента с психическими расстройствами. В нативной ЭЭГ и на спектре мощности альфа-ритм регистрируется в лобных отделах. На дисперсионной карте с высокой степенью рассеивания выделяется быстрый его компонент (10–11 Гц) в лобных отделах и сохраненный медленный компонент (9 Гц) — в затылочных. По данным трехмерной локализации в интерактивном режиме программой BrainLoc источник генерации быстрого компонента (10–11 Гц) определяется по медиобазальной поверхности лобных долей. Медленный компонент не локализуется из-за низкого коэффициента дипольности

Список литературы / References

1. Александров М. В. и др. Электроэнцефалография. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: СпецЛит, 2020. Alexandrov M. V. et al. Electroencephalography. 3rd ed., reprint. and additional St. Petersburg: SpecLit, 2020.
2. Евтушенко С. К., Омеляненко А. А. Клиническая электроэнцефалография у детей. Руководство для детей. Донецк: Донечина, 2005. Yevtushenko S. K., Omelianenko A. A. Clinical electroencephalography in children. A guide for children. Donetsk: Donechchina, 2005.
3. Иванов Л. Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография. М.: МБН, 2004. Ivanov L. B. Applied computer electroencephalography. M.: MBN, 2004.
4. Иванов Л. Б. Как читать электроэнцефалограмму? 2002. <https://www.youtube.com/watch?v=7Gm4tRLkUjg&t=1565s> Ivanov L. B. How to read an electroencephalogram? 2002. <https://www.youtube.com/watch?v=7Gm4tRLkUjg&t=1565s>
5. Мельникова Т. С., Лапин И. А., Юркин М. М., Митрофанов А. А., Краснов В. Н., Крюков В. В. Динамика когерентных взаимосвязей на разных стадиях формирования психоорганического синдрома // Функциональная диагностика. 2009, № 1, 36–41. Melnikova T. S., Lapin I. A., Yurkin M. M., Mitrofanov A. A., Krasnov V. N., Kryukov V. V. Dynamics of coherent interrelations at different stages of the formation of the psycho-organic syndrome. Functional diagnostics. 2009, № 1, 36–41.

Статья поступила / Received 10.11.21
 Поступила после рецензирования / Revised 17.11.21
 Принята в печать / Accepted 20.11.21

Информация об авторах

Иванов Лев Борисович, к.м.н., врач высшей категории по функциональной диагностике, заведующий диагностическим отделением. ORCID: 0000-0001-5954-1520

КДЦ при Детской городской клинической больнице № 9 имени Г. Н. Сперанского (Москва)

Автор для переписки: Иванов Л. Б. E-mail: ivanov40lb@gmail.com

About authors

Ivanov Lev B., doctor of the highest category in functional diagnostics, head of the diagnostic department. ORCID: 0000-0001-5954-1520

Children's City Clinical Hospital No. 9 named after G. N. Speransky (Moscow)

Contact information: Ivaniv L. B. E-mail: ivanov40lb@gmail.com

Для цитирования: Иванов Л. Б. Правила регистрации рутинной электроэнцефалограммы: ошибки и практика применения (лекция первая). Медицинский алфавит. 2021;(39):45–52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-39-45-52>.

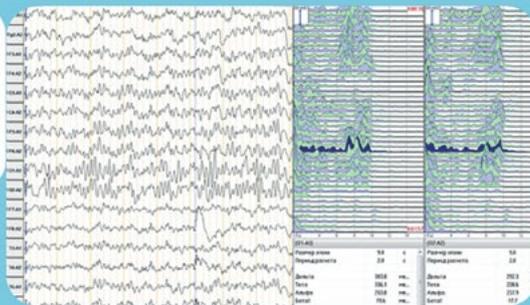
For citation: Ivanov L. B. Power spectrum of electroencephalogram: Mistakes and Practical Application. Medical alphabet. 2021;(39):45–52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-39-45-52>



ООО «НАУЧНО-МЕДИЦИНСКАЯ ФИРМА МБН»

105120, Москва, 2-й Сыромятнический пер., д. 10 кв. 6

Телефон:
 (495) 917-83-24
 (495) 917-97-03
 (495) 917-77-76
 e-mail: info@mbn.ru
<http://www.mbn.ru>



Электроэнцефалографы на 4, 16, 19, 21 и 32 канала с полной периферийной комплектацией

для амбулаторной и стационарной регистраций ЭЭГ, а также суточного видеомониторинга

Полный объем традиционного математического обеспечения:

- амплитудный
- спектральный
- когерентный анализ с построением графиков и карт с гибким алгоритмом настроек

Комплекс МБН-Нейрокартограф может быть использован для диагностики эпилепсии:

- Обеспечен методикой автоматического поиска эпилептиформной активности, включая низкоамплитудные острые волны (оригинальный алгоритм) и трехмерную локализацию источника патологической активности

Предусмотрена возможность исследования расстройства ментальных функций у здоровых и пациентов с психическими расстройствами:

- Непрерывный частотно-амплитудный мониторинг потенциалов мозга методом Берг-Фурье анализа
- Тренды мощности и когерентности
- Построение трехмерных дисперсионных карт по Росману

Любой модельный ряд по желанию заказчика:

- мобильный
- стационарный
- варианты, на одно или несколько рабочих мест

