

Спектр мощности по электроэнцефалограмме: ошибки и практика применения (лекция вторая). Дисперсионный анализ электроэнцефалограммы по Росману

А. Б. Иванов

ГБУЗ «Детская городская клиническая больница № 9 имени Г.Н. Сперанского Департамента здравоохранения Москвы»

РЕЗЮМЕ

Дисперсионный анализ ЭЭГ – это более углубленный вариант спектрального анализа частотных компонентов мозговых ритмов. С. В. Росман (г. Тверь) предложил метод трехмерного картирования пространственного распределения частот альфа-диапазона по поверхности головы, по данным дисперсионного анализа. Результаты применения этого метода у пациентов с психическими заболеваниями выполнены на огромном статистически обработанном материале и изложены в многочисленных публикациях. Предложенный вариант дисперсионного анализа прост и очень информативен для нейрофизиологической оценки состояния ментальных функций человека. В основе электроэнцефалографической оценки трехмерных дисперсионных карт при расстройствах ментальных функций лежит оценка состояния системно-функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга в целом. Визуально встречается самая разнообразная мозаика альфа-распределения. Нами выделены три основных типа пространственного распределения альфа-ритма по дисперсионным картам: рассеянный, организованный и избыточно консолидированный. Оценка состояния системно-функциональной организации корковой ритмики по трехмерным картам дисперсионного анализа существенно облегчает решение трудной интерпретационной проблемы расшифровки ЭЭГ при психических расстройствах и позволяет наконец вытащить этот метод из рутинного уровня.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЭГ, пространственная организация альфа-ритм, спектральный анализ, дисперсионный анализ, психические расстройства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

EEG Power Spectrum: Mistakes and practical application (lecture two). Dispersive EEG analysis according to Rosman's method

L. B. Ivanov

Children's City Clinical Hospital No. 9 n.a. G. N. Speransky, Moscow, Russia

SUMMARY

S. V. Rosman (Tver, Russia) proposed a method for three-dimensional mapping of the spatial distribution of alpha-band frequencies over the surface of the head based on the dispersive analysis. The results of the application of this method in patients with mental illnesses have been carried out on the basis of huge case statistics and are presented in many publications. The electroencephalographic assessment of three-dimensional dispersion maps in disorders of mental functions is based on the interpretation of the state of the systemic-functional organization of the bioelectrical activity of the brain as a whole. The most diverse spatial mosaic of alpha distribution is encountered visually. We have identified three main types of spatial distribution of the alpha rhythm according to dispersion maps: scattered, organized, and excessively consolidated. Evaluation of the state of the systemic-functional organization of cortical rhythm using three-dimensional analysis of dispersion maps greatly facilitates the solution of the difficult interpretational problem of decoding the EEG in mental disorders, and finally allows this method to be pulled out of the routine level.

KEY WORDS: EEG, spatial organization of the alpha rhythm, spectral analysis, analysis of variance, mental disorders.

CONFLICT OF INTEREST. The author declares no conflict of interest.

Дисперсия – это мера рассеяния, описывающая сравнительное отклонение между значениями данных и средней величиной

Дисперсионный анализ ЭЭГ – это более углубленный вариант спектрального анализа частотных компонентов мозговых ритмов.

Разной степени пригодности для практического применения дисперсионный анализ ЭЭГ номинально присутствует в программных продуктах многих производителей. Следует отметить, что наиболее глубокого уровня возможности представлены в программе А. А. Митрофанова BrainSys [2]. К сожалению, на практике этот метод

обработки практически не используется из-за недостаточной математической подготовки электроэнцефалографистов (и действительно эта программа плохо адаптирована под медицинского пользователя), а также из-за отсутствия мотивации, поскольку не отработаны критерии его диагностической целесообразности. Программа BrainSys, скорее, подходит для научно-исследовательских институтов, но после девятидесяти лет институтам ни до того: ни денег, ни сотрудников, ни свободы выбора исследований.

Научные изыскания в этом направлении ведутся одиночками исследователями-энтузиастами, не имеющими отношения к НИИ. Наиболее заметны наработки

практического врача психиатрической больницы С.В. Росмана (г. Тверь). Им предложен метод трехмерного картирования пространственного распределения частот альфа-диапазона по поверхности головы. Результаты применения метода у пациентов с психическими заболеваниями выполнены на огромном статистически обработанном материале и изложены в многочисленных публикациях [3–6]. Предложенный С.В. Росманом вариант дисперсионного анализа прост. Он не требует глубоких знаний математики и главное – адаптирован под особенности врачебного уровня знаний и очень информативен для диагностики состояния ментальных функций.

Чтобы избежать в дальнейшем кривотолков, следует сказать, что, по мнению математиков, «дисперсия по Росману» – это не совсем дисперсия, а, скорее, пространственное распределение усредненных значений мощности колебаний. Но поскольку трехмерные карты дисперсионного распределения мощностных значений «неправильной» дисперсии по Росману и «правильной» оказались эквивалентными (рис. 1) и отличаются только значениями размерности, то мы сочли целесообразным не ломать копья, а пользоваться показателями Росмана с учетом того, что весь имеющийся материал за предшествующие годы выполнен по этой методике.

Автор предлагает множество показателей, но, по сути, прикладное значение приобрел только один из них, коэффициент дисперсии (КДа1). Это отношение мощности колебания данной частоты в соответствующем отведении к суммарной мощности колебаний в диапазоне 7–14 Гц. По значениям этого показателя строится трехмерная карта пространственного распределения величин дисперсии мощности альфа-ритма. На графике по горизонтальной оси отложены значения частоты альфа-ритма КДа1, по вертикали распределены ЭЭГ-отведения. Третья ось (КДа1) отображается интенсивностью серого и черного цвета в программе «МБН-Нейрокартограф» или на цветных картах соответствующим цветом в программе Росмана на базе Excel (рис. 2).

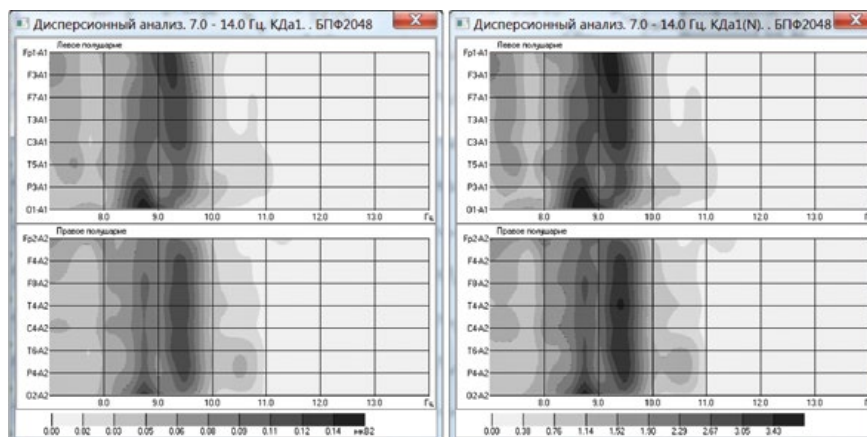


Рисунок 1. Отображение пространственного распределения альфа-ритма на картограммах дисперсии в программе «МБН-Нейрокартограф» по С.В. Росману (слева) и классической дисперсии (справа) эквивалентное и отличается только величинами размерности.

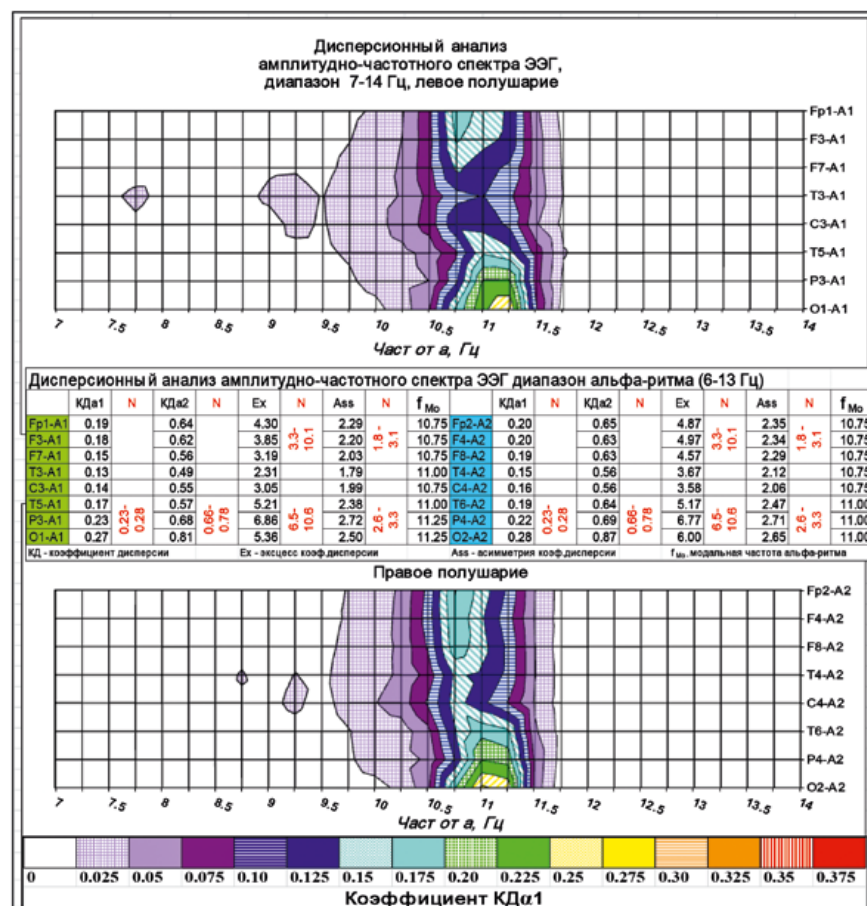


Рисунок 2. Отображение пространственного распределения альфа-ритма на картограммах дисперсии в программе С.В. Росмана на базе Excel.

Сравнение карт распределения абсолютных значений мощности и дисперсии ее демонстрирует существенно большую наглядность особенностей пространственного распределения альфа-ритма именно на дисперсионной карте (рис. 3), что обосновывает правомерность использования этого метода для интерпретации биоэлектрической активности головного мозга.

Поскольку, как я убедился, эти картограммы мало кто понимает, предлагаю простую схему их интерпретации по основным ориентирам.

Рассмотрим их на усредненных дисперсионных картах, полученных в четырех группах обследованных, на громадном статистическом материале, представленном С.В. Росманом (рис. 4).

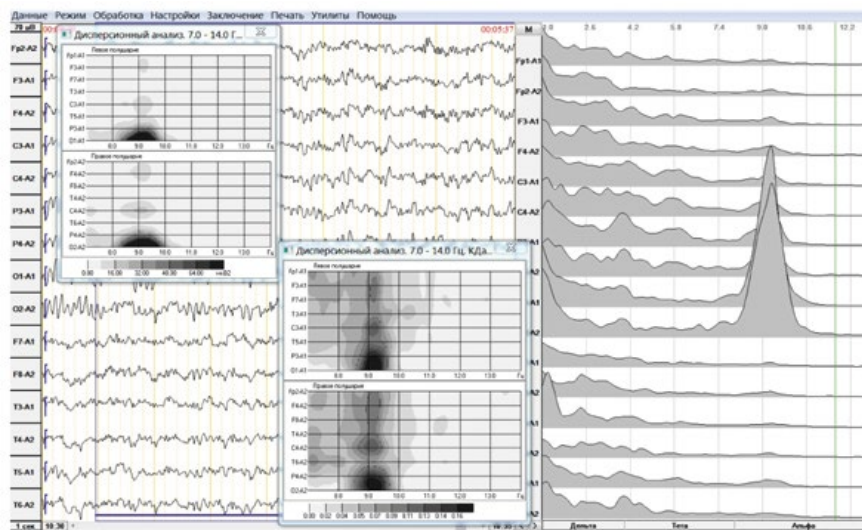


Рисунок 3. На трехмерной карте распределения абсолютных значений мощности (слева сверху) по конвекции мозга визуализируется только наличие альфа-ритма в затылочных отделах, как и на интерполированных по частоте графиках спектра мощности (справа), в то время как на картах дисперсии (по центру снизу) прослеживается наличие альфа-ритма не только в передних и центральных отделах, но и расширение его в сторону замедления.

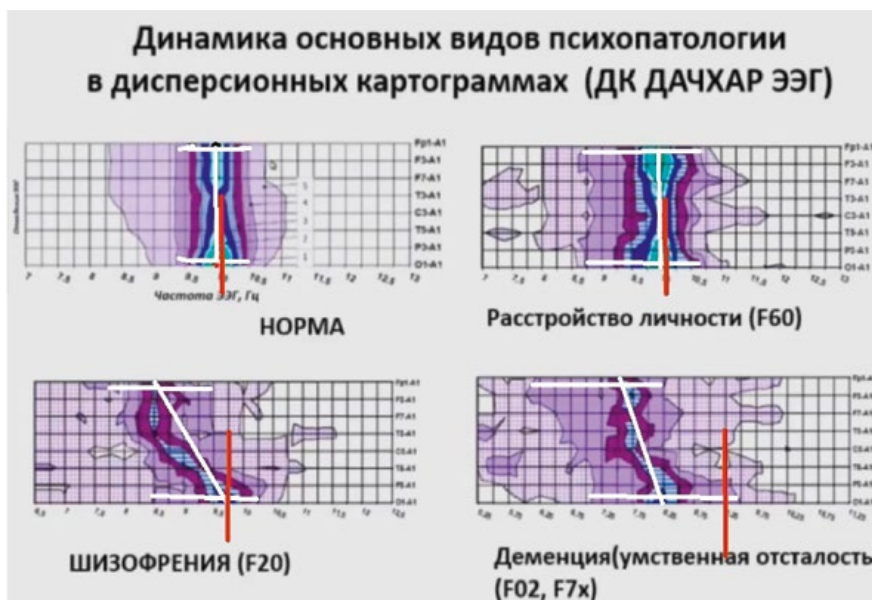


Рисунок 4. Картограммы здоровых обследованных, пациентов с расстройствами личности, шизофренией и деменцией (цит. по С.В. Росману). Ориентиры в виде линий добавлены нами. Белая вертикальная линия позволяет отслеживать степень замедления лобного альфа-ритма относительно затылочного. Горизонтальные линии – показатель частотного рассеивания в соответствующем регионе. Красная вертикальная линия – ориентир средне популяционной частоты альфа-ритма для группы здоровых людей.

Суть чтения этих картограмм можно свести к трем таким ориентирам: 1) смещение фактической частоты альфа-ритма относительно среднепопуляционного значения, то есть от нормы (красная линия); 2) сдвиг частоты альфа-ритма в лобных отделах в сторону замедления относительно частоты в затылочных отделах (вертикальная или наклонная белая линия); 3) выраженность пространственно-частотного расширения (рассеивания) альфа-ритма в пределах одного региона (горизонтальная белая линия).

На приведенном рисунке видно, что для здоровых людей является характерным совпадение частоты альфа-ритма в передних и задних отделах мозга (вертикальная белая линия), для пациентов с расстройствами личности также характерно в целом совпадение частоты альфа-ритма в передних и задних отделах, но ширина частотного рассеивания альфа-ритма существенно шире, чем в группе здоровых людей (горизонтальная белая линия). Иная картина наблюдается в группе пациентов с шизофренией. На картограммах этой группы отмечается выраженное смещение доминирующих значений альфа-ритма

в лобных отделах в сторону замедления относительно частоты основного ритма в затылочных отделах (косая белая линия). Одновременно присутствует избыточное частотное рассеивание как в передних, так и задних отделах (горизонтальные белые линии). На картограммах пациентов с шизофренией и умственной отсталостью, так же как в группе с расстройствами личности (вторая группа), выявлено выраженное частотное рассеивание (горизонтальные белые линии), а главное, что при этом отмечается существенное замедление частоты основного ритма относительно среднепопуляционных значений для соответствующего возраста здоровых людей (вертикальная красная линия).

Замедление частоты альфа-ритма – это один из ведущих электроэнцефалографических признаков снижения уровня когнитивности.

Из картограмм дисперсии альфа-ритма следует понять главное – что в основе электроэнцефалографической оценки расстройства ментальных функций лежит оценка состояния системно-функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга (прежде всего альфа-ритма) в целом.

Практические врачи поликлиник и стационаров редко встречаются с заболеваниями, приведенными выше, и эта интересная информация воспримется ими как любопытный, но не имеющий отношения к их повседневной практике факт. Обычно они имеют дело с паническими атаками, соматоформными заболеваниями, вегетососудистыми расстройствами, задержкой речевого развития, синдромом дефицита внимания, гиперактивностью и так далее. Оказалось, что общий принцип картины распределения альфа-ритма по конвекции при нетяжелых психических расстройствах в принципе имеет те же закономерности, но в меньшей степени выраженности. Визуально встречается самая разнообразная мозаика альфа-распределения.

Нами выделены три основные группы пространственного распределения альфа-ритма по дисперсионным картам.

Рассеянный тип распределения. На карте наблюдается множество максимальных значений альфа-ритма с выраженным частотным рассеиванием особенно в передних отделах (рис. 5). Такая картина характерна для СДВГ, соматоформных расстройств, задержки речевого развития, тикозных гиперкинезов и т. д.

Организованный тип (или умеренно консолидированный). На дисперсионной карте прослеживается выраженная зона доминирования альфа-ритма в затылочных отделах с распространением его в передние отделы на одной и той же доминирующей частоте, с минимальным или умеренным уровнем частотного рассеивания (рис. 6). Такая картина, как правило, наблюдается в группе условно здоровых обследованных

Избыточно консолидированный тип распределения. На дисперсионных картах такой вариант прослеживается в виде узкой полосы максимальных значений доминирующих частот от затылка до лобов со значительным сужением зоны частотного рассеивания (рис. 7).

Избыточно консолидированный тип рассеивания может встречаться в двух вариантах. Первый – когда частота альфа-ритма во лбах и затылках полностью совпадает (рис. 7), второй – когда частота затылочного альфа-ритма не совпадает с частой распространенного пространственно-консолидированного ритма от темени до лобов (рис. 8).

Избыточно консолидированный альфа-ритм обычно генерируется таламическими отделами. Визуально общая консолидация распадается, если таламический и затылочный альфа-ритма не совпадают по частоте. Трактуются оба варианта одинаково. Такой вариант встречается у пациентов с паническими атаками, вегетативными расстройствами, некоторыми формами соматоформных расстройств и свидетельствует о вероятной повышенной тревожности.

Встречаются также варианты дисперсии по смешанному типу, когда на одной и той же картограмме имеются все признаки как рассеянного, так и консолидированного типов картограмм. Такое сочетание в одной электроэнцефалограмме, как бы

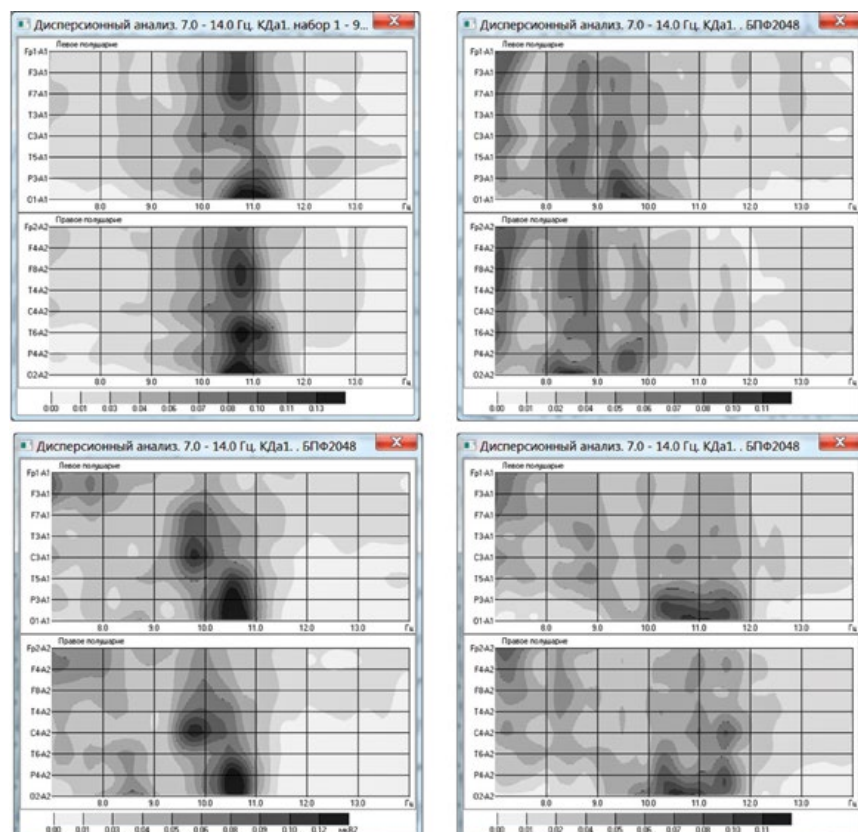
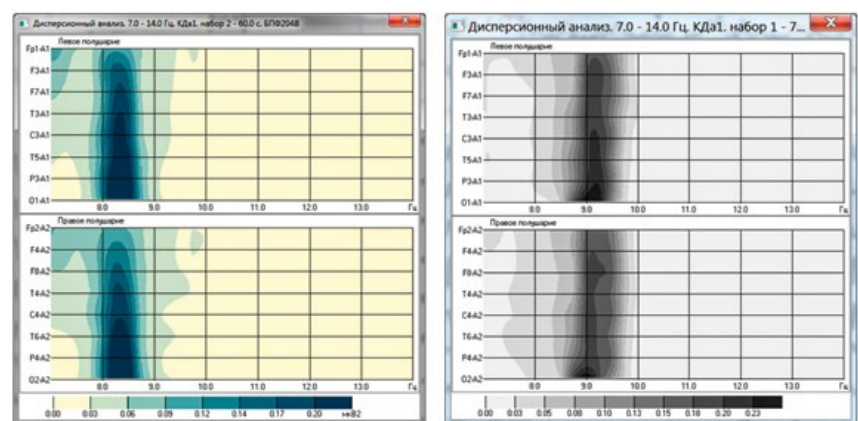
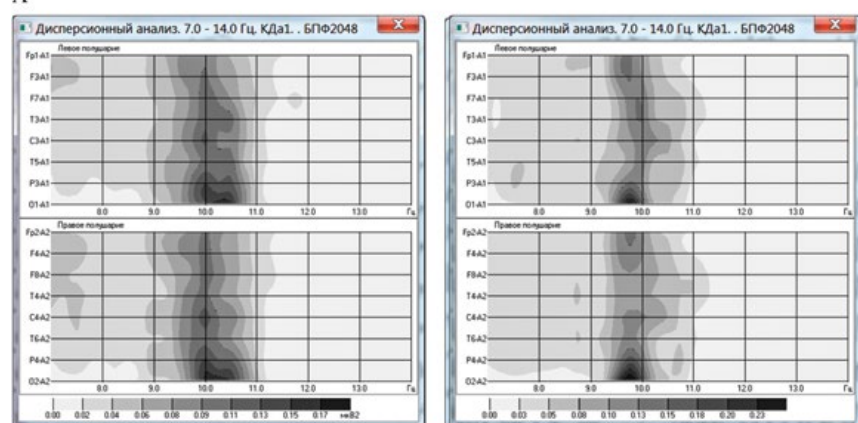


Рисунок 5. Варианты рассеянного типа организации альфа-ритма. На дисперсионной карте при рассеянном типе отмечается более широкое частотное распределение величин дисперсии альфа-ритма или множество островков его доминирования.



А



Б

Рисунок 6. Организованный, или умеренно консолидированный, тип без признаков частотного рассеивания (вариант нормы). На дисперсионных картах прослеживается выраженная зона доминирования альфа-ритма в затылочных отделах с распространением его в передние отделы на той же частоте с невысоким (А) и умеренным (Б) уровнем частотного рассеивания.

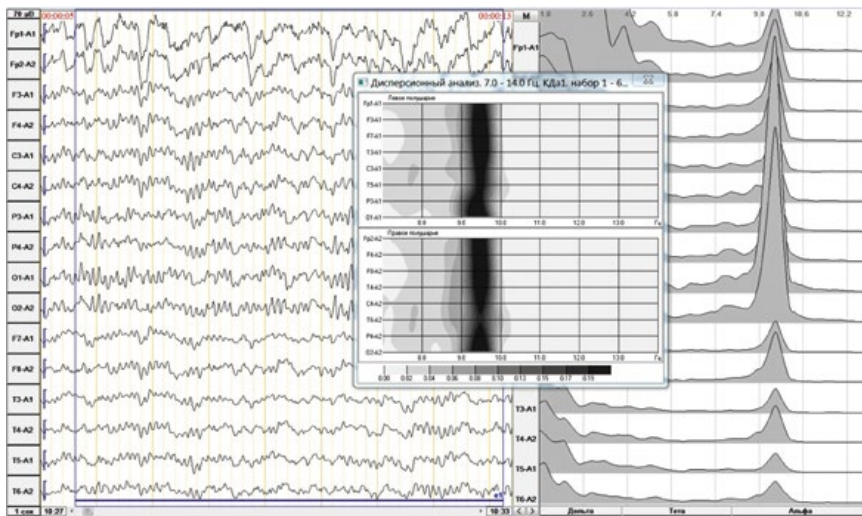


Рисунок 7. Первый вариант: избыточно консолидированный альфа-ритм, когда частота затылочного альфа-ритма совпадает с таламическим.

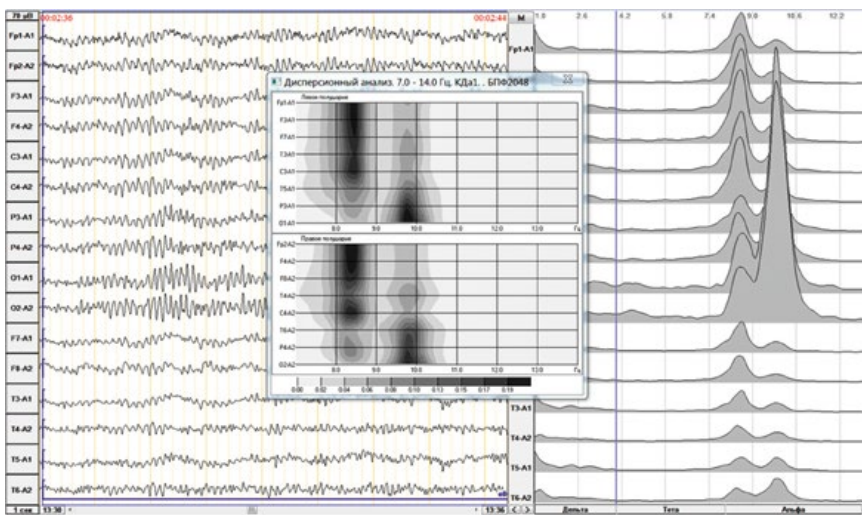


Рисунок 8. Второй вариант: избыточно консолидированный альфа-ритм, когда частота затылочного альфа-ритма не совпадает с таламическим.

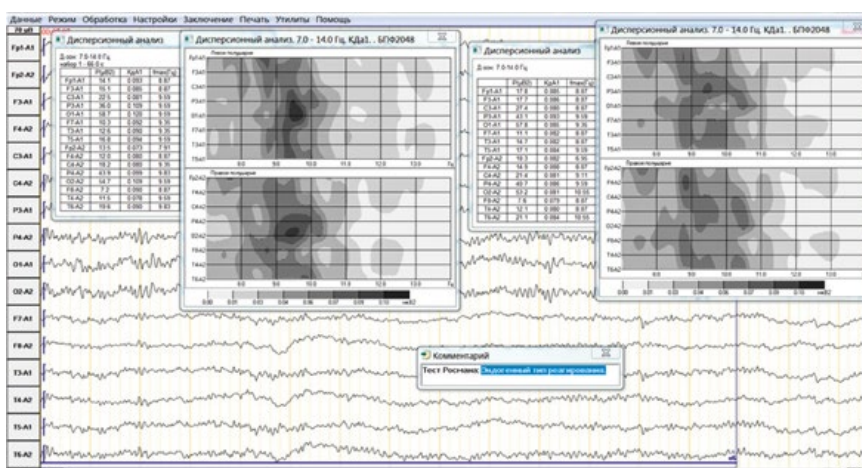


Рисунок 9. Пациент, 14 лет, с шизотипическим поведением. На трехмерной дисперсионной карте на исходной ЭЭГ выявляется выраженный рассеянный тип распространения альфа-ритма по конвекции мозга. На фоне гипервентиляционной пробы по Росману отмечается дальнейший «развал» пространственной организации альфа-ритма. Эндогенный тип реагирования. Резюме: снижен уровень психологической стрессоустойчивости. Вероятность аномального поведения высокая.

казалось, функционально противоположных состояний хорошо перекликается с клинической картиной, когда у одного и того же пациента, например, отмечаются одновременно признаки снижения внимания, симптомы двигательной

расторженности, или у детей с недоразвитием речи, в сочетании с избыточной тревожностью [1].

Систематизированный подход к оценке системно-функциональной организации корковой ритмики по трехмерным картам дисперсионного анализа существенно облегчает решение этой трудной интерпретационной проблемы расшифровки ЭЭГ и позволяет наконец вытащить этот метод из рутинного уровня.

Говорят, что все равно врачи не будут этого делать. Не будут, если не будут понимать, зачем это делать, и будут, если четко обозначить перспективу диагностической значимости. Главное, чтобы это было нетрудоемко, понятно и полезно для расширения возможностей метода.

Иллюстрацией диагностической информативности дисперсионного анализа могут служить примеры оценки по С. В. Росману уровня психологической стрессоустойчивости пациентов с аномалией ментальных функций на модели нагрузочного теста, по данным ЭЭГ (рис. 9 и 10).

В качестве наглядного примера приводим наблюдение С. В. Росмана (с его согласия), представленное им в одном из выступлений.

Взрослый пациент в состоянии аффекта при бытовом конфликте с соседями убил семь человек. На дисперсионных картах ЭЭГ левого и правого полушарий выявляется выраженное нарушение пространственного распределения альфа-ритма по рассеянному типу. Особенно это прослеживается в правом полушарии. Тест на гипервентиляцию показал выраженный тип эндогенного реагирования. На фоне нагрузки наступило дальнейшее нарастание изменений частотно-пространственной организации по рассеянному типу как в левом полушарии, так и особенно в правом вплоть до полного «развала» альфа-ритма (рис. 11), что свидетельствовало о крайне низком уровне психологической стрессоустойчивости у этого человека.

Дисперсионный анализ ЭЭГ – это более углубленный вариант спектрального анализа частотных компонентов мозговых

ритмов. Результаты применения этого метода у пациентов с психическими заболеваниями выполнены на огромном статистически обработанном материале и изложены в многочисленных публикациях. В основе электроэнцефалографической оценки трехмерных дисперсионных карт при расстройствах ментальных функций лежит оценка состояния системно-функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга в целом.

(Быть продолжению)

Список литературы / References

- Иванов Л. Б. Психофизиологическая интерпретация функционального состояния головного мозга с помощью ЭЭГ. Вестник Клин. нейрофизиологии. 2016; (1): 5–26.
Ivanov L. B. Psychophysiological interpretation of the functional state of the brain using EEG. Bulletin of Clinical Neurophysiology. 2016; (1): 5–26.
- Митрофанов А. А., Кичук, И. В., Русалова С. В. и др. Методика быстрого автоматизированного дискриминантного анализа ЭЭГ при различении в два класса. Психология. Журнал Высшей школы экономики, 2020. Т. 17. № 2. С. 223–249. DOI: 10.17323/1813-8918-2020-2-223-249.
Mitrofanov A. A., Kichuk, I. V., Rusalova S. V. et al. Technique of rapid automated discriminant analysis of EEG when distinguishing into two classes. Psychology. Journal of the Higher School of Economics, 2020. T. 17. No. 2. P. 223–249. DOI: 10.17323/1813-8918-2020-2-223-249.
- Максимова Н. Е., Росман С. В., Шпак Л. В., Забодяев С. В. Возможности использования дисперсии альфа-ритма для скрининговой верификации психических заболеваний. Журнал «Психическое здоровье» № 1, 2016 С. 16–25.
Maksimova N. E., Rosman S. V., Shpak L. V., Zabodaev S. V. Possibilities of using dispersion of the alpha rhythm for screening verification of mental illness. Mental Health Journal. No. 1, 2016, pp. 16–25.
- Росман С. В., Шпак Л. В. Новые подходы к оценке полиморфизма альфа-ритма электроэнцефалограммы при психических заболеваниях. Псих. здоровье. 2013; 2: 39–44.
Rosman S. V., Shpak L. V. New approaches to assessing the polymorphism of the alpha rhythm of the electroencephalogram in mental diseases. Psycho. health. 2013; 2: 39–44.
- Rosman S. V. The System 3 + 3 in a Problem of Searching of a New Paradigm in Psychiatry. Psychology and Psychotherapy: Research Study, May 05, 2018; Published: October 10, 2018.
- Rosman S. V. Integral indexes of dispersion of amplitude frequency characteristics of an alpha rhythm of an EEG in diagnosis of mental diseases. Mental Health (1) 2014: 132–135.

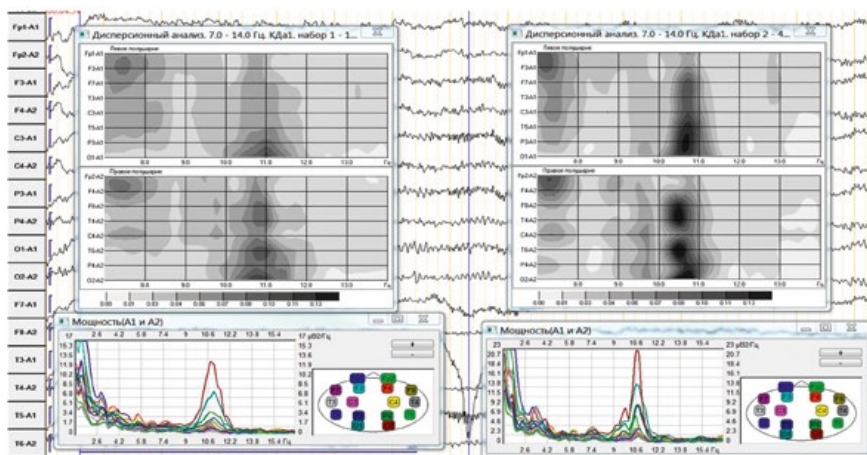


Рисунок 10. Пациент, 17 лет, признан здоровым, освидетельствован на предмет совершения правонарушения. На трехмерной дисперсионной карте на исходной ЭЭГ выявляется умеренно рассеянный тип распространения альфа-ритма по конвекции мозга. На фоне гипервентиляционной пробы по Росману картина рассеянного варианта организации альфа-ритма сохраняется, но отмечается четкая тенденция к консолидации пространственной организации альфа-ритма. Резюме: уровень психологической стрессоустойчивости в стадии компенсации. Скорее всего, подросток в состоянии контролировать свое поведение.

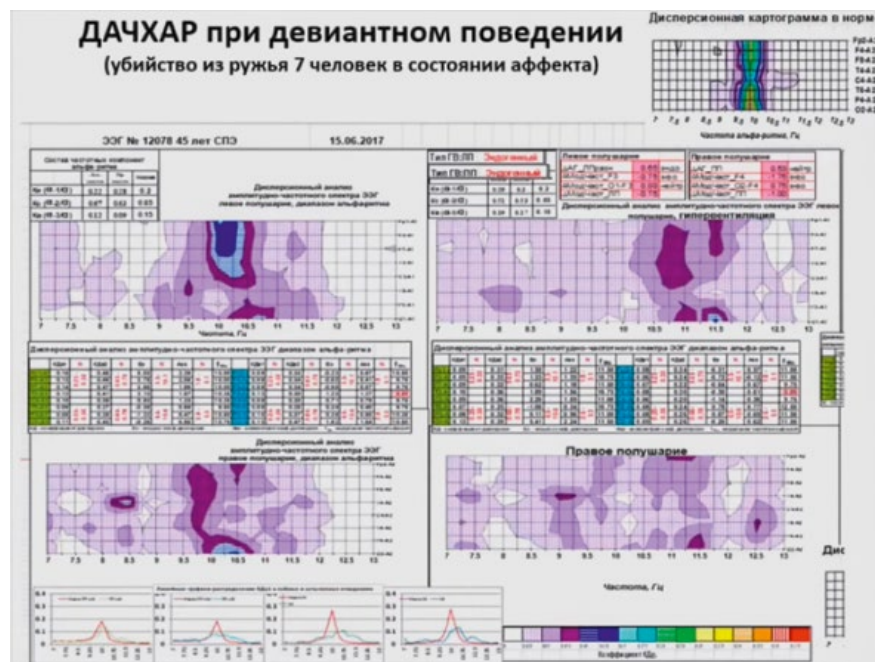


Рисунок 11. На дисперсионных картах – ЭЭГ человека, совершившего убийство в состоянии аффекта, по данным дисперсионного анализа выявляются выраженные нарушения системно-функциональной организации альфа-ритма как в исходной записи, так и особенно при нагрузочном тесте (цит. по С. В. Росману).

Статья поступила / Received 17.02.22
Получена после рецензирования / Revised 28.02.22
Принята в печать / Accepted 18.03.22

Сведения об авторе

Иванов Лев Борисович, к.м.н., врач высшей категории по функциональной диагностике, зав. диагностическим отделением КДЦ.
E-mail: ivanov40lb@gmail.com. ORCID: 0000-0001-5954-1520

ГБУЗ «Детская городская клиническая больница № 9 имени Г. Н. Сперанского Департамента здравоохранения Москвы»

Для переписки: Иванов Лев Борисович. E-mail: ivanov40lb@gmail.com

About author

Ivanov Lev B., PhD Med, physician of superior expert category in functional diagnostics, head of Diagnostic Dept. E-mail: ivanov40lb@gmail.com. ORCID: 0000-0001-5954-1520

Children's City Clinical Hospital No. 9 n.a. G. N. Speransky, Moscow, Russia

For correspondence: Ivanov Lev B. E-mail: ivanov40lb@gmail.com

Для цитирования: Иванов Л. Б. Спектр мощности по электроэнцефалограмме: ошибки и практика применения (лекция вторая). Дисперсионный анализ электроэнцефалограммы по Росману. Медицинский алфавит. 2022; (9): 38–43. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-38-43>.

For citation: Ivanov L. B. EEG Power Spectrum: Mistakes and practical application (lecture two). Dispersive EEG analysis according to Rosman's method. Medical alphabet. 2022; (9): 38–43. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-38-43>.