

Министерство здравоохранения Российской Федерации

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДЕНО
Решением Учебно-методического
совета ГБОУ ДПО РМАПО
Минздрава России
«27» июня 2016 г.

Л.Н. НЕРОБКОВА, С.Б. ТКАЧЕНКО

КЛИНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

Учебное пособие

Москва
2016

УДК 616-073.7:371.3(075.8)
ББК 53.4я7
Н-544

Клиническая электроэнцефалография: учебное пособие / Л.Н. Неробкова, С.Б. Ткаченко
ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования». – М.:
ГБОУ ДПО РМАПО, 2016. – 213 с. ISBN 978-5-7249-2574-7

Цель учебного пособия – систематизировать современные данные по клинической электроэнцефалографии (ЭЭГ). Содержание учебного пособия соответствует темам образовательной программы высшего образования – подготовки кадров высшей квалификации в ординатуре и дополнительной профессиональной программы переподготовки врачей по специальности 31.08.12 «Функциональная диагностика».

В учебном пособии изложены нейрофизиологические основы электроэнцефалографии, методология анализа ЭЭГ и электроэнцефалографическая семиотика. Описаны принципы клинической интерпретации ЭЭГ при неврологических и других заболеваниях мозга. Представлены основные методы и принципы клинического применения компьютерной ЭЭГ.

Данное учебное пособие разработано и подготовлено сотрудниками кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики РМАПО с участием сотрудников Учебно-методического управления. Клинический материал представлен сотрудниками кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики РНИМУ имени Н.И.Пирогова д.м.н. Катуниной Е.А., к.м.н. Олейниковой О.М., к.м.н. Филатовой Ю.Б., неврологом Хромых Е.А.

Учебное пособие предназначено для врачей функциональной диагностики, неврологов, психиатров, а также для аспирантов, клинических ординаторов и слушателей циклов повышения квалификации и профессиональной переподготовки врачей по указанным специальностям.

УДК 616-073.7:371.3(075.8)
ББК 53.4я7

Табл. 2. Ил. 109. Библиогр. 35 назв.

Рецензенты: д.б.н., профессор, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

- **С.Н. Лукьянова**

д.м.н., профессор, ГБОУ ДПО Российская медицинская академия
последипломного образования

- **Н.Ф. Берестень**

ISBN 978-5-7249-2574-7

© ГБОУ ДПО РМАПО, 2016

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВГСП – вторично генерализованный судорожный приступ

ГАМК – гамма-амино-масляная кислота

КГР – кожногальванический рефлекс

КОГ – когерентность

кОм – килоОм

КТ – компьютерная томография

мкВ – микровольт

МРТ – магнитно-резонансная томография

МС – медленноволновой сон

ОНМК – острые нарушения мозгового кровообращения

ПФС – парадоксальная фаза сна

ПЭТ – позитронно-эмиссионная томография

РУР – реакция усвоения ритма

РФС – ритмическая фотостимуляция

СМА – среднемозговая артерия

фМРТ – функциональная магнитно-резонансная томография

ФПО – фотопароксизмальный ответ

ЦНС – центральная нервная система

ЭКГ – электрокардиограмма

ЭОГ – электроокулограмма

ЭЭГ – электроэнцефалография (электроэнцефалограмма)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Краткий обзор истории развития электроэнцефалографии. Значения ЭЭГ в клинической практике.....	5
Глава 1. Общие представления о методических основах электроэнцефалографии. Техника и методика регистрации ЭЭГ.....	7
<i>Контрольные вопросы</i>	21
Глава 2. ЭЭГ при различных функциональных состояниях. Функциональные пробы при ЭЭГ-исследовании.....	21
<i>Контрольные вопросы</i>	72
Глава 3. Планирование ЭЭГ-исследования. Стратегия записи ЭЭГ: порядок выполнения функциональных проб.....	72
<i>Контрольные вопросы</i>	85
Глава 4. Способы обработки ЭЭГ. Компоненты ЭЭГ. Паттерны ЭЭГ. Классификация электроэнцефалограмм.....	85
<i>Контрольные вопросы</i>	159
Глава 5. Математические методы анализа ЭЭГ. Алгоритм описания электроэнцефалограммы. Интерпретация ЭЭГ-данных.....	159
<i>Контрольные вопросы</i>	188
Тестовые задания для самоконтроля.....	189
Заключение.....	192
Глоссарий.....	195
Список литературы.....	209

ВВЕДЕНИЕ. КРАТКИЙ ОБЗОР ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ. ЗНАЧЕНИЯ ЭЭГ В КЛИНИЧЕСКОЙ И ПРАКТИКЕ

Электроэнцефалография – метод исследования деятельности головного мозга животных и человека основан на суммарной регистрации спонтанной биоэлектрической активности отдельных зон, областей и долей мозга. О наличии электрических процессов в мозгу животных указывалось еще 1849 году в исследованиях Э.Г.Дюбуа-Реймона, однако, развитие электроэнцефалографии, как самостоятельного раздела электрофизиологии началось в 1875-1876 гг., после работ В.Я. Данилевского и Кэтона, описавших колебательный характер электрических потенциалов мозга. В 1925 году отечественный исследователь В.В.Правдич-Неминский впервые предложил классификацию биопотенциалов мозга по частотным диапазонам, которая является основой для современной классификации частот ЭЭГ.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) – кривая, получаемая при регистрации колебаний электрических потенциалов головного мозга через покровы черепа. Впервые ритмическую биоэлектрическую активность с поверхности черепа человека зарегистрировал немецкий исследователь Ганс Бергер в 1929 году. Работы Бергера, а также сам метод энцефалографии получили широкое признание лишь после того как в мае 1934 года Эдриан и Мэттьюс впервые убедительно продемонстрировали «ритм Бергера» на собрании Физиологического общества в Кембридже.

ЭЭГ человека представляет собой запись потенциалов с частотой от 0,5 до 45 колебаний в секунду. ЭЭГ здорового человека характеризуется наличием регулярного ритма с частотой 8-10 колебаний в секунду, преобладающего в затылочно-теменных отделах, который называется альфа-ритмом. На электроэнцефалограмме регистрируются также другие ритмы, как более низкие дельта- и тета- (2-4, 5-7 кол/сек), так и более высокие бета-ритмы (13-30 кол/сек). Однако, в норме амплитуда их не высока. При различных патологических состояниях организма компоненты ЭЭГ

изменяются по частоте и выраженности. В 1934 г. Фишер и Ловенбэк впервые охарактеризовали эпилептиформную активность в виде спайков, зарегистрированных в межприступный период. В 1935 году Гиббс, Дэвис и Леннокс описали разряды пик-волны, с частотой 3 кол/сек, как характерный паттерн ЭЭГ во время малого эпилептического приступа (абсанса). В 1936 году английский нейрофизиолог Г. Уолтер обнаружил наличие аномальной дельта активности при опухолях головного мозга, что позволило предположить, что ЭЭГ можно использовать для уточнения локализации опухолей. Открытие Г. Уолтером дельта- и бета- активности и их связи с патологическими нарушениями в головном мозгу положило начало клинической электроэнцефалографии. В том же 1936 году в Массачусетском госпитале была открыта первая лаборатория по изучению ЭЭГ. В 1947 г. прошел первый Международный конгресс по вопросам ЭЭГ. Расцвет электроэнцефалографии начался одновременно с разработкой новых электронных усилителей.

Преимущества ЭЭГ обусловлены тем, что этот метод довольно прост в использовании и не связан с воздействием на испытуемого. ЭЭГ отражает согласованность работы разных структур мозга, что делает ЭЭГ уникальным и, безусловно, ценным методом диагностики функционального состояния мозга. ЭЭГ может быть записана у пациента, лежащего в кровати, и использоваться для контроля стадии эпилепсии, а также длительного мониторинга мозговой активности.

С помощью ЭЭГ можно оценить степень нарушения работы мозга, исследовать его функциональное состояние у пациентов, для которых клинически дисфункция мозга очевидна, но структурные методы исследования (например, МРТ) показывают, что мозг «нормален», например, при метаболической энцефалопатии или идиопатической эпилепсии.

Метод ЭЭГ позволяет контролировать динамику действия лекарственных препаратов. При повторных исследованиях ЭЭГ помогает оценить скорость и полноту исчезновения или нарастания признаков

нарушения работы мозга. В последнее время ЭЭГ часто противопоставляются новые, высокотехнологичные методы отображения мозговой активности, такие как позитронно-эмиссионная (ПЭТ) или функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ). Однако, преимущество ЭЭГ состоит в том, что ПЭТ и фМРТ фактически основаны на измерении вторичных метаболических изменений в ткани мозга, а не первичных (электрических процессов в нервных клетках). В настоящее время, благодаря разработке новых компьютерных технологий, регистрация и анализ ЭЭГ характеризуются высоким уровнем временных и пространственных разрешений, что позволяет значительно расширить возможности метода.

Таким образом, достоинствами клинической электроэнцефалографии являются объективность, возможность непосредственной регистрации показателей функционального состояния мозга, количественной оценки получаемых результатов, наблюдения в динамике, что необходимо для оценки прогноза развития заболевания. До настоящего времени электроэнцефалография остается единственным объективным методом диагностики эпилепсии, определения формы заболевания и дифференциальной диагностики с другими пароксизмальными состояниями. ЭЭГ отражает один из основных параметров работы нервной системы – свойство ритмичности, отражающее согласованность работы разных структур мозга. ЭЭГ применяется для исследования функциональной активности мозга и не используется для диагностики органических поражений нервной системы.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ. ТЕХНИКА И МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ ЭЭГ

Необходимость применения ЭЭГ обусловлена тем, что её данные должны учитываться, как для обследования здоровых людей при профессиональном отборе для работы в стрессовых ситуациях или с вредными условиями производства, так и при обследовании пациентов с наличием различных патологических состояний для решения дифференциально-диагностических задач. Это особенно важно на ранних стадиях заболевания для выбора наиболее эффективных методов лечения и контроля проводимой терапии.

Показания к проведению ЭЭГ:

1. Эпилепсия.
2. Судорожные приступы неясного происхождения.
3. Обмороки.
4. Перинатальная патология нервной системы с оценкой степени ее тяжести.
5. Задержка психического и речевого развития неясного происхождения
6. Нарушения поведения пароксизмального характера (в том числе без нарушения сознания).
7. Черепно-мозговые травмы (оценка степени тяжести нарушений и динамики восстановления функции головного мозга после перенесенной травмы).
8. Сосудистые, дисциркуляторные изменения (оценка степени тяжести нарушений и динамики восстановления функции головного мозга).
9. Воспалительные заболевания ЦНС (энцефалит).
10. Эндокринная патология (пролактинемия).
11. Оценка терапевтической эффективности медикаментозного лечения противоэпилептическими препаратами.

Абсолютными показаниями к проведению ЭЭГ-обследования следует считать наличие у больного эпилепсии, неэпилептических кризовых состояний, мигрени, подозрения на наличие объемного процесса в головном мозге, сосудистых поражений головного мозга, черепно-мозговой травмы, воспалительных заболеваний головного мозга.

Задачи электроэнцефалографического исследования отличаются при различных заболеваниях.

Давно и традиционно сложившимися являются два основных аспекта использования метода ЭЭГ.

При выраженных очаговых поражениях мозга (опухоли, инсульты, абсцессы, травмы) данные ЭЭГ в основном используются для целей топической диагностики.

При эпилепсии по данным ЭЭГ в основном судят о наличии судорожной готовности мозга и о местоположении фокуса эпилептической активности.

В зависимости от цели исследования меняются способы отведения биопотенциалов и функциональные нагрузки. Врач – невролог, направляя пациента на ЭЭГ, должен четко поставить диагностическую задачу с указанием характера патологического процесса, собрать анамнез больного, провести психотерапевтическую подготовку больного, разъяснить безвредность исследования, отменить все препараты, которые изменяют функциональное состояние мозга (транквилизаторы, нейролептики и другие), если позволяет функциональное состояние больного.

Специалист электрофизиолог должен ясно представлять себе цель обследования. Например, врача-эксперта может интересовать оценка общего функционального состояния ЦНС пациента, выявление судорожной готовности мозга или поиск возможного объемного процесса.

Перед врачом функциональной диагностики (электрофизиологом) стоит задача правильно записать биоэлектрическую активность мозга и объяснить полученную запись ЭЭГ с физиологической точки зрения.

Врачу функциональной диагностики необходимо точно знать технические характеристики и возможности программного обеспечения используемой аппаратуры. Для получения высококачественных записей ЭЭГ, а также для правильной их трактовки важен правильный выбор и использование всех возможностей электроэнцефалографической установки. На сегодняшний день современные электроэнцефалографические системы одновременно являются еще и компьютерными средствами анализа и наглядного графического отображения (картирования) ЭЭГ, а, иногда, содержат и видеосистемы для наблюдения за пациентом. Среди преимуществ метода количественной электроэнцефалографии можно выделить многократное воспроизведение записи ЭЭГ с разным усилением и временной разверткой, прямое и обратное «сканирование» отдельных фрагментов записи для определения фокусов патологической активности, преобразование монополярно записанного фрагмента ЭЭГ в любые биполярные монтажи, автоматическое устранение артефактов записи, что особенно важно при ЭЭГ – обследовании детей младшего возраста, пожилых пациентов, запись детализированных, многоканальных или длительных фрагментов ЭЭГ, анализ низкоамплитудных видов ЭЭГ – активности и узких частотных полос внутри традиционных частотных диапазонов ЭЭГ, количественной оценки сходства и различия активности в разных отведениях (межполушарной асимметрии, корреляции амплитуд, когерентности), что было практически недоступно при визуальном анализе ЭЭГ.

В настоящее время применяются компьютеризированные электроэнцефалографы, которые подразделяются на стационарные, используемые в поликлиниках и специализированных лабораториях, а также портативные для регистрации ЭЭГ в реанимации или в больничной палате.

Электроэнцефалографическая установка (электроэнцефалограф) состоит из: коммутационного устройства, блока усиления с фильтрами высокой и низкой частоты и калибровочного устройства, отводящих

электродов, соединительных проводов, устройств для фото- и фоностимуляции, позволяющие изучать вызванную активность мозга.

Коммутационное устройство служит для подключения электродов на разные каналы и входы усилителей. К коммутационному устройству относится панель с гнездами для подключения электродов. Основными требованиями при этом являются хорошие контакты и надежная изоляция гнезд.

Блок усиления с фильтрами высокой и низкой частоты и калибровочного устройства включает мощные усилители и узкополосные фильтры для выделения слабых сигналов ЭЭГ, поскольку амплитуда потенциалов ЭЭГ в норме не превышает 100 мкВ. Некоторые специальные сведения, касающиеся используемого прибора, можно найти в его техническом описании, с которым следует тщательно ознакомиться перед его эксплуатацией.

В современных многоканальных электроэнцефалографах блоки усиления с фильтрами высокой и низкой частоты, калибровочные и коммутационные устройства смонтированы в одной операционной коробке (рис. 1).

Электроды – датчики, с помощью которых осуществляется отведение биоэлектрической активности с различных областей поверхности головы. В клинической практике используются электроды различной конструкции (электроды-мостики, плоские электроды и другие). Электроды должны иметь минимальное сопротивление, не окисляться и не поляризоваться. Регистрирующие электроды не должны иметь собственного шума. Они не должны существенно уменьшать сигналы в диапазоне от 0,5 до 70 Гц. Современные усилители с высоким входным импедансом позволяют успешно применять различные типы электродов и электродных паст. Эксперименты показали, что наилучшими являются хлор-серебряные или золотые чашечковые электроды, которые крепятся коллодием. В настоящее время используются специальные шлемы с смонтированными в них электродами.

Их удобно использовать в тех случаях, когда исследования проводятся в положении испытуемого лежа.



Рис. 1. Современный аппаратно-программный комплекс для регистрации и анализа ЭЭГ

Соединительные провода должны осуществлять исключительно передаточную роль, не вносить каких-либо помех, что обеспечивается их надежной изоляцией, малым сопротивлением и хорошим экранированием от электромагнитных и электростатических полей.

Для оценки пространственного распределения ЭЭГ активности ее необходимо записывать одновременно с максимального количества электродов. Электроды на поверхности головы необходимо располагать с учетом проекции анатомических структур. В клинической практике наиболее широкое применение приобрела система расположения электродов «10-20», предложенная Джаспером в 1957 году и официально одобренная Международной федерацией нейрофизиологов. Согласно этой системе, соответствие между положением каждого электрода с анатомическими структурами и областями коры мозга было точно установлено

рентгенологически и патологоанатомически, определены исходные точки отсчета, учтена вариабельность анатомических структур, а также размеры и форма черепа. Использование этой стандартной системы расположения электродов дает возможность точно определять их положение для сравнения записей при повторных исследованиях, а также результатов, полученных в разных лабораториях. Согласно этой системе предусматривается расположение на голове основных 19-20 электродов.

Адекватность количества электродов повышает вероятность регистрации и анализа локальной ЭЭГ активности с небольшой площадью распространения по скальпу. В настоящее время 16 каналов одновременной регистрации считается минимальным для того, чтобы охватить области, генерирующие большинство нормальных или патологических паттернов. Меньшее количество электродов допустимо только в отдельных специфических ситуациях (грудные дети, тяжелые пациенты и другие). В некоторых случаях для записи локальной активности требуется наложение дополнительных электродов, расположенных между стандартными электродами. Выбор отведения всегда зависит от поставленной задачи. По рекомендациям Международной федерации нейрофизиологов позиции электродов имеют цифровое или буквенное обозначение (табл. 1).

Таблица 1

Обозначения позиций электродов

Номера позиций электродов		Международные символы		Название
Слева	Справа	Слева	Справа	
1	2	Fp1	Fp2	Фронтальное (переднее)
3	4	F3	F4	Фронтальное (лобное)
5	6	C3	C4	Центральное
7	8	P3	P4	Париетальное (теменное)
9	10	O1	O2	Окципитальное (затылочное)
13	14	F7	F8	Передневисочное
15	16	T3	T4	Средневисочное,
17	18	T5	T6	задневисочное

19		Fz		Срединно фронтальное
24		Cz		Срединно центральное
20		Pz		Срединно париетальное
11	12	A1	A2	Ушной электрод

Место расположения электродов по системе 10-20 определяется следующим образом: по сагиттальной линии измеряется расстояние от *inion* до *nasion*, принимаемое за 100%. Затылочные электроды (O1, O2) устанавливаются на 10% этого расстояния вверх от *inion*, а лобные (Fp) вверх – от *nasion*. Электроды Fz, Cz и Pz также устанавливаются по сагиттальной линии, на равном друг от друга расстоянии.

Вторая основная линия соединяет слуховые проходы и проходит через вертекс. По этой линии определяется место расположения средневисочных отведений (T3 и T4) на 10% этого расстояния от слуховых проходов. Остальные электроды по этой линии (C3, Cz и C4) располагаются на равных расстояниях друг от друга, составляющих 20% от длины этой линии.

Третья линия – это окружность головы. Затылочные электроды O1 и O2 располагаются выше *inion* на расстоянии 10% от длины сагиттальной линии и влево/вправо на 10% от полуокружности головы. Нижнелобные электроды (Fp1, Fp2) располагаются выше *nasion* на расстоянии 10% от длины сагиттальной линии и влево/вправо на 10% от полуокружности головы. По линии, соединяющей Fp1, C3 и O1 располагаются электроды F3 и P3, а по линии – Fp2, C4 и O2 электроды F4 и P4 на равных друг от друга расстояниях. Электроды T5, T6, F7, F8 располагаются по линии окружности головы, проходящей по точкам T3 и T4 на равных друг от друга расстояниях (20% от полуокружности головы). На мочках ушей располагаются индифферентные электроды, обозначаемые как A1 и A2. (рис. 2).

Отведение (запись) любых биопотенциалов обязательно происходит с двух электродов, так как для их регистрации необходима замкнутая электрическая цепь. В зависимости от способа расположения этих двух

электродов различают: 1) биполярное отведение; 2) монополярное (референтное, референциальное) отведение; 3) отведение с усредненным электродом. Оптимальный уровень записи ЭЭГ зависит от правильного выбора схемы отведений в соответствии с задачей исследования.

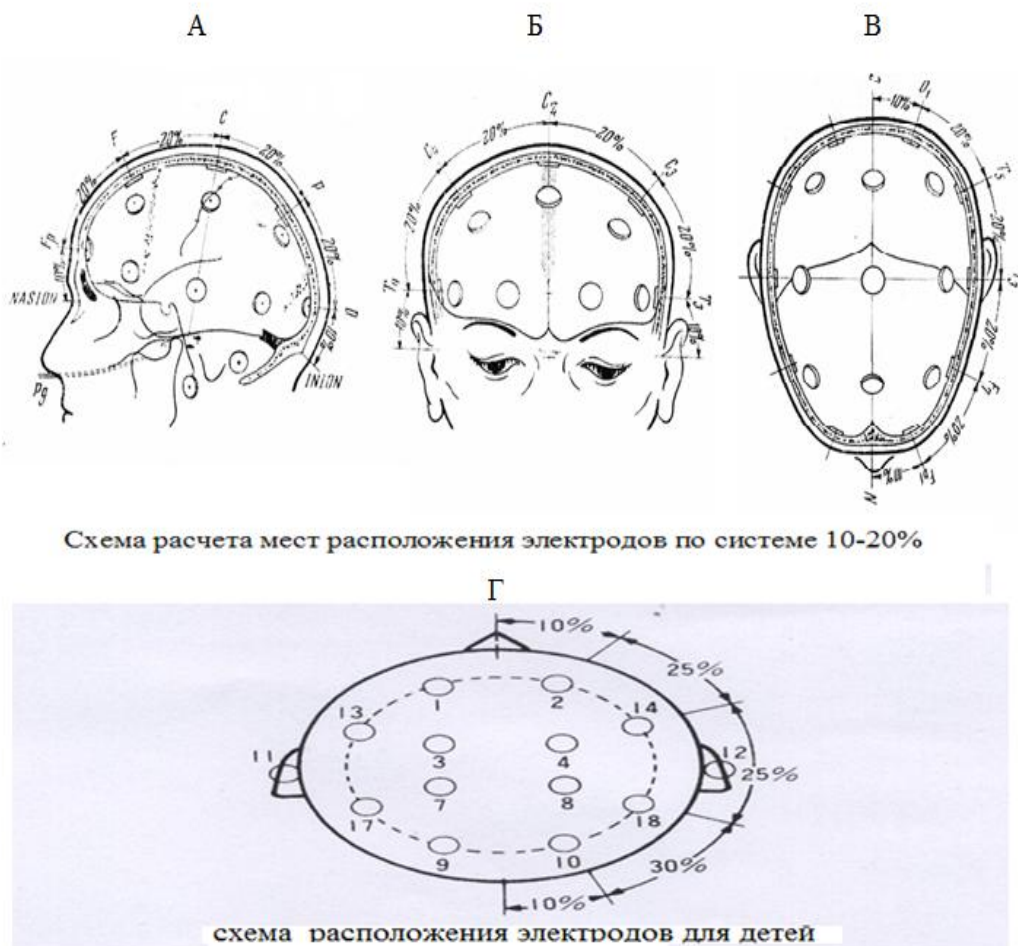


Рис. 2. Схематическое изображение положения электродов на поверхности головы с их условными обозначениями (внешний круг нарисован на уровне nasion и inion, внутренний представляет височную линию электродов). А – вид сбоку; Б – вид спереди; В – вид сверху (сечение по височной линии), Г – схема расположения электродов для детей

Биполярное отведение наиболее устойчиво от артефактов, оно дает относительно точное представление о локализации очаговых изменений биопотенциалов. Биполярные поперечные и диагональные отведения с использованием височных электродов производят таким образом, чтобы по соседним каналам шли записи от гомологичных отделов полушарий.

Биполярные продольные отведения представляют цепочки отдельно правого и левого полушария, каналы 1-8 с левого полушария, а 9-16 с правого полушария. Эту схему применяют для выявления точной локализации фокуса патологических колебаний методом противофаз. При использовании малых межэлектродных расстояний (система 10-10) биполярное отведение цепочкой является наиболее эффективным способом определения места локализации очага патологической активности, если он расположен недалеко от поверхности черепа. Недостатками биполярного способа отведения являются взаимное погашение синфазных сигналов, находящихся под разными электродами, а также трудность определения за счет какого именно электрода наблюдается регистрируемая активность. При отведении биопотенциалов цепочкой последний недостаток может быть устранен, т. к. при этом способе отведения активность, расположенная под одним из электродов, выявится в тех общих биполярных отведениях, где этот электрод участвует.

При монополярном отведении один из электродов (референтный) помещается на ткань, потенциал которой практически равен нулю. При таком способе отведения колебания потенциала регистрируются только под электродом, расположенным над активной тканью (активным), если между электродами нет источников более сильного потенциала. Регистрация колебаний потенциала под одной точкой имеет свои преимущества, однако этот метод не свободен от недостатков. Во-первых, фактически нулевого потенциала добиться почти невозможно: с неактивной области, например, с мочки уха, всегда записывается какой-то небольшой потенциал, отражающий колебания потенциала прилежащей области мозга – височной. Если у здорового человека этим можно пренебречь, то при патологических процессах, локализованных в височной области (опухоль, эпилептический фокус и другие), потенциалы височной области при этом отведении сильно искажают характер регистрируемой биоэлектрической активности. Вторым недостатком монополярного отведения является значительное различие в

межэлектродных расстояниях при отведении от разных областей коры, что влияет на амплитуду биопотенциалов. Так, расстояние между индифферентным (ушным) электродом и электродом, расположенным в лобной области, почти в 2 раза превышает расстояние между ушным электродом и электродом, расположенным в височной области. При монополярном отведении амплитуда биопотенциалов всегда выше, чем при биполярном из-за большего межэлектродного расстояния.

Попытка найти индифферентную точку с истинно нулевым потенциалом и с одинаковым расстоянием до активного электрода привела к созданию метода отведения с усредненным электродом. Идея усредненного электрода заключается в том, что все электроды (не менее 10-12 точек) соединяются между собой через большое сопротивление (от 250 кОм до 1 МОм) и образуют искусственный «индифферентный» электрод. Подсоединение к измерительному прибору происходит с помощью этого искусственного «индифферентного» электрода и электрода, под которым хотят зарегистрировать активность. Достоинство регистрации с усредненным электродом – большая устойчивость записи и отсутствие артефактов, наблюдаемых при записи с ушным электродом. Тем не менее, и этот метод имеет свои недостатки. Если под одним из электродов наблюдаются колебания потенциала большой амплитуды (большие артефактные волны, связанные с движением глазного яблока, эпилептоидные комплексы большой амплитуды), то они проявляются во всех отведениях и тем сильнее, чем меньше шунтирующее сопротивление и меньше объединенных электродов.

Частный случай биполярного отведения - триангуляция, также используемая для определения местонахождения очага патологической активности. При этом способе в исследуемой области помещают три электрода, которые располагают по углам треугольника или по прямой линии. Они обозначаются цифрами 1, 2 и 3. Эти электроды подключаются на три канала регистрации в порядке 1-2, 2-3, 3-1 соответственно на каналы I, II и III. Если под каким-то одним электродом (например, под 1) имеется очаг

электрической активности, то эта активность регистрируется в тех двух каналах, для которых данный электрод является общим (каналы I и III). При этом на обоих каналах сигналы будут синфазные. Если очаг будет расположен около электрода 2, активность регистрируется на I и II каналах. Соответствующие колебания на одном канале будут в противофазе с такими же колебаниями в другом, потому что на один из каналов общий электрод подключен, как первый в паре, а на другой - как второй, что и выразится в изменении полярности колебаний.

Выбор отведения зависит от поставленной задачи. При изучении активности какой-либо локальной области следует пользоваться монополярным способом отведения или отведением с усредненным электродом. При изучении активности обширной области, а также в случае локальной диагностики поверхностных очагов предпочтительнее пользоваться биполярным отведением или методами отведения цепочкой и триангуляции. Таким образом, каждый способ отведения биопотенциалов имеет свои преимущества и свои недостатки.

Порядок одновременного отображения определенного количества отведений записи ЭЭГ является монтажом (рис. 3). Монтажи должны соответствовать методическим рекомендациям.

В соответствии с международными методическими рекомендациями, при использовании компьютерных установок запись ЭЭГ желательно проводить в референциальном (монополярном) монтаже. Цифровые системы позволяют провести ремонт одного и того же участка записи ЭЭГ в файлах, сохраненных после регистрации уже во время анализа, если запись в файл проводилась в референциальном монтаже. То есть сигналы от всех электродов писались в файл относительно референтного электрода, общего для всех электродов отдельно правого и левого полушария. В некоторых случаях используется дополнительный электрод, который располагают между Cz и Pz (вертексный монтаж). Не рекомендуется использование объединенных ушных электродов. Стандартные схемы отведений,

применяемые в клинике, как правило уже запрограммированы в схеме усилителя.

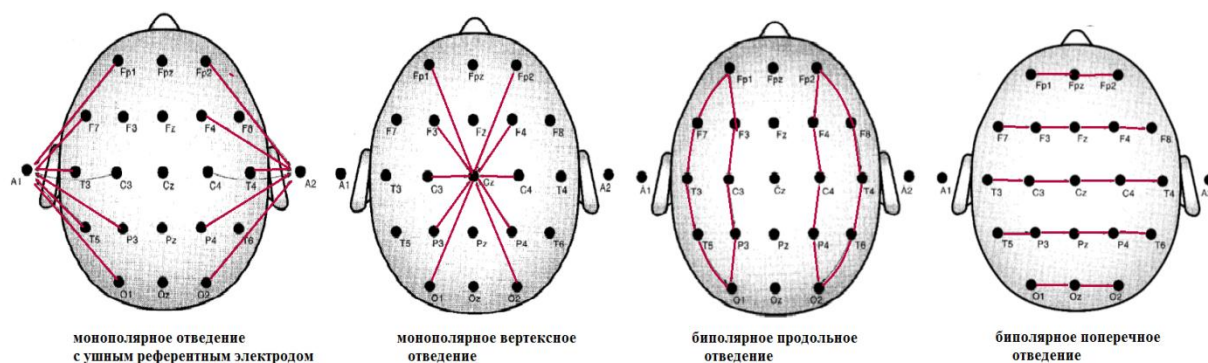


Рис. 3. Монтажные схемы для регистрации электроэнцефалограммы

Рекомендации и требования к монтажам:

- ❖ Использование не менее 16 каналов одновременной записи;
- ❖ Предпочтительное использование полной системы 10-20 (21 канал);
- ❖ Использование, как биполярных, так и референциальных (референтных) монтажей;
- ❖ Электродные соединения для каждого отведения должны быть четко указаны при переходе в новый монтаж;
- ❖ Отведения в биполярных монтажах должны следовать друг за другом соответственно топографии электродов, избегая разрывов, придерживаясь одинаковых межэлектродных расстояний;
- ❖ Передние отведения должны располагаться на экране или распечатке выше задних отведений.

В клинической практике обычно применяется комбинация нескольких способов отведений биопотенциалов, чтобы избежать ошибок, связанных с недостатками того или иного метода регистрации ЭЭГ. Ниже представлен отрезок ЭЭГ, зарегистрированный в монополярном монтаже (рис. 4А), где виден артефакт кардиограммы по всем отведениям правого полушария. Ремонт этого отрезка в биполярный монтаж (рис. 4Б) приводит к устранению этого артефакта.

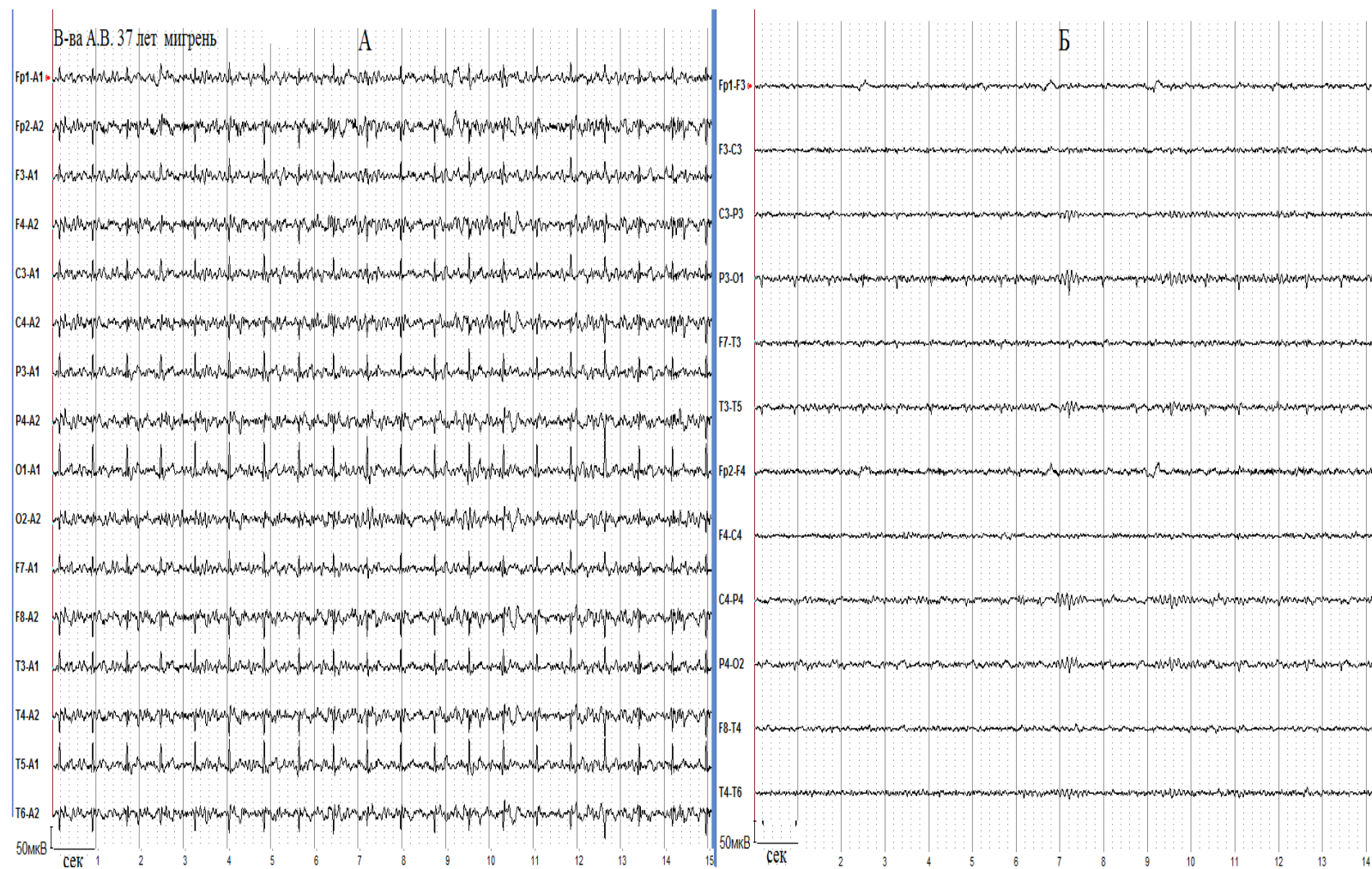


Рис. 4. ЭЭГ, зарегистрированная в референтном (А) и биполярном (Б) монтаже. При монополярном отведении во всех отведениях отмечается артефакт ЭКГ, который исчезает при биполярном отведении, что говорит о том, что артефакт обусловлен влиянием референтного ушного электрода

Контрольные вопросы:

1. Какие показания необходимы для проведения ЭЭГ?
2. Назовите основные требования к монтажам и адекватности количества электродов в зависимости от целей исследования.
3. Перечислите задачи ЭЭГ-исследования при различных заболеваниях.
4. Какие основные требования к условиям проведения ЭЭГ-исследования?

ГЛАВА 2. ЭЭГ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ ПРИ ЭЭГ-ИССЛЕДОВАНИИ

Изучение функционального состояния ЦНС и его устойчивых сдвигов при патологии имеет большое практическое значение. Различают паттерны ЭЭГ, соответствующие состоянию бодрствования, отдельным стадиям сна, при необычных функциональных состояниях мозга и другие. В норме ЭЭГ с хорошей синхронизацией электрической активности, с отчетливо выраженным альфа-ритмом, доминирующим в затылочно-теменных отделах, имеется в строго определенных условиях. Исследуемый должен находиться в состоянии покоя, сидя или лежа, с закрытыми глазами в темноте и при отсутствии афферентных раздражений, т.е. находиться в состоянии «расслабленного бодрствования». Любое изменение внешних или внутренних раздражений изменяет это состояние и меняет картину ЭЭГ.

Десинхронизация ЭЭГ в ответ на применение афферентного раздражения или на внезапное изменение раздражения является одним из компонентов ориентировочной реакции. Особенностью реакции ЭЭГ на новое раздражение является одновременное возникновение десинхронизации биопотенциалов во всех отделах коры головного мозга. Всякое внешнее раздражение, примененное впервые, вызывает картину десинхронизации с депрессией альфа-ритма и выявлением частых колебаний (рис. 5).

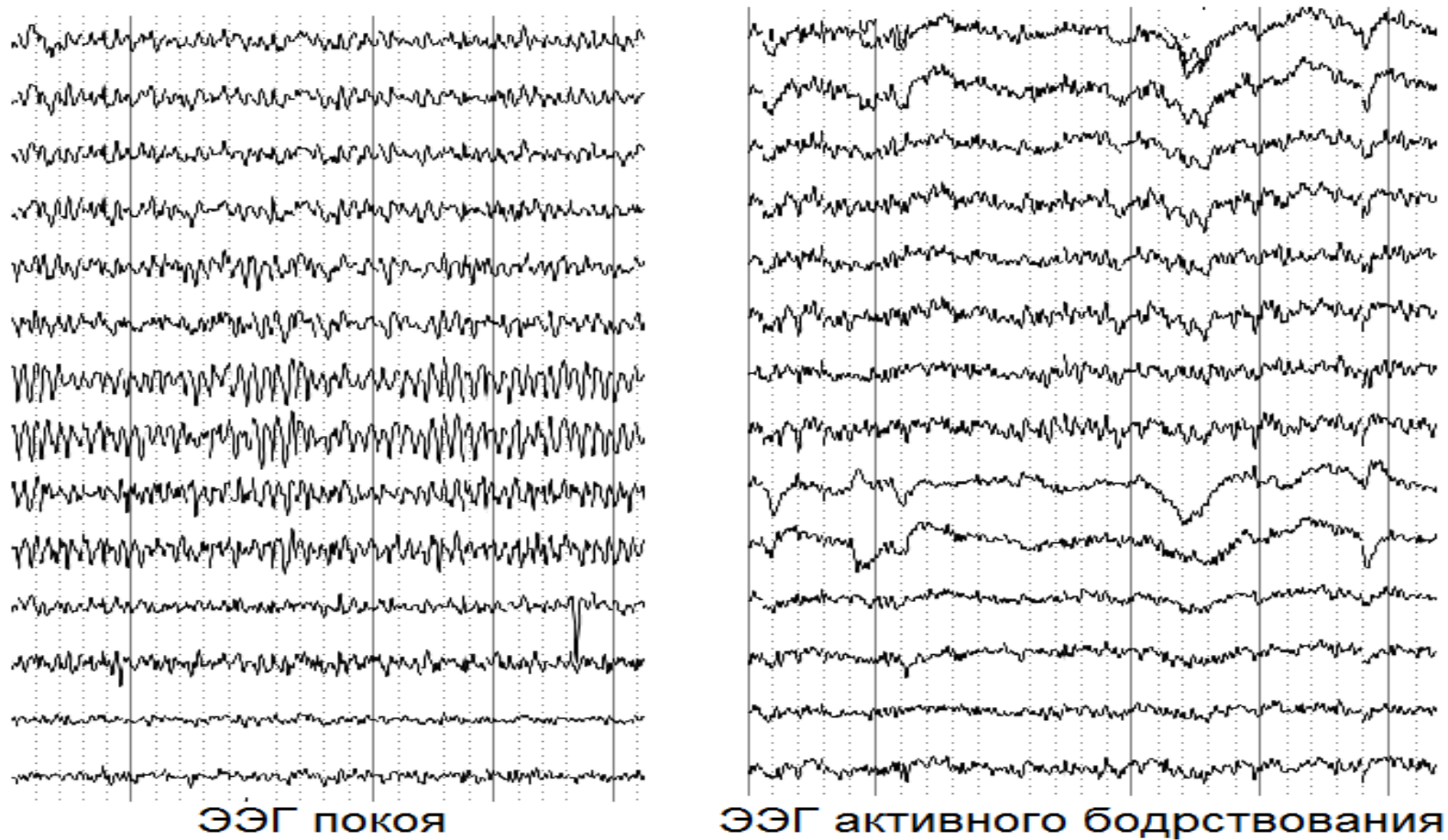


Рис. 5. ЭЭГ здорового человека в состоянии расслабленного бодрствования и в ответ на афферентное раздражение

Состояние повышенного возбуждения. Усиление внешних раздражений, особенно чрезмерное эмоциональное напряжение, вызывает на ЭЭГ нарушение синхронной активности, усиление частых колебаний при их низкой амплитуде, исчезновение альфа-ритма, усиление тета-активности. Увеличение тета-ритма при прослушивании определенных мелодий связывают с ростом немотивированной агрессивности. Изменения показателей ЭЭГ, вызванные изменением эмоционального состояния, зависят от индивидуальных особенностей функциональных систем человека. Существуют представления и о разнонаправленной динамике мощности альфа-ритма при разных эмоциях: усиление при агрессии и радости и ослабление при тревоге и печали. Выявлена связь между личностной тревожностью и спектральной мощностью альфа-ритма, в ситуации моделирования тревоги: у тревожных людей мощность спектра альфа-ритма увеличивалась больше, чем у спокойных. Описано усиление мощности бета-ритма при нарастании состояния стресса или при мысленном воспроизведении положительных эмоций по сравнению с отрицательными эмоциями. Индикатором эмоционального возбуждения считается тета-ритм. Этот ритм рассматривается, как показатель состояния психофизиологической напряженности или эмоционального возбуждения человека.

Уровень функциональной активности человека характеризуется циклом бодрствование – сон. Снижение притока афферентации может вызвать дремоту, а дальнейшее снижение уровня функциональной активности приводит к засыпанию. ЭЭГ картина сна не однородна. Сон человека имеет правильную циклическую организацию. На протяжении сна можно наблюдать разные электрографические картины в зависимости от глубины сна. По характеру биоэлектрической активности сон подразделяется на несколько стадий. Условно выделяются две стадии принципиально различные по характеру биоэлектрической активности: стадия медленноволнового сна (МС) и стадия быстрого или парадоксального сна (ПФС). Стадия МС подразделяется на 4 цикла в зависимости от глубины сна.

Характерным для всех стадий МС является усиление медленноволной (тета- и дельта-) активности. Стадия быстрого, или парадоксального сна характеризуется преобладанием частых колебаний невысокой амплитуды, подобно ЭЭГ при активном бодрствовании (рис. 6). Для этой стадии сна характерно наличие движений глазных яблок и полное расслабление мускулатуры, исчезновение тонических мышечных потенциалов. Завершенным циклом считается отрезок сна, при котором происходит последовательная смена стадий медленноволнового сна быстрым. В среднем отмечается 4-6 таких циклов за ночь, продолжительностью около 1,5 часа каждый.

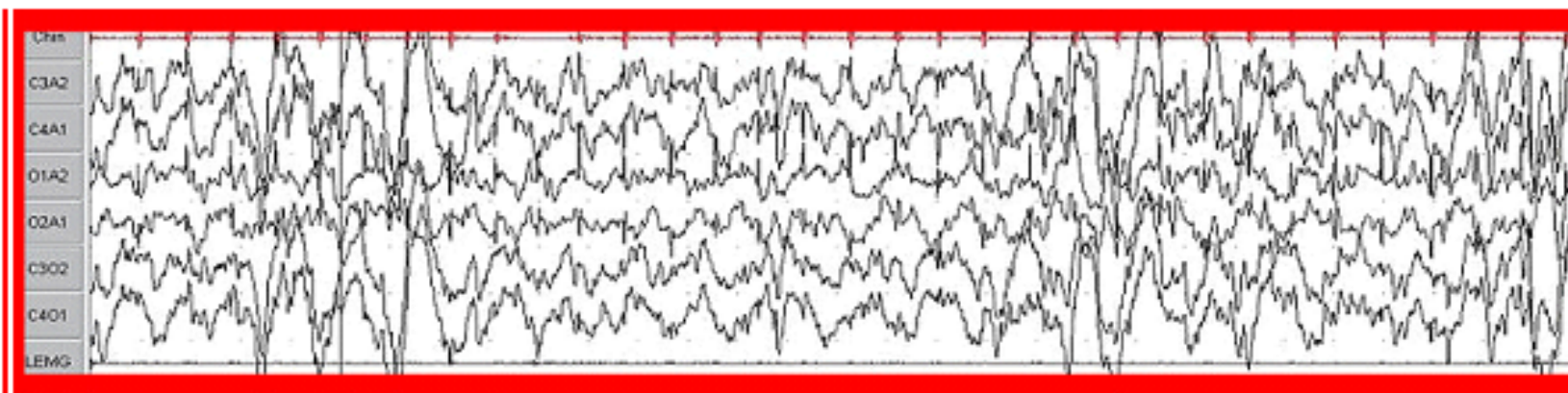
Во время сна наиболее часто проявляются патологические изменения ЭЭГ. Однако, в амбулаторных условиях ЭЭГ-исследования сна невозможны, поэтому для более точного выявления патологических изменений прибегают к провоцирующим нагрузкам с использованием различных функциональных проб.

В словаре Международной федерации клинической нейрофизиологии термин функциональные пробы не имеет английского эквивалента. Близким по значению можно считать термин реакция активации (*reaction activation*), но он не исчерпывает полного содержания данного понятия.

К обязательным функциональным нагрузкам относятся: реакция активации (проба с открыванием и закрыванием глаз), ритмическая фотостимуляция (стимуляция световыми мельканиями), фоностимуляция (стимуляция звуковыми сигналами), гипервентиляция (форсированное дыхание). Подсчет пациентом числа дыхательных движений во время гипервентиляции является надежным и эффективным способом выявления преходящих когнитивных нарушений.

В некоторых случаях целесообразно проведение проб с определенными типами стимулов (триггеров) при рефлекторных приступах (эпилепсия чтения, музыкогенная эпилепсия).

пример медленноволнового сна



пример парадоксального (быстрого) сна

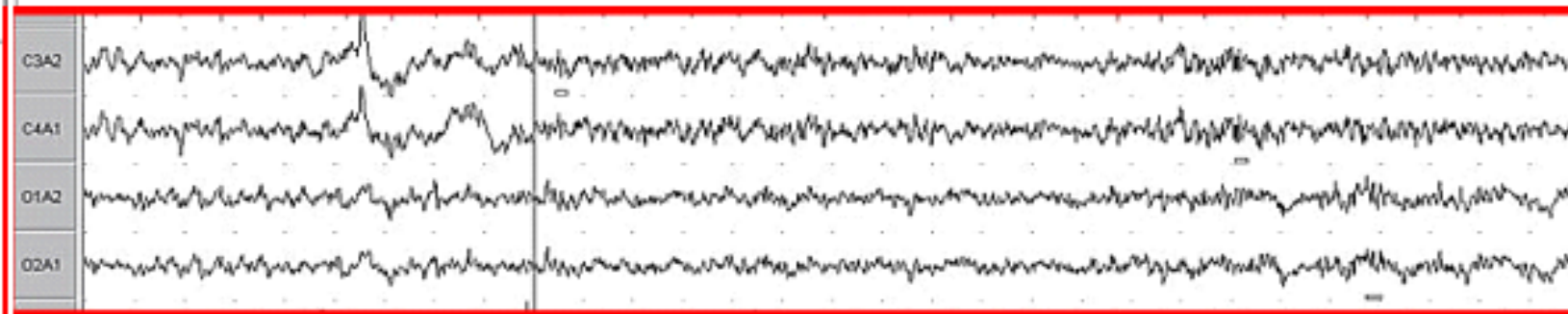


Рис. 6. ЭЭГ здорового человека в различные стадии сна

Характер изменений ЭЭГ, развивающихся при применении раздражителей, зависит от их силы и особенностей, наличия выраженной мотивации с вовлечением эмоциональной сферы (страх, ассоциативные переживания). При наличии патологии важным фактором, определяющим форму проявления активации в ЭЭГ, может быть изменение характера реактивности центральной нервной системы на предъявляемые раздражители.

Реакция активации (проба с открыванием и закрыванием глаз).

Одним из наиболее важных тестов является сравнение ЭЭГ с открытыми и закрытыми глазами. Эта процедура максимально проста. Достаточно попросить пациента открыть и закрыть глаза. Можно также осуществить эту процедуру, наложив ватные диски на веки пациента. При этом возникают изменения ЭЭГ, позволяющие выявить степень контактности обследуемого, уровень его сознания и ориентировочно оценить реактивность ЭЭГ. Реакция активации обычно хорошо выражена уже у детей старше 3-х лет и проявляется в виде снижения амплитуды основного ритма. Иногда реакция активации у детей проявляется в виде усиления фоновой активности. Это относится к детям с задержкой психомоторного развития и сниженным функциональным состоянием мозга в результате заболевания мозга или медикаментозного воздействия. При характеристике функционального состояния ЦНС важное значение следует придавать критерию устойчивости. Необходимость объективной оценки степени неустойчивости функционального состояния важна при разных заболеваниях, как в состоянии покоя, так и при стандартной нагрузке. Проявление реакции активации в значительной степени зависит от характера (паттерна) биоэлектрической активности. В норме открытие глаз у лиц с хорошо выраженным синхронизированным альфа-ритмом вызывает его депрессию и десинхронизацию (рис. 7). Некоторые ритмы маскируются альфа-активностью и становятся видимыми, когда альфа-ритм подавляется открытием глаз. Реакция активации позволяет выявить локальные изменения

(рис. 8, 9). Эпилептиформная активность, которая появляется через короткое время после закрывания глаз, как правило, касается бессудорожных форм приступов (рис. 10, 11).

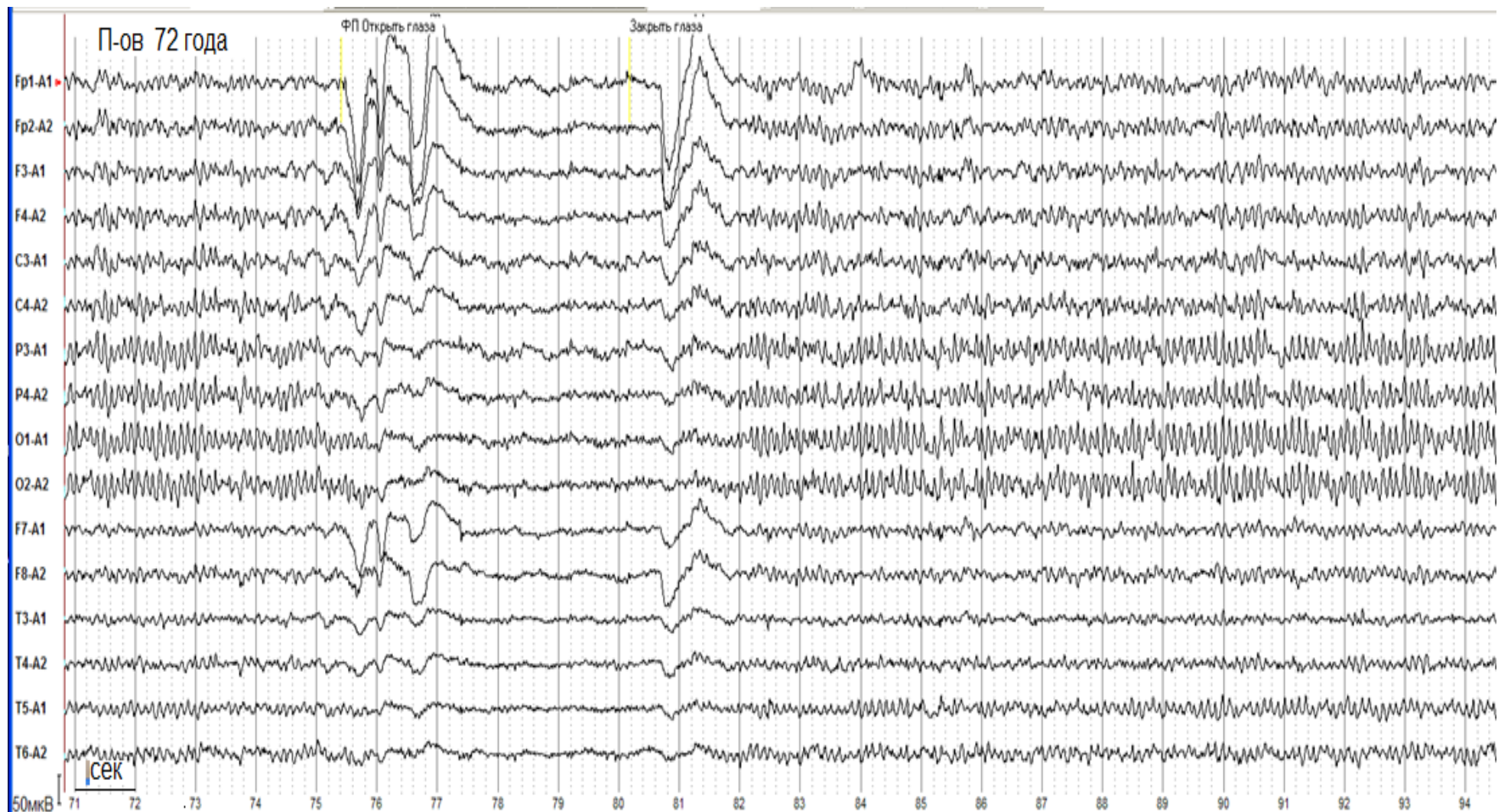


Рис. 7. Мужчина 72 года. Неврологических жалоб нет. При открывании глаз отмечается отчетливо выраженная депрессия альфа-активности от уровня фоновой активности. После закрытия глаз паттерн биоэлектрической активности восстанавливается

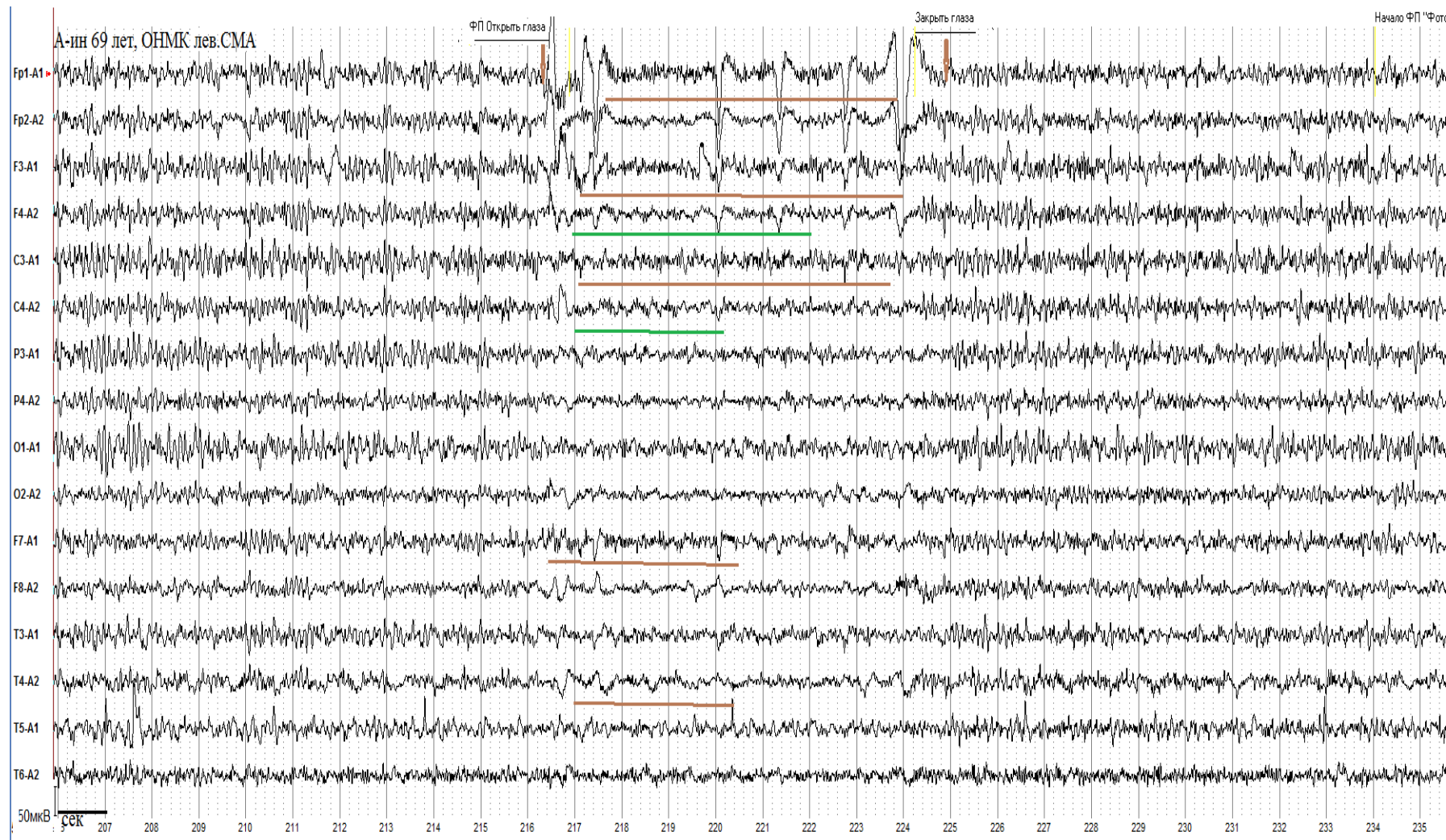


Рис. 8. Мужчина 69 лет. Вторично-генерализованные судорожные приступы, острые нарушения мозгового кровообращения в левой среднемозговой артерии. При открывании глаз отмечается выраженная депрессия альфа-ритма. На этом фоне отчетливо выявляется фокус бета- активности в лобно-височных отделах левого полушария и дельта-активности в центрально- височных отделах правого полушария

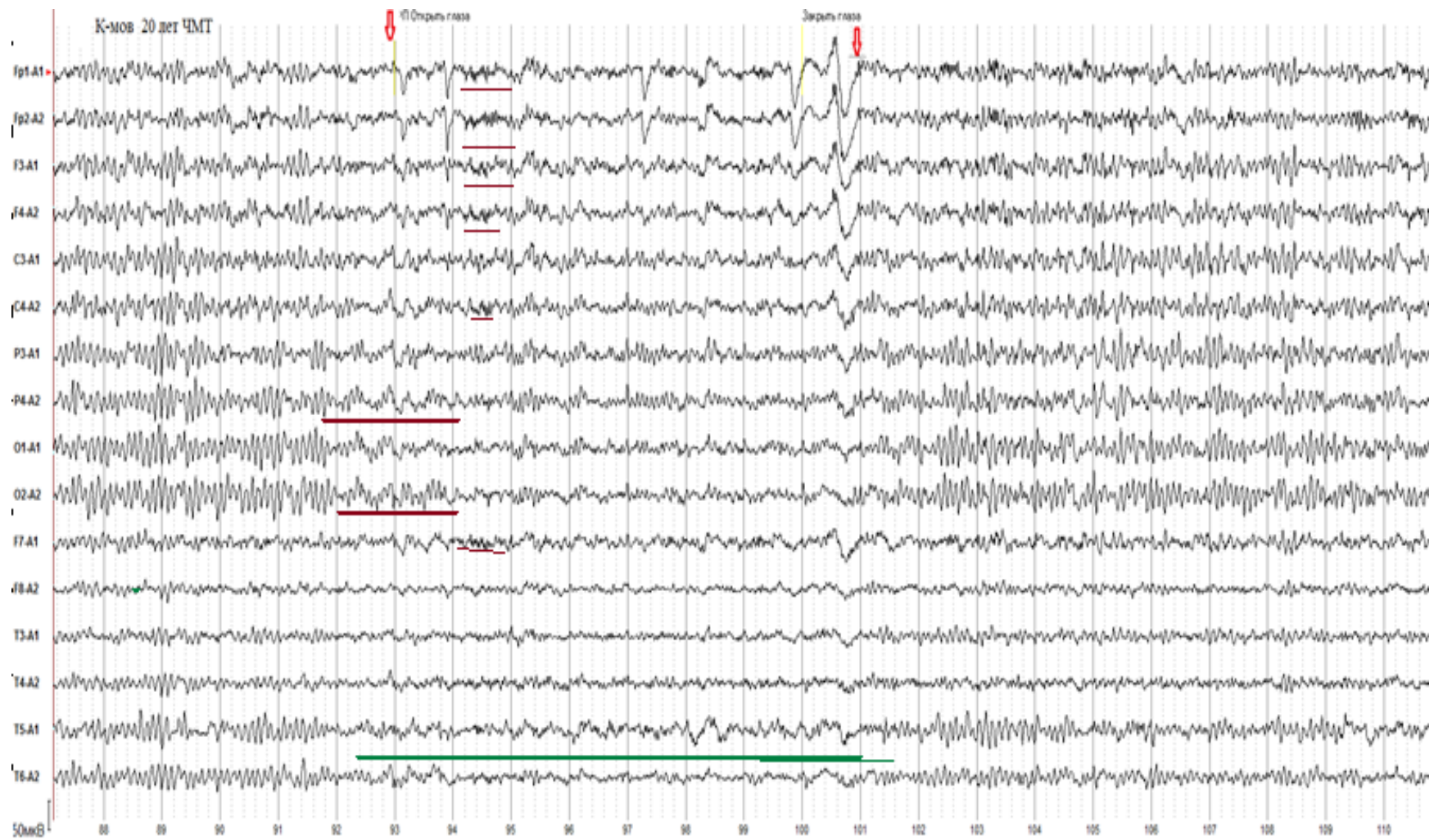


Рис. 9. Мужчина 20 лет. Черепно-мозговая травма 5 лет назад. Головные боли, нарушение мозгового кровообращения в области СМА слева. При открывании глаз отмечается отчетливо выраженная депрессия альфа-ритма. На этом фоне выявляются разряды групп волн бета-активности в лобно-центральных отделах и локальная дельта-активность в височных отведениях слева

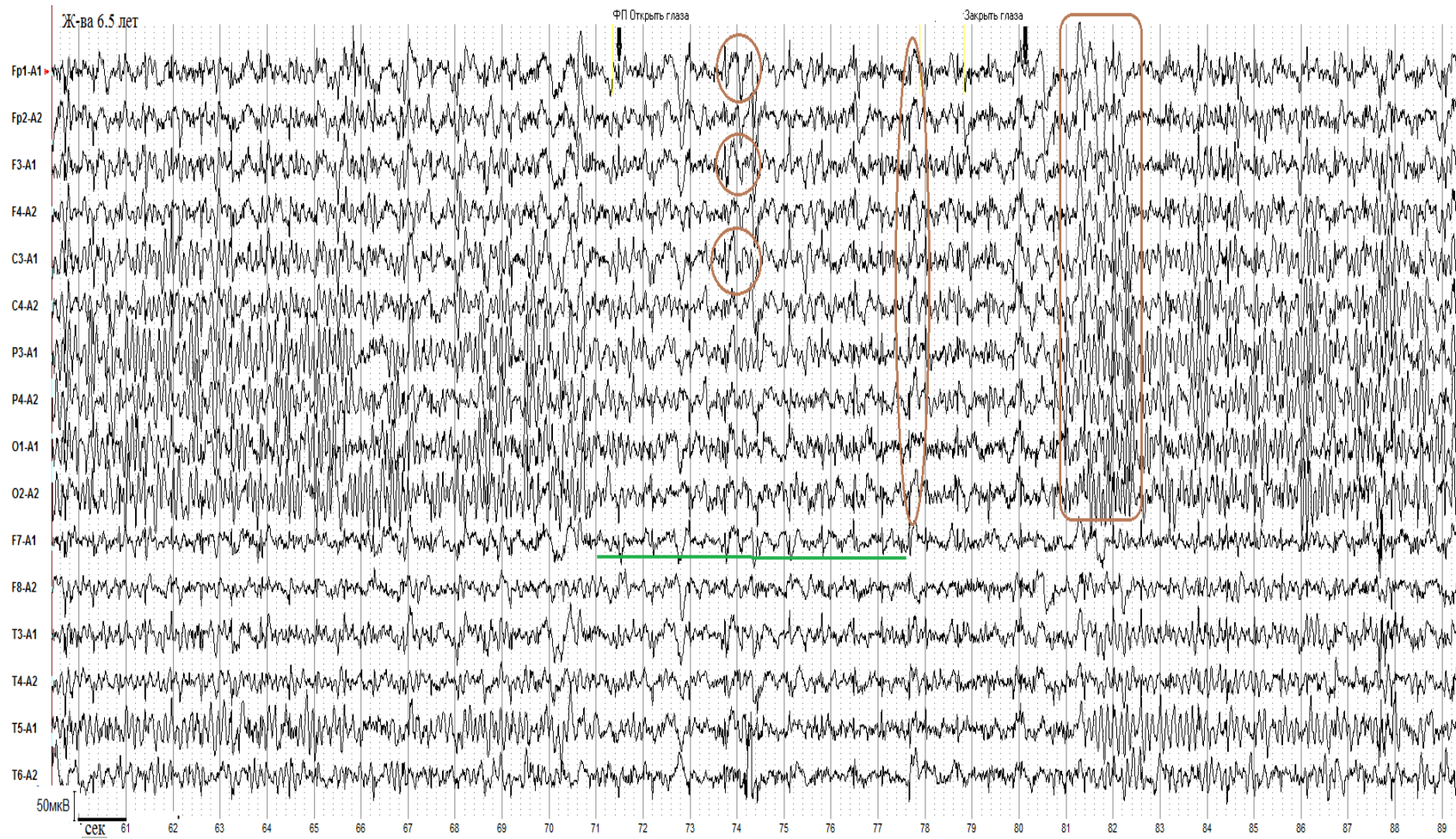


Рис. 10. Девочка 6.5 лет. Речевые автоматизмы. На фоне открытых глаз четко отмечается наличие генерализованных разрядов (острая медленная волна). После закрытия глаз отмечается усиление пароксизмальной активности

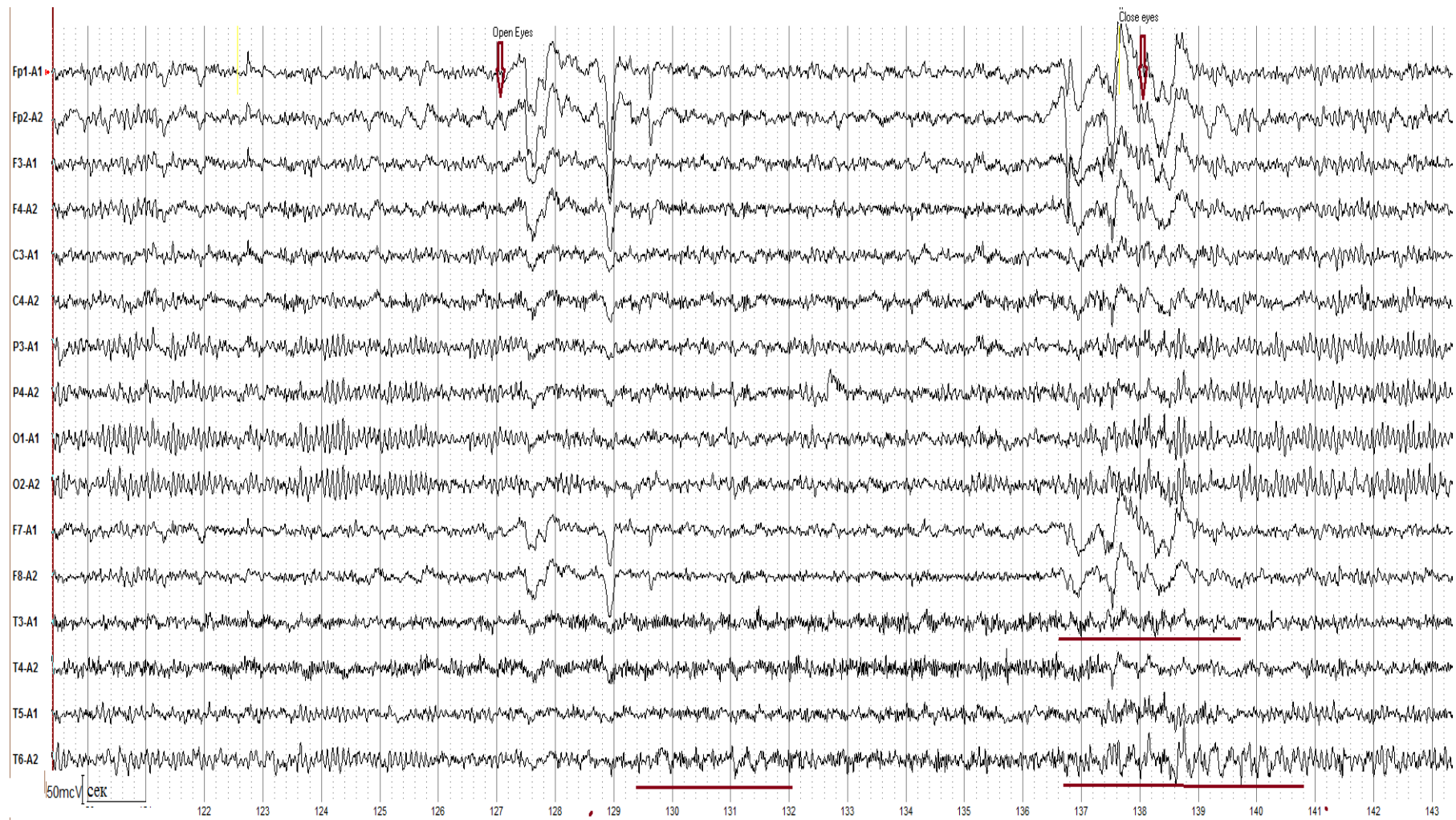


Рис. 11. Мужчина 58 лет. ЧМТ. Головные боли, нарушение структуры сна. В момент открытия и закрытия глаз отмечается артефакт. На фоне открытых глаз отмечается фокус дельта-активности в височной области с акцентом справа и усиление бета-активности. После закрытия глаз отмечается усиление пароксизмальной активности

В некоторых случаях у лиц с посттравматическим синдромом (головные боли, нарушение структуры сна) отмечается появление унилатеральных генерализованных разрядов высокоамплитудных острых волн и пиков (рис. 12).

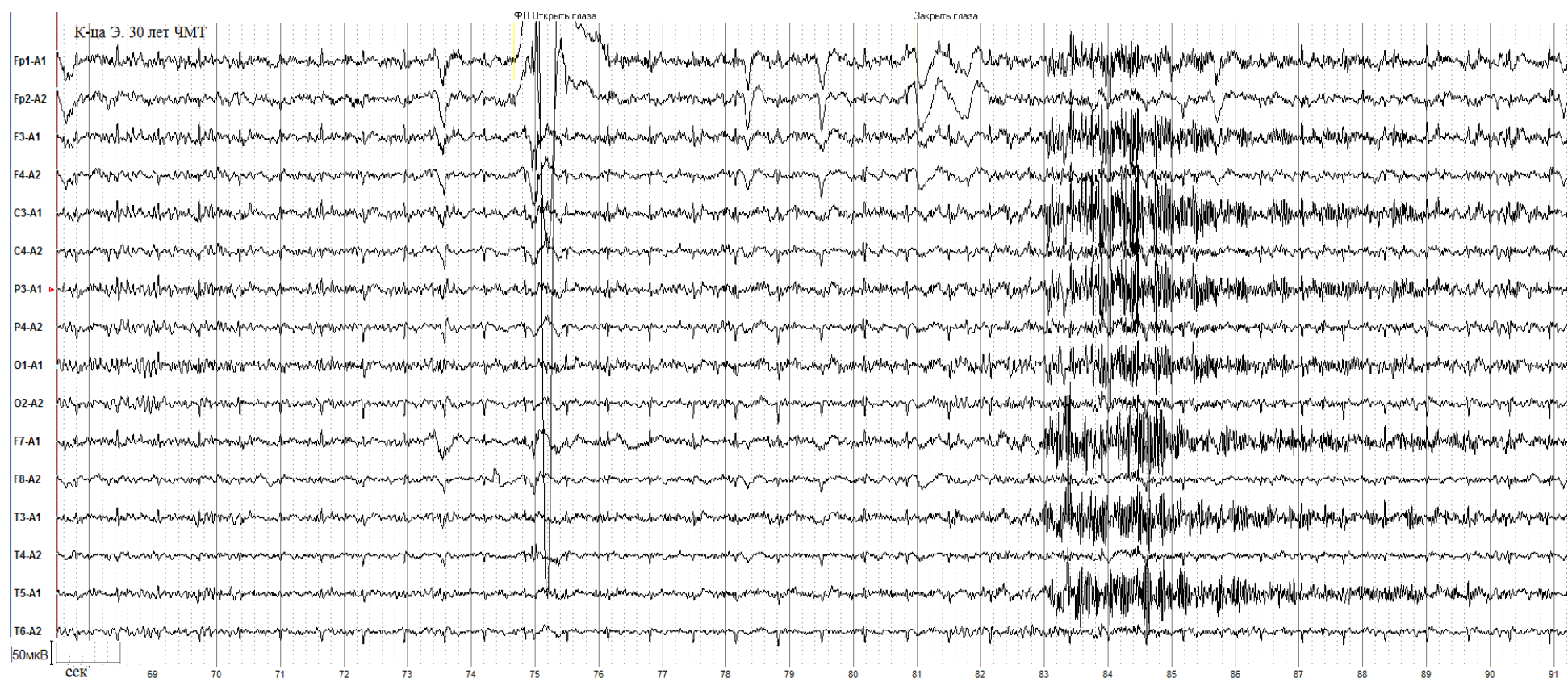


Рис. 12. Мужчина 30 лет. ЧМТ Головные боли, нарушение структуры сна. В момент открытия глаз отмечается артефакт. На фоне открытых глаз отмечается снижение амплитуды альфа – активности. Через 2 секунды после закрытия глаз в левом полушарии возникает генерализованный разряд высокоамплитудных острых волн и пиков

Характерно, что проба с открыванием глаз не приводит к уменьшению низкочастотной бета-активности, а, иногда, и усиливает ее выраженность в передних отделах мозга. На этом фоне часто появляются вспышки высокочастотного бета-ритма (рис. 13).

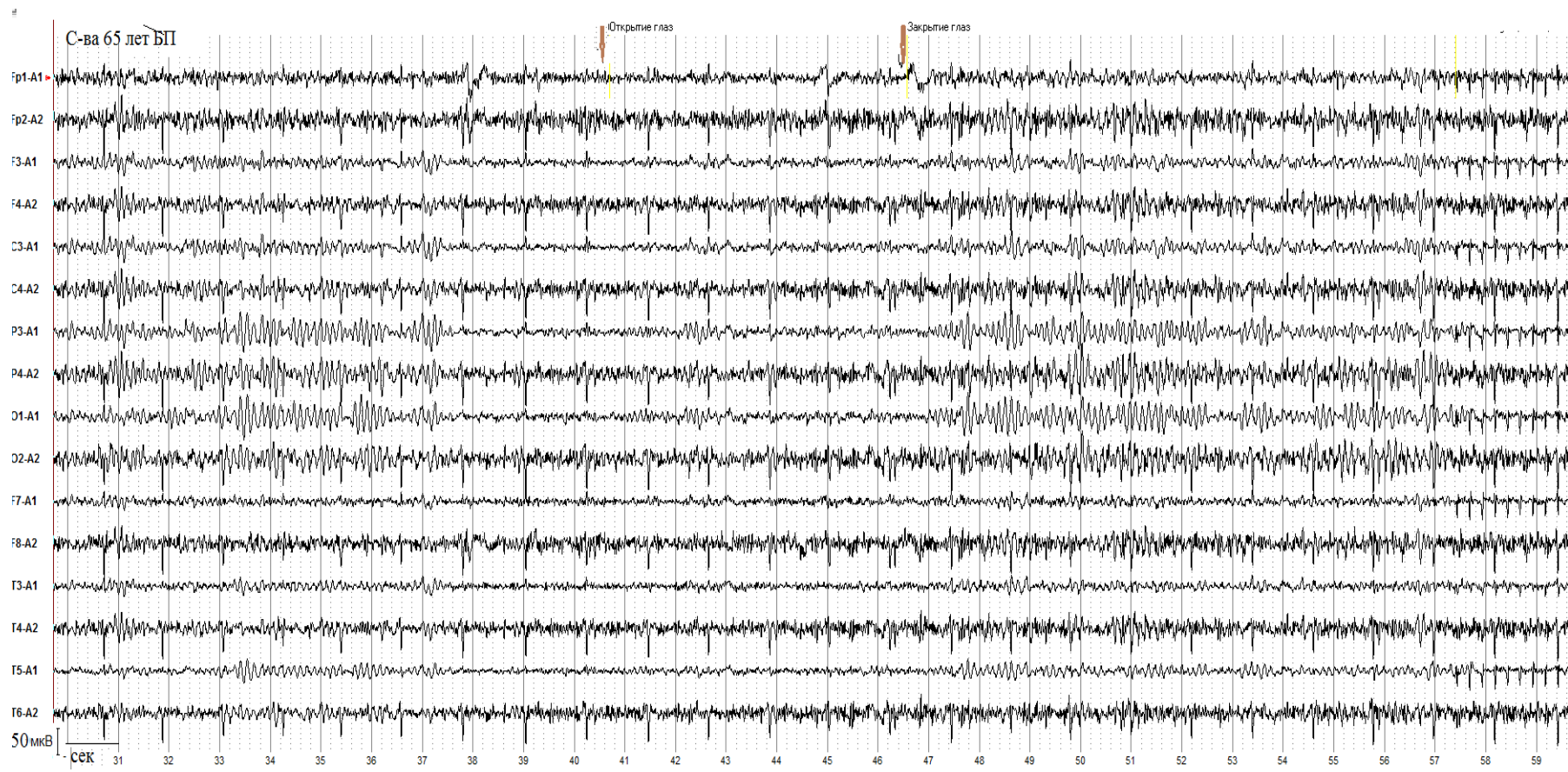


Рис. 13. Женщина 65 лет. Болезнь Паркинсона. При открывании глаз отмечается выраженная депрессия альфа-ритма, но сохраняется отчетливо выраженная бета-активность во всех отведениях правого полушария

У лиц с низким индексом альфа-активности при закрытии глаз возможен эффект отдачи с усилением альфа-активности. (рис. 14).

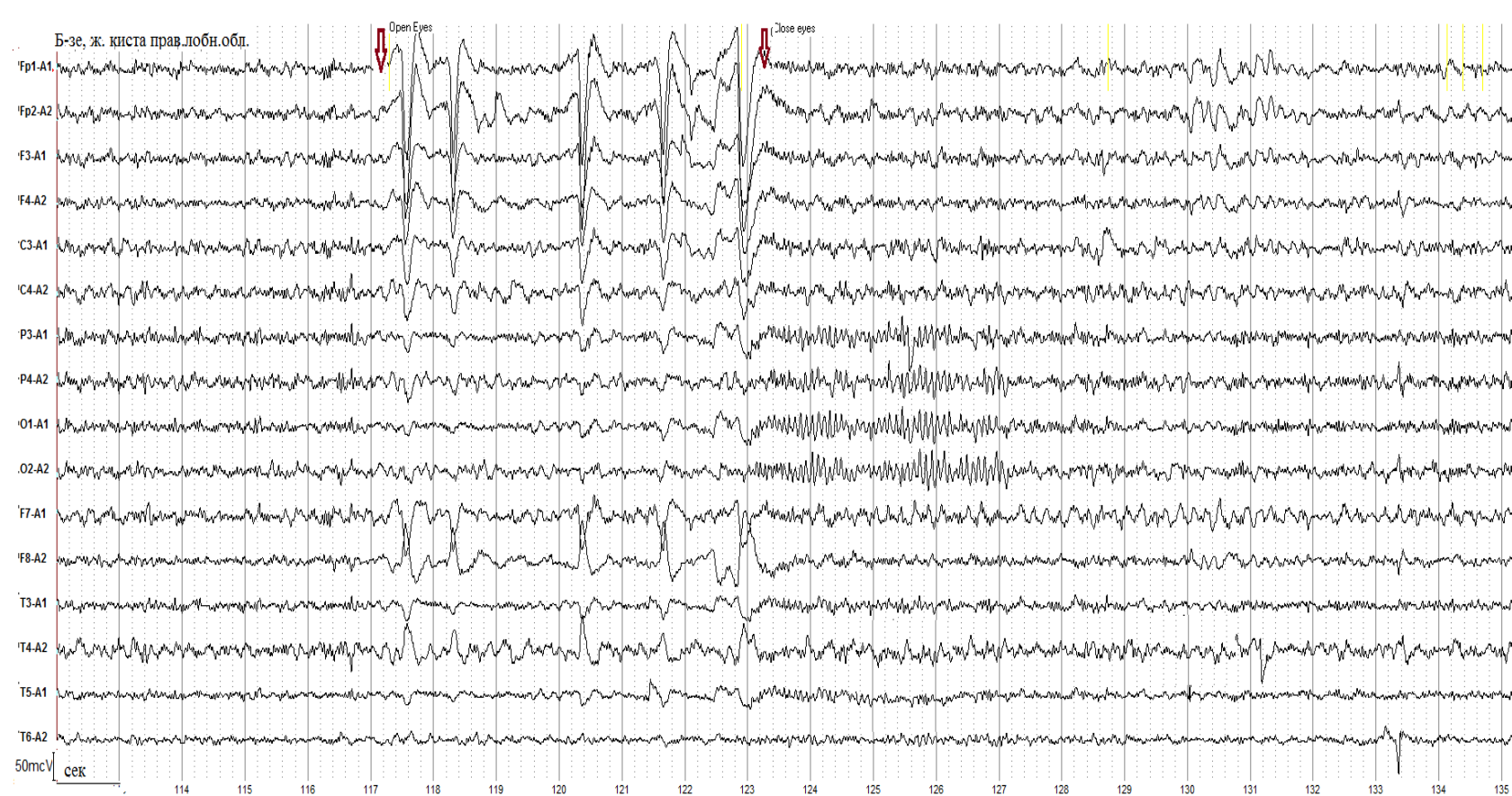


Рис. 14. Женщина 67 лет. Киста правой лобной области, симптоматическая парциальная эпилепсия. При открывании глаз отмечается снижение амплитуды биопотенциалов, при закрытии глаз в затылочно-теменных отделах появляется кратковременный эпизод альфа-активности.

Реакция активации выражена слабо у лиц с исходно высоким уровнем бета-активности, что может быть связано с низким индексом альфа-активности. Считают, что склонность к усилению альфа-ритма на стимулы, более характерна для лиц с повышенной базовой тревожностью (рис. 15).

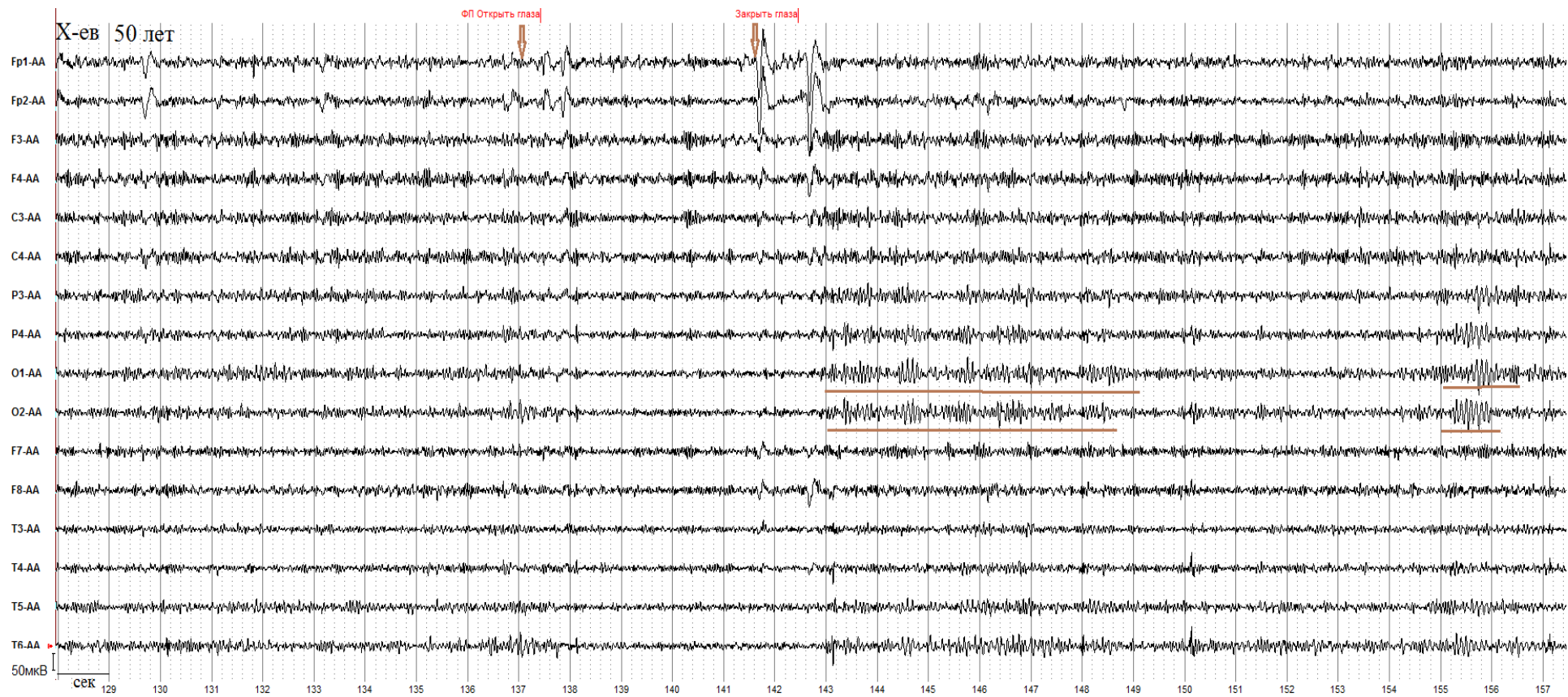


Рис. 15. Мужчина 50 лет. Синдром раздраженного кишечника. Незначительное снижение амплитуды биоэлектрической активности при открытых глазах. На этом фоне выявляются разряды высокоамплитудной бета-активности, а при закрытии глаз появляется отчетливо выраженный альфа-ритм

Реакция активации может провоцировать различные формы пароксизмальной и эпилептической активности. Пароксизмальная активность может появляться только при открытых или закрытых глазах, или в момент изменения открытие – закрытие глаз (рис. 16).

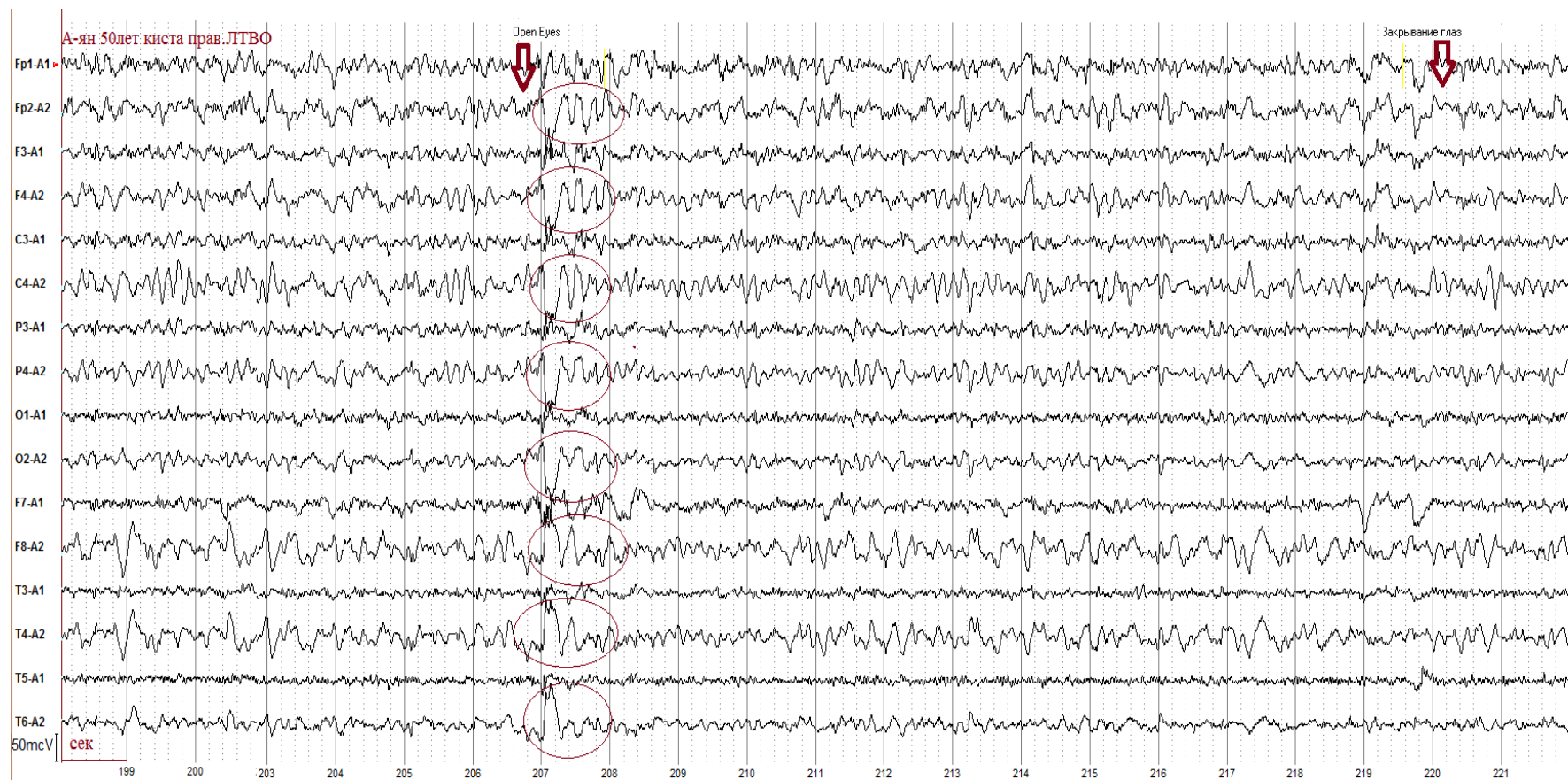


Рис. 16. Мужчина 50 лет. Киста правой лобно-теменно-височной области, симптоматическая парциальная эпилепсия. При открывании глаз отмечается генерализованный разряд групп высокоамплитудных тета - волн с акцентом в правом полушарии

Локальная (корковая) эпилептическая активность на фоне десинхронизации, вызванной открыванием глаз, сохраняется (рис. 17).

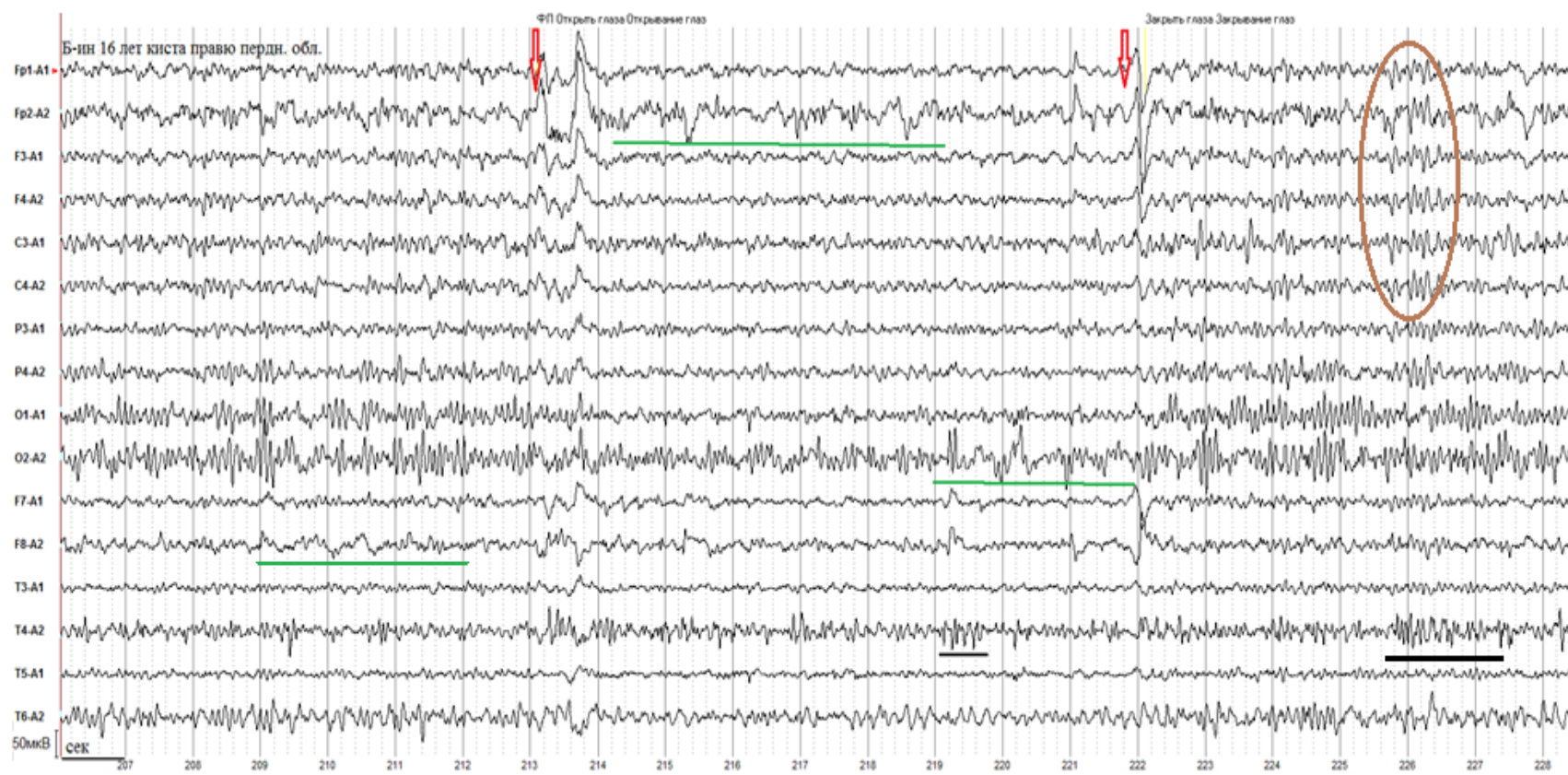


Рис. 17. Мужчина 16 лет. Киста правой передней области, симптоматическая парциальная эпилепсия. На фоне открытых глаз отчетливо проявляется очаг дельта - активности в лобных отделах правого полушария и комплексы полиспайк-дельта-активность в затылочных и височных отделах мозга. Через 3 сек. после закрытия глаз выявляются генерализованные разряды острых и медленных волн и пиков

Эпилептическая активность, обусловленная процессом в глубинных структурах мозга, при открытых глазах может исчезать (рис. 18).

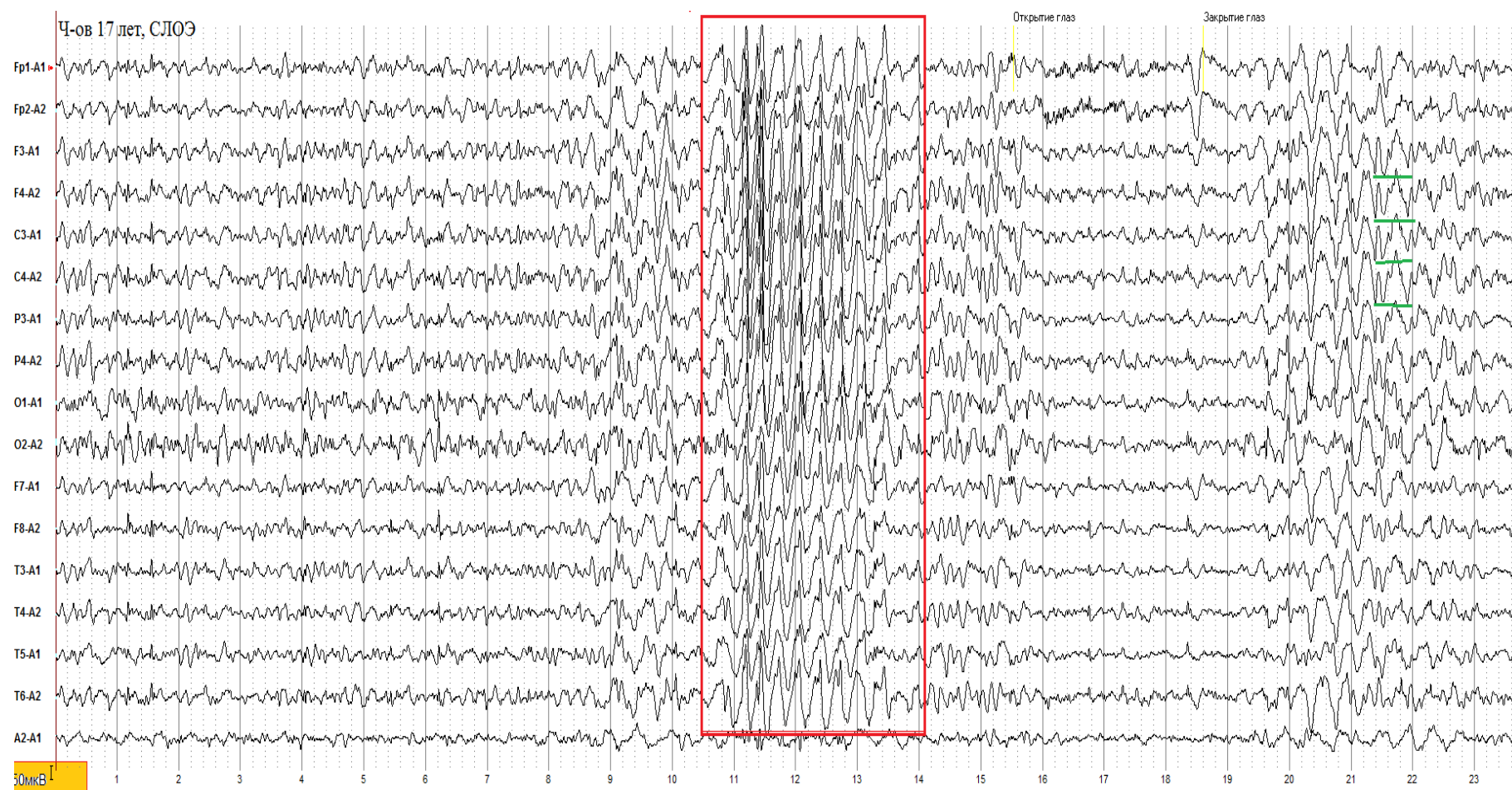


Рис. 18. Мужчина 17 лет. Симптоматическая локально обусловленная эпилепсия. На фоне открытых глаз отчетливо проявляется угнетение генерализованных разрядов высокоамплитудных острых и медленных волн и их восстановление при закрытых глазах

Ритмическая фотостимуляция (стимуляция световыми мельканиями). В рамках IX Европейского конгресса по клинической нейрофизиологии в г. Любляне в 1998 году было проведено совещание экспертов по вопросам фотостимуляции и ЭЭГ. Согласно принятым решениям, при стандартной методике ритмической фотостимуляции (РФС) пациенту предъявляются световые мелькания фиксированной частоты от 5 до 30 Гц сериями по 10-20 секунд с паузами 7-10 и более секунд между разными частотами. В 2011 году европейская группа экспертов Международной противоэпилептической лиги представила обновленные алгоритмы для различных уровней методологии ритмической фотостимуляции. Рекомендовано выполнять стимуляцию также на более высоких частотах, с последовательностью: 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 30 и 40 Гц. В границах 10-25 мельканий в секунду лучший результат дает применение быстрого изменения частоты световых мельканий. Это касается, как больных с истинной фотосенситивной эпилепсией, так и эпилепсии с фотосенситивностью, когда эпилептическая активность выявляется и без фотостимуляции. Среди пациентов с эпилепсией и мигренью около 5% являются светочувствительными. Внимание к фотопароксизмальному ответу повысилось с появлением видео игр и появлением судорог, вызванных этими играми.

У взрослых пациентов реакция усвоения ритма (РУР) чаще проявляется в диапазоне альфа-ритма, а у детей – в области низких частот. Отчетливое усиление медленных частот в ответ на стимуляцию в диапазоне 0,5-3 Гц обычно свидетельствует о дисфункции ЦНС. Отсутствие реакции на ритмическую фотостимуляцию, а также выраженная межполушарная асимметрия ответной реакции может наблюдаться и у здоровых испытуемых.

Признаки нормы при оценке ритмической фотостимуляции (РФС):

- Падение амплитуды основного ритма (затылочного) (рис. 19).
- Усвоение ритма, т.е. появление ритма, равного частоте световых мельканий (реакция усвоения ритма – РУР). Усвоение ритма (формирование

колебаний в пределах предъявляемой частоты) может происходить на отдельных или на большинстве частот. Усвоение на частоте гармоники – появление ритмов, кратных частоте световых мельканий, и, превышающих исходную частоту в 2, 3 и более раз (например, формирование колебаний 12 Гц в ответ на частоту стимуляции 6 Гц).

- Усвоение ритма фотостимуляции (в диапазоне 8-25 Гц) (рис. 20).
- Появление зрительных вызванных потенциалов на каждый отдельный световой сигнал.
- Субгармоники – трансформация ритмов в сторону низких частот, кратных частоте световых вспышек.
- Появление ритма, не кратного частоте вспышек.

У здоровых людей наблюдается реакция усвоения ритма в диапазоне от 8 до 25 Гц, т. е. в полосе собственных частот электроэнцефалограммы. Отсутствие усвоения ритма не является патологией.

Примерно у 5% здоровых лиц отмечается асимметричное усвоение ритма (разница по амплитуде более 50%), что при отсутствии асимметрии фоновой ритмики во сне и бодрствовании не имеет клинического значения.

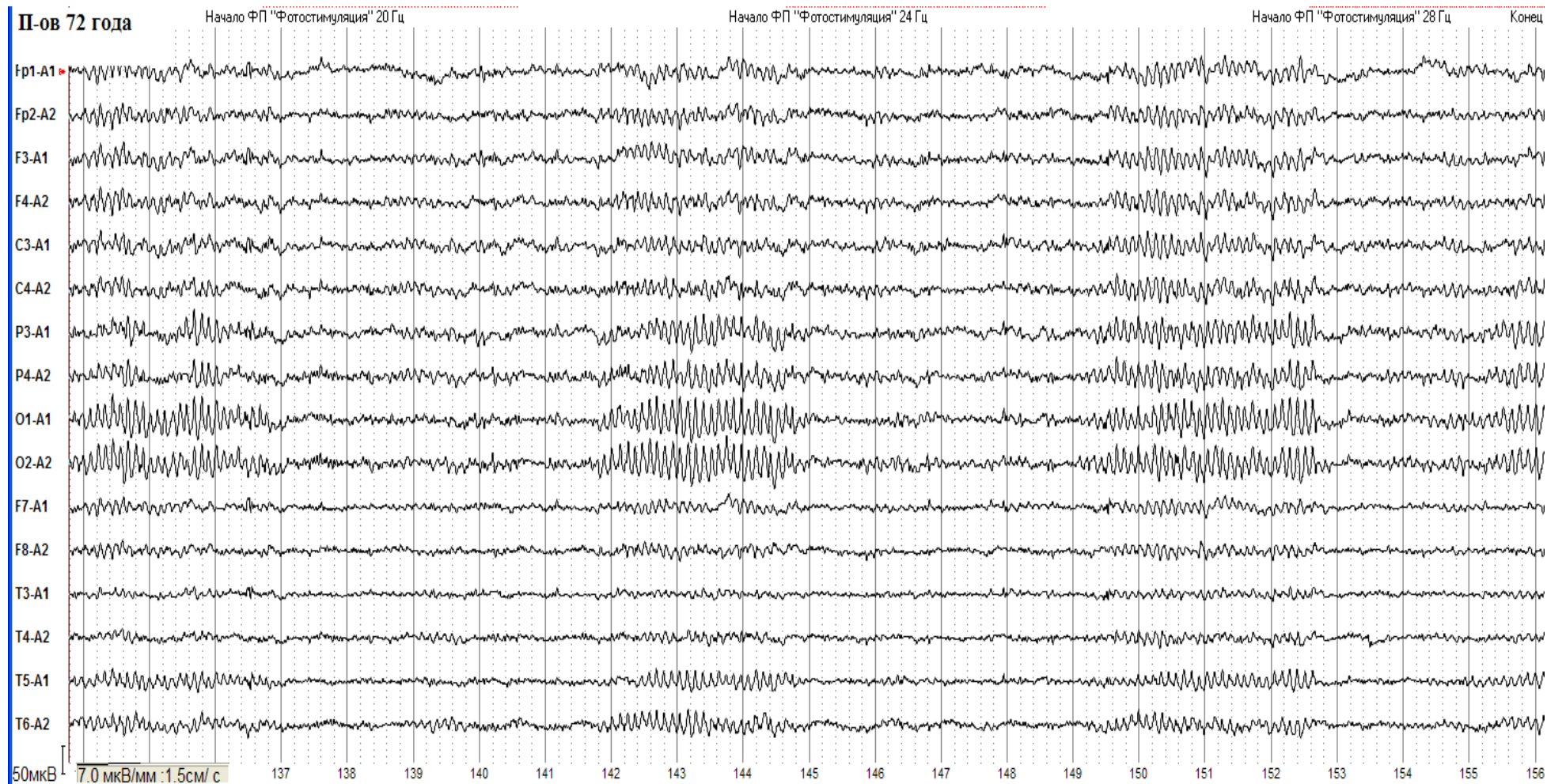


Рис. 19. Мужчина 72 года. Неврологически здоров. На фоне фотостимуляции в диапазонах 20, 24 и 28 Гц отмечается отчетливое снижение амплитуды альфа - активности, наиболее выраженное в затылочно-теменных отделах мозга

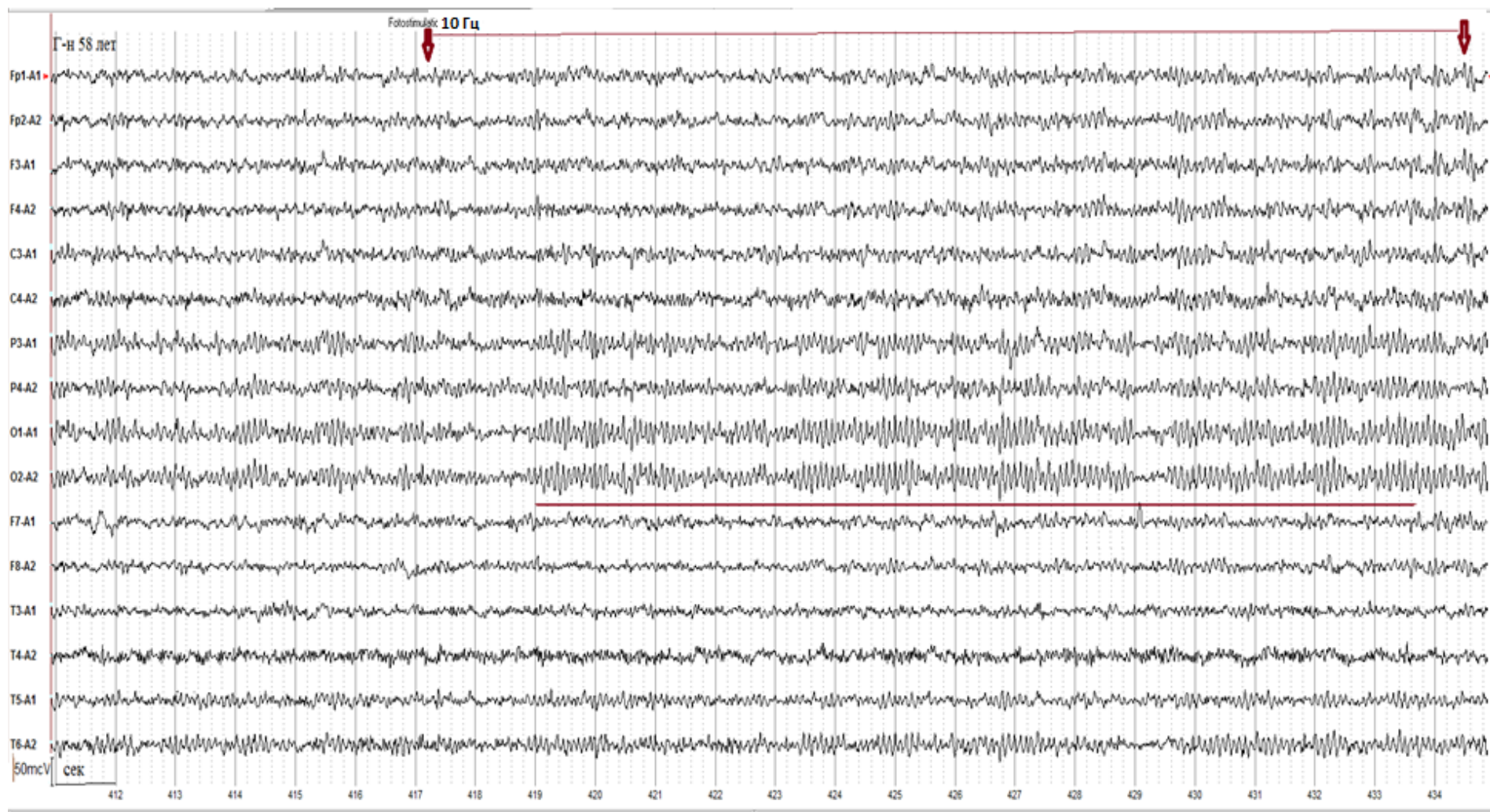


Рис. 20. Мужчина 58 лет. Неврологических жалоб нет. На фоне стимуляции 10 Гц отмечается отчетливая реакция усвоения ритма фотостимуляции

Критериями патологии при оценке РФС являются:

- Расширение диапазона усвоения ритма в сторону высоких частот, в сторону низких частот или в сторону низких и высоких частот;
- Усвоение ритма в лобных отделах мозга;
- Асимметрия воспроизведения ритма в симметричных отведениях правого и левого полушария, если разница по амплитуде достигает 50% (рис. 21);
- Возбуждение субгармоник с частотой ниже 8 кол/сек;
- Возбуждение гармоник с частотой свыше 25 кол/сек;
- Возбуждение ритмов, не кратных частоте световых вспышек (бета, тета, дельта), а также появление волн или комплексов спайк-волн (рис. 22, 23).

Отдельно выделяют не эпилептические изменения ЭЭГ при фотостимуляции:

- Фотомиоклонический эффект;
- Усвоение ритма, кратного частоте стимуляции;
- Билатерально-синхронную дельта-активность преимущественно в теменно-затылочных отведениях;
- Затылочные спайки при частоте 4-7 Гц.

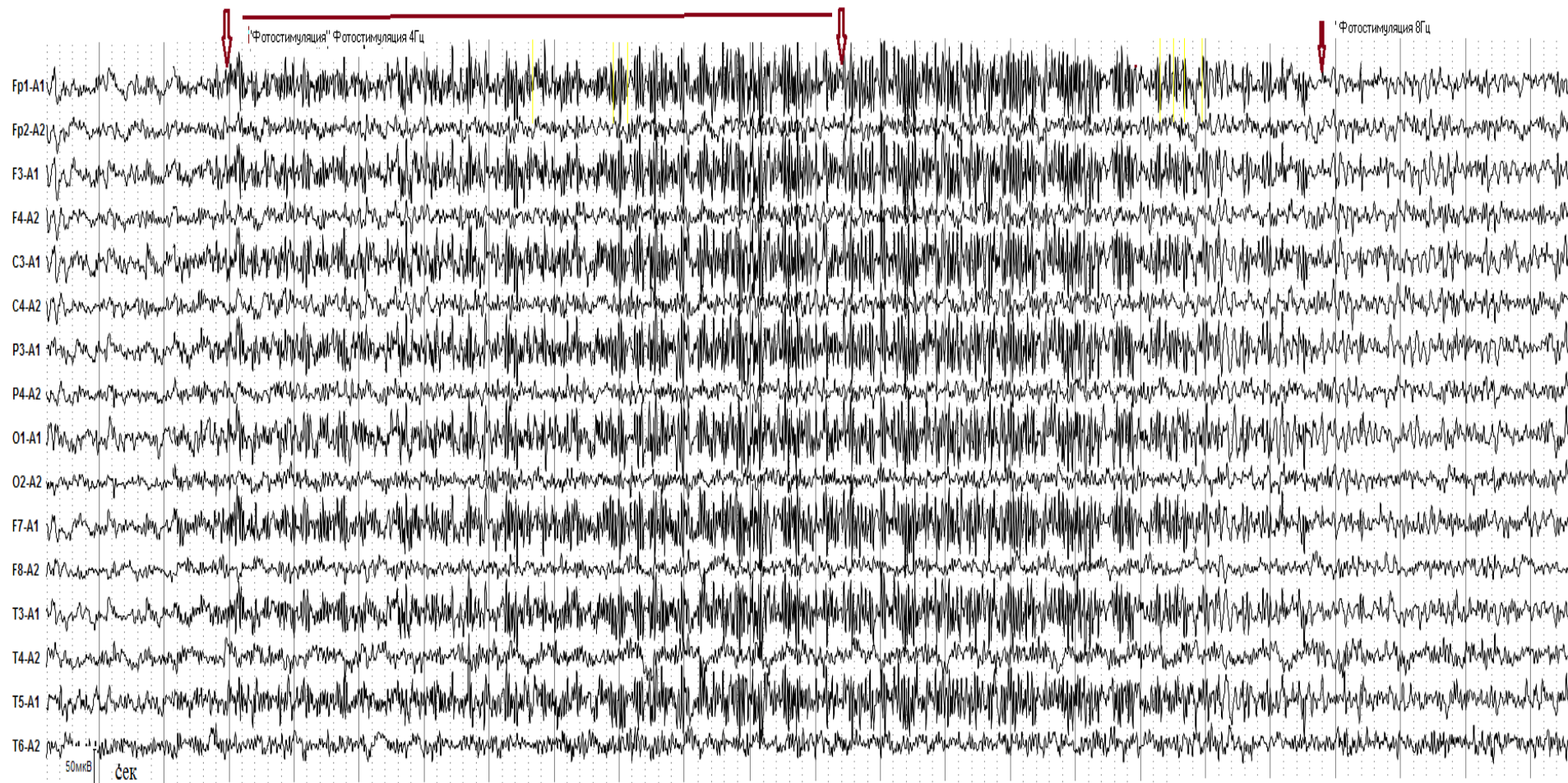


Рис. 21. Мужчина 59 лет. Болезнь Паркинсона. Резкая асимметрия воспроизведения ритма в симметричных отведениях правого и левого полушария (по амплитуде более 50%.)

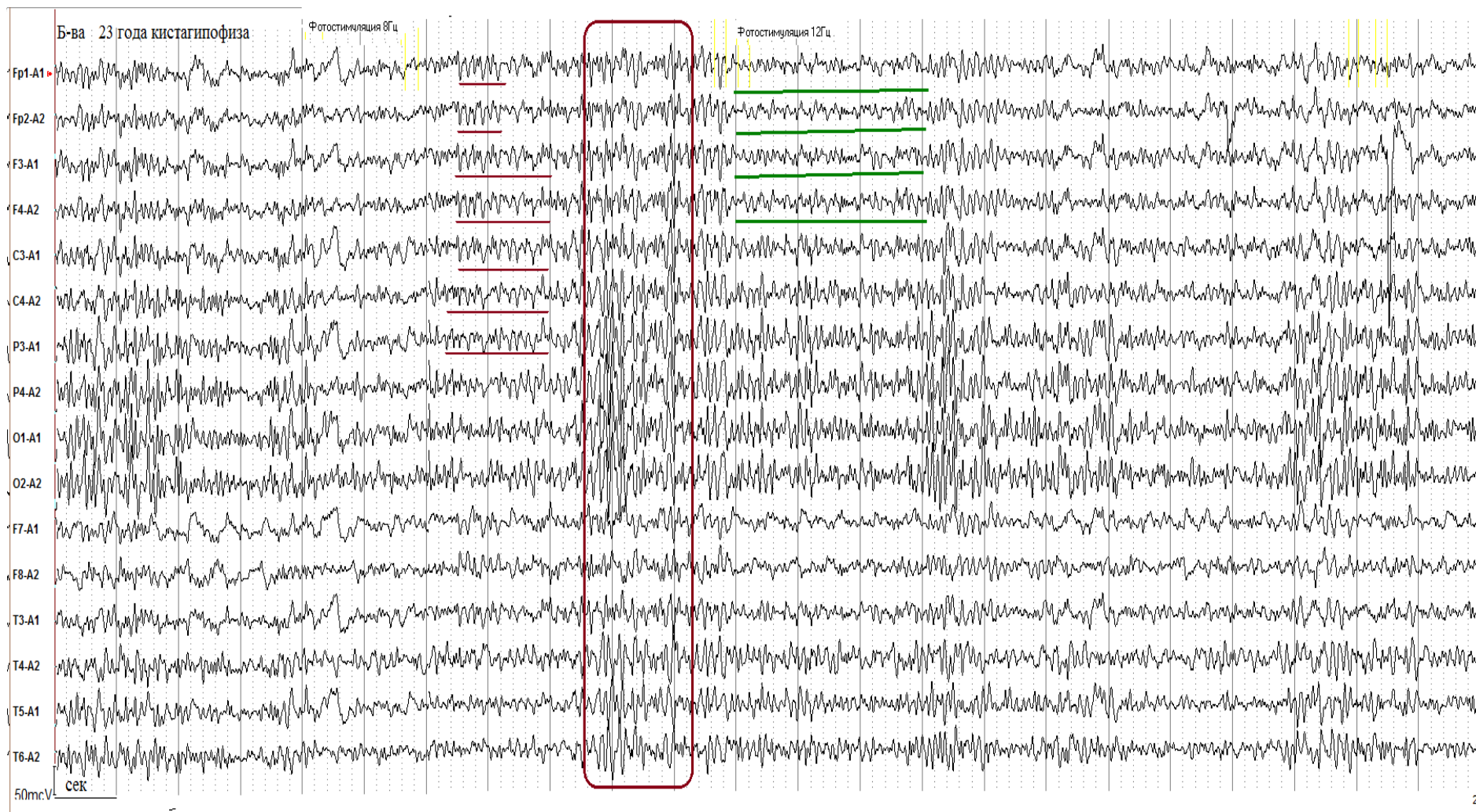


Рис. 22. Женщина 23 лет. Киста гипофиза. На фоне фотостимуляции в диапазоне 8 и 12 Гц отмечаются синхронные билатеральные разряды групп тета-волн в лобно-центральных отделах мозга. В период между стимуляцией отмечаются генерализованные разряды высокоамплитудных острых волн

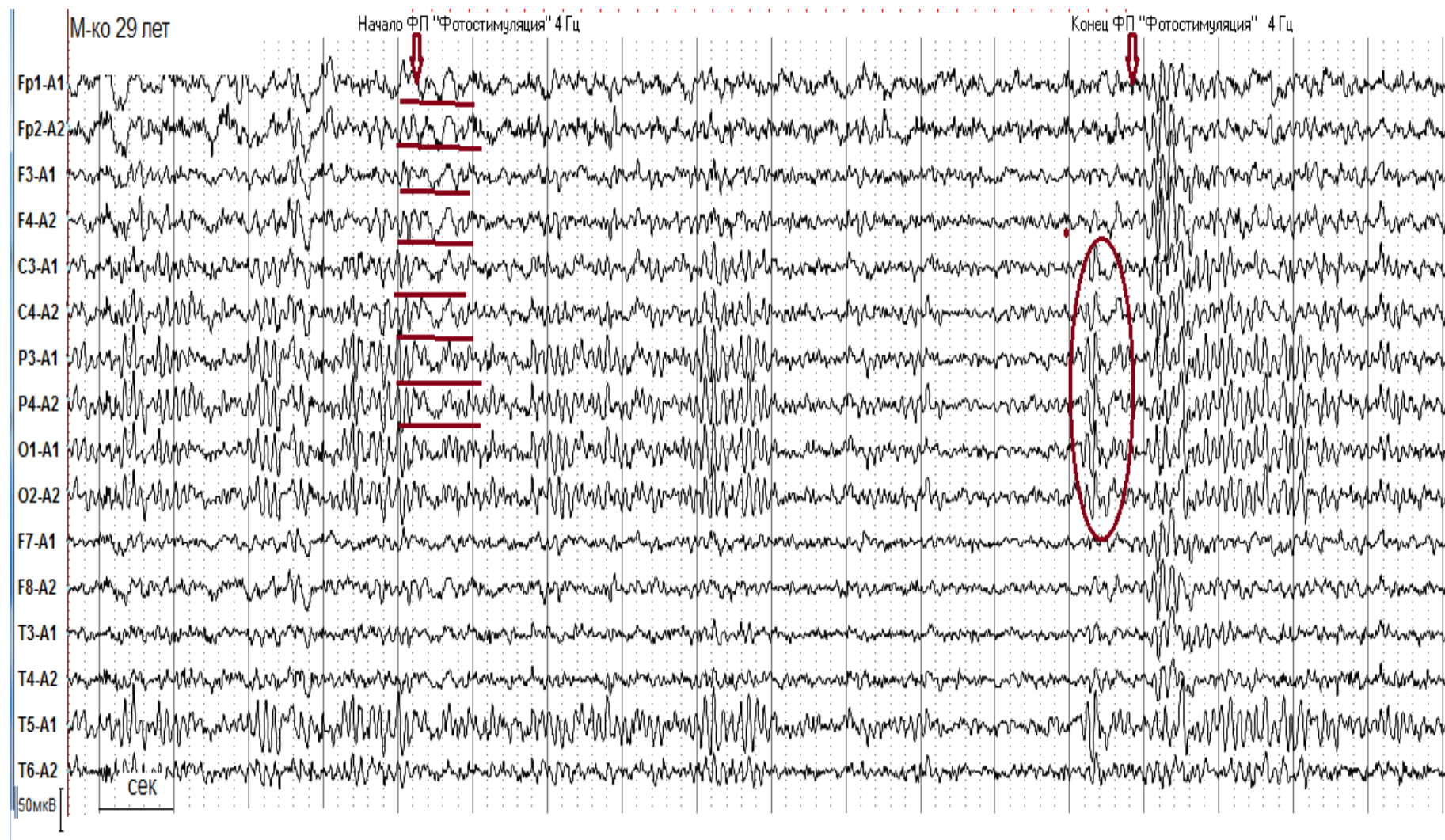


Рис. 23. Мужчина 29 лет. Фотопароксизмальный ответ на стимуляцию 4 Гц (комплекс острых и медленных волн, а также отсроченный разряд генерализованных высокоамплитудных острых волн)

Классическими критериями аномальных ответов являются фотомииоклонический и фотопароксизмальный – появление при РФС генерализованных, билатеральных и синхронных комплексов спайк-волн в ответ на РФС, которые иногда продолжаются и после прекращения фотостимуляции.

Фотомииоклонический ответ (фотомииоклонус, орбитофронтальный мииоклонус) чаще проявляется возникновением полиспайков синхронно со световыми вспышками, подергиванием мышц лба, лица, век. Фотомииоклонический ответ отчетливо привязан к фотостимуляции. Он прекращается при открывании глаз. Фотомииоклонический ответ содержит мышечные спайки, преимущественно в передних отделах мозга в ответ на фотостимуляцию, преимущественно в диапазоне частот 12-18 Гц, которые исчезают при окончании фотостимуляции. Фотомииоклонический ответ может наблюдаться при паркинсоническом синдроме, отмене лекарств, алкоголизме, повышенной тревожности.

Фотопароксизмальный ответ характеризуется комплексами пик-волн и полиспайк – медленная волна, полиспайк – волна, генерализованными по всей конвекситальной поверхности или доминирующие в задних отделах головного мозга. Ответы варьируют от затылочных спайков, сопряженных по времени со световыми вспышками, до генерализованных эпилептиформных разрядов, которые могут продолжаться несколько секунд после стимуляции (рис. 24, 25).

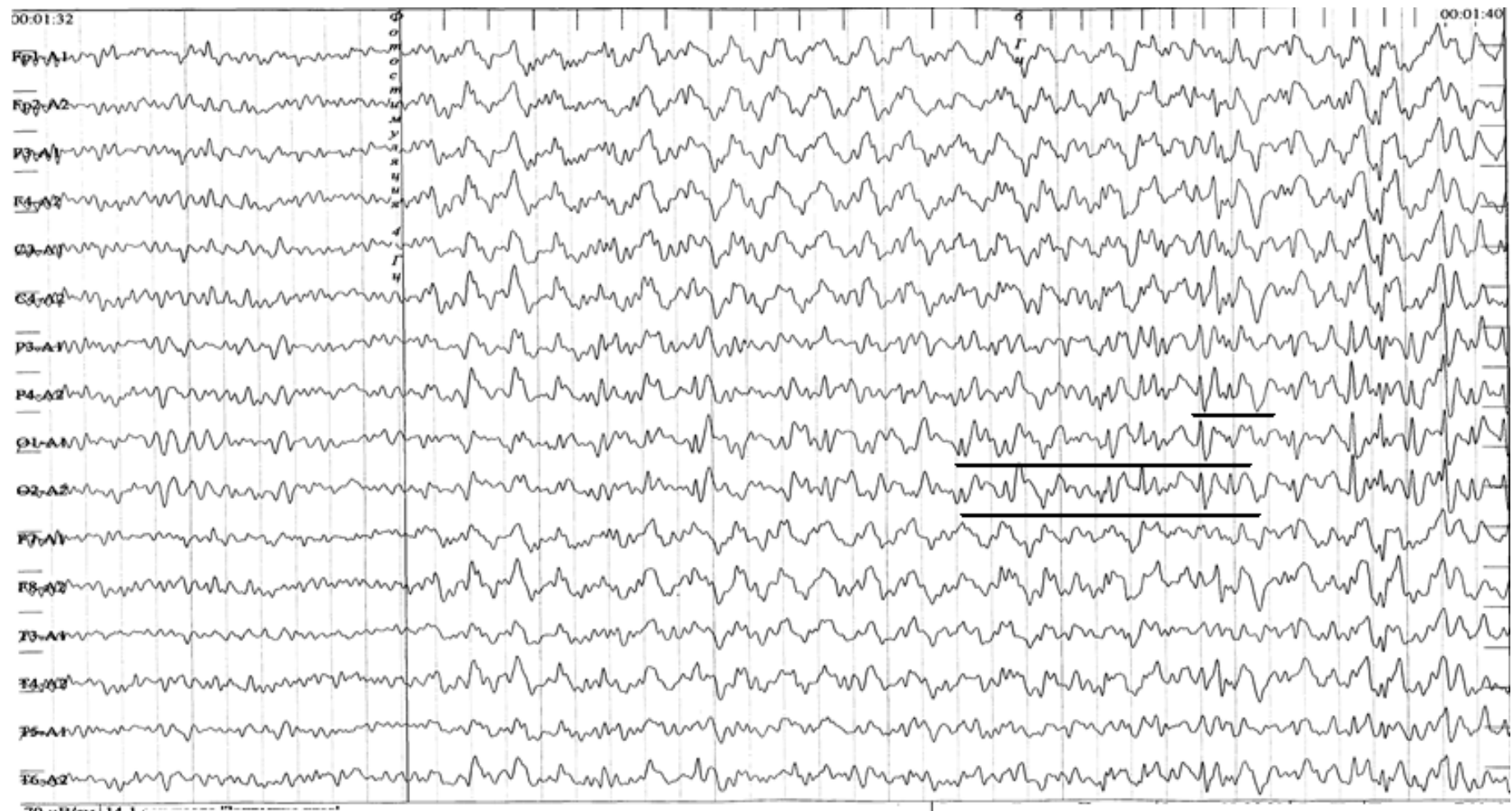


Рис. 24. Женщина 30 лет. Псевдоабсансы. На фоне фотостимуляции в диапазоне 4 Гц отмечается генерализованная реакция навязывания ритма стимуляции 4 Гц. На этом фоне отмечаются разряды острая - медленная волна и пик-волна, наиболее выраженные в затылочно-теменных отделах мозга

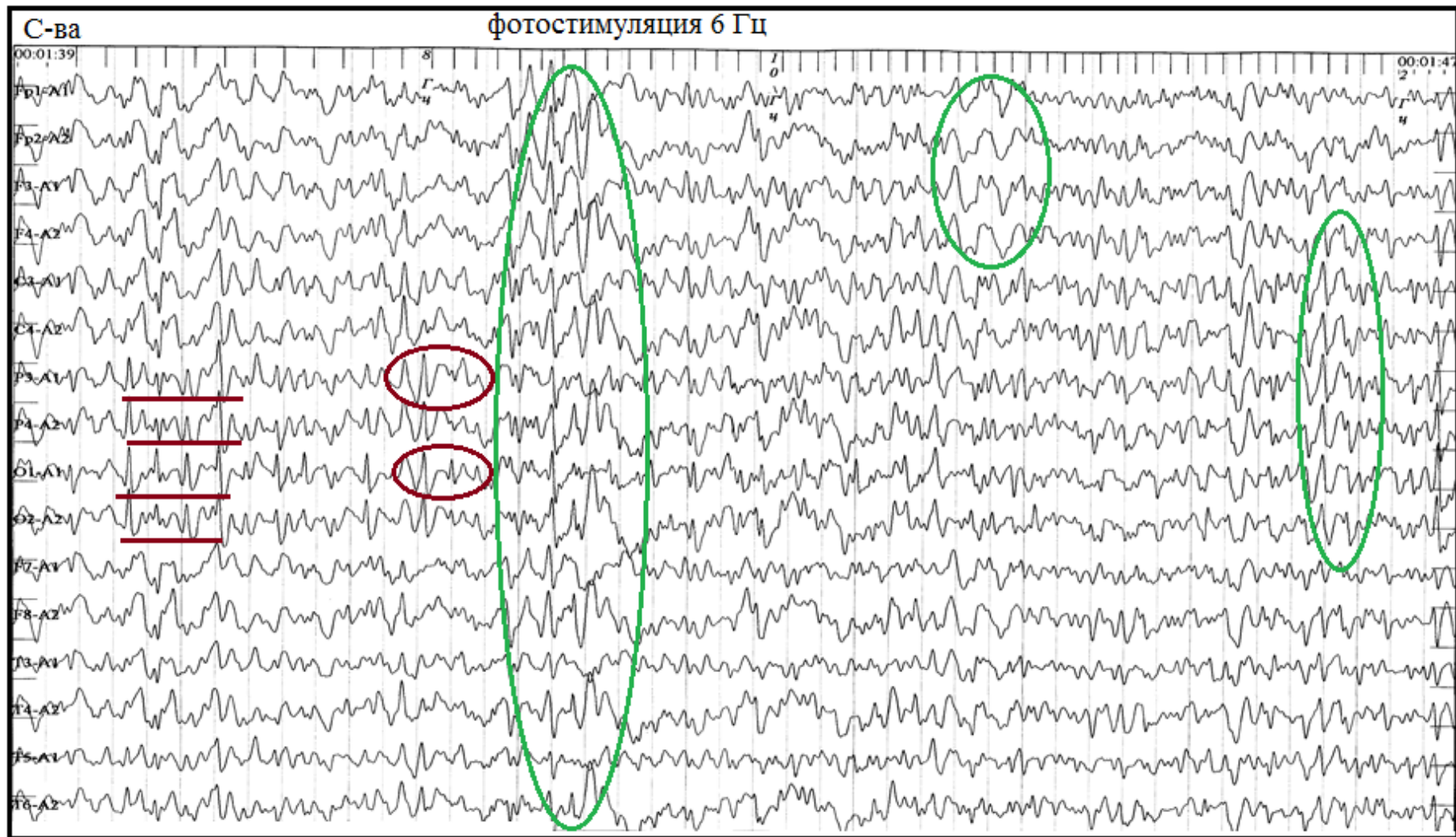


Рис. 25. Женщина 36 лет. Вторично генерализованные судорожные приступы. На фоне фотостимуляции в диапазоне 6 Гц отмечаются генерализованные разряды острая-медленная волна и комплексы пик-волна, наиболее выраженные в затылочно-теменных отделах мозга

Фотопароксизмальный ответ (ФПО) чаще всего встречается при генерализованных эпилепсиях и редко отмечается при фокальных формах. Фотопароксизмальный ответ, является возраст – зависимым и отмечается у взрослых без предшествующих эпилептических припадков с отягощенным семейным анамнезом идиопатической генерализованной эпилепсии (рис. 26). Высокая чувствительность к ритмической фотостимуляции отмечается у лиц, страдающих паническими атаками, которая проявляется уже на первых этапах стимуляции (в диапазоне 3-4 кол/сек) и усиливается при более высоких частотах, вплоть до развития тахикардии (рис. 27).

Выделяют 2 типа фотопароксизмального ответа: пролонгированный, который продолжается в течение короткого времени после прекращения стимуляции, и ограниченный, который заканчивается самостоятельно еще до прекращения фотостимуляции. Продолжающаяся после прекращения фотостимуляции эпилептиформная активность с большой вероятностью свидетельствует об эпилептогенной природе заболевания, чем ограниченная. Только генерализованные ответы спайк-волна могут указывать на эпилептическую природу, особенно если они продолжаются после прекращения стимуляции.

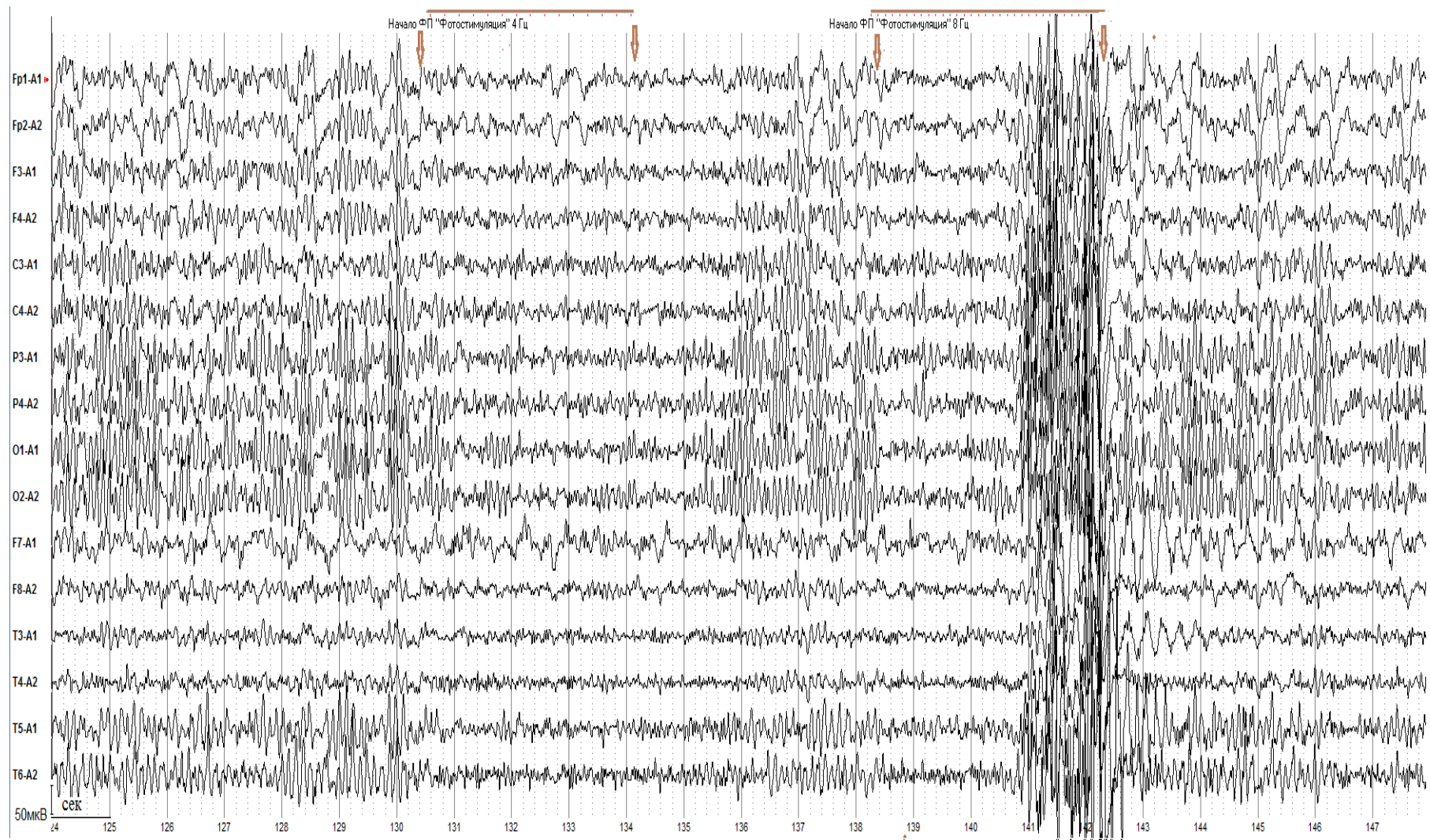


Рис. 26. Женщина 21 год. Ситуационный психоз. На фоне фотостимуляции в диапазоне 8 Гц отмечаются короткий пароксизмальный ответ, (генерализованные разряды острая-медленная волна и комплексы пик-волна, наиболее выраженные в височных отделах мозга)

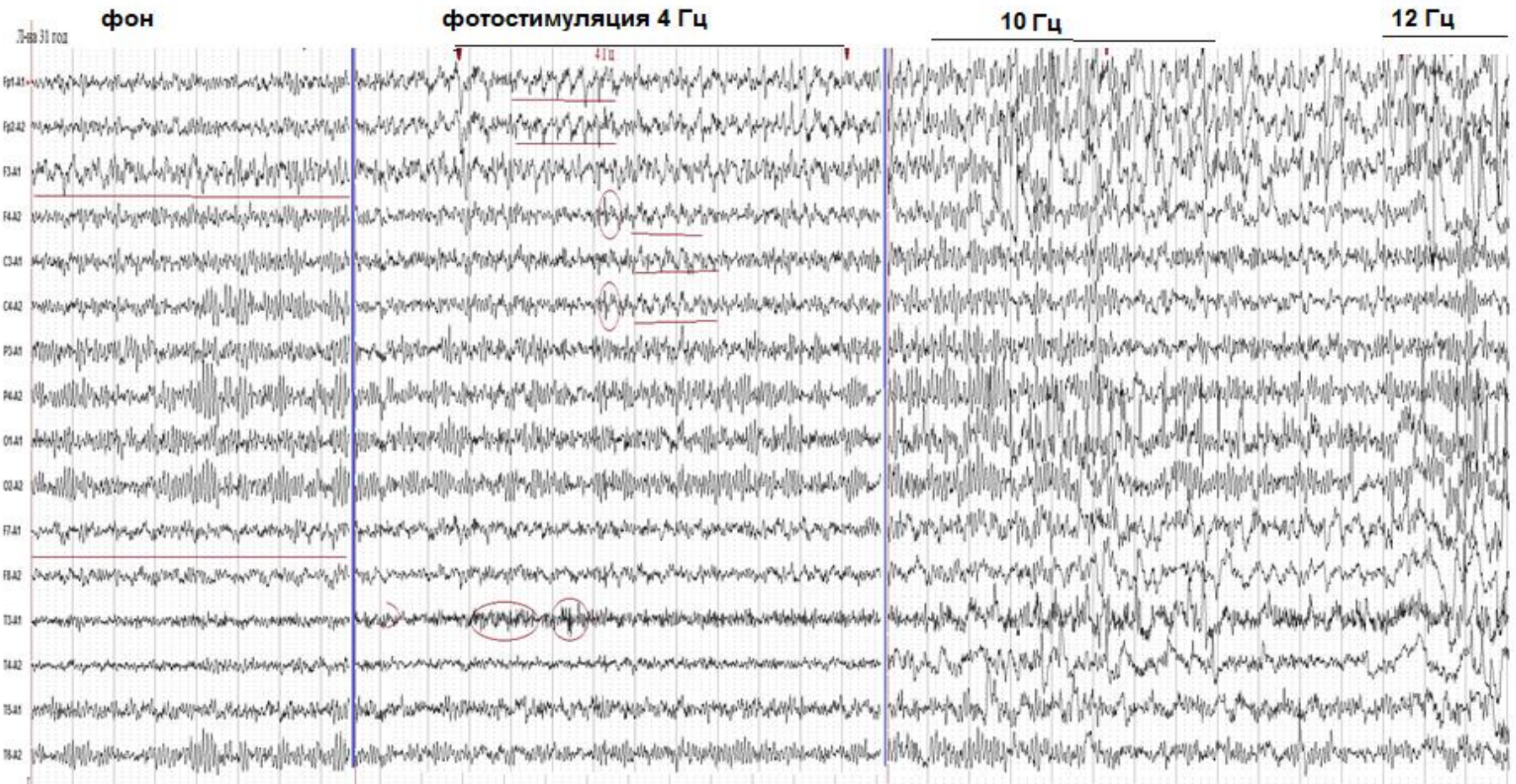


Рис. 27. Женщина 31 год. Возбуждение субгармоник в диапазоне 4 кол/сек в лобно-центральных отделах и вспышки бета-активности в височных отделах. На фоне ритмической фотостимуляции 10 и 12 кол/сек отмечается резкое усиление высокоамплитудных острых и медленных волн в лобно-височных отделах, дезорганизация

В 2001 году Американским обществом клинических нейрофизиологов была предложена видоизмененная классификация ответов ЭЭГ на РФС.

1. Усвоение ритма фотостимуляции (вариант нормы).
 - а. На частоте РФС.
 - б. На частоте гармоники РФС.
2. Орбитофронтальный миоклонус.
3. Височно-теменно-затылочные стимул – зависимые ответы представляют из себя аномально высокоамплитудные зрительные вызванные потенциалы заостренной формы.
4. Височно-теменно-затылочные стимул – независимые ответы могут представлять из себя волны дельта- и тета- частот или собственно эпилептиформные компоненты (спайк-волны).
 - а. Ограниченные периодом стимуляции.
 - б. Продолженные.
5. Генерализованные фотопароксизмальные ответы - генерализованные спайк – полиспайк волны с преобладанием в лобных или затылочных отделах. Регистрация продолженных ответов с очень высокой степенью свидетельствует об эпилептогенном характере изменений
 - а. Ограниченные периодом стимуляции.
 - б. Продолженные.
6. Активация эпилептогенной зоны.

Таким образом, фотопароксизмальными ответами являются варианты 4-5.

СРАВНЕНИЕ ФОТОМИОКЛОНИЧЕСКОГО И ФОТОПАРОКСИЗМАЛЬНОГО ОТВЕТА

	ФОТОМИОКЛОНИЧЕСКИЙ ОТВЕТ	ФОТОПАРОКСИЗМАЛЬНЫЙ ОТВЕТ
Эффективная частота стимуляции	8-20 кол/сек	3-20 кол/сек
Положение век для максимального ответа	Закрываются	Закрываются и открыты
Клинические проявления	Дрожание век	Вращение глаз, нарушение речи
Сознание	Сохранно	Часто нарушено
Распространение ЭЭГ-нарушений	Фронтальная область	По всем отведениям
Тип ЭЭГ ответов	Миоклонические спайки и полиспайки	Пик-волны и атипичные пик-волны
Восстановление	Отчетливое	Редко
Пост - разряды	Отсутствуют	Часто
Возрастная группа	Взрослые	Все возрастные категории
Порог чувствительности	Высокий	Низкий
Мышечное напряжение	Усиление	Отсутствие
Нервное напряжение	Усиление	Отсутствие

Депривация сна повышает вероятность регистрации разрядов, особенно у пациентов с идиопатической генерализованной эпилепсией. ЭЭГ с депривацией сна дает более высокий процент регистрации эпилептиформных нарушений, чем стандартная запись ЭЭГ. Депривация сна достигается сокращением времени ночного сна на 2-3 часа накануне проведения процедуры регистрации ЭЭГ за счет более раннего пробуждения в утренние часы. Рекомендуется предупредить пациента о небольшом риске провокации приступа и получить его согласие на эту процедуру.

Гипервентиляция. Произвольная гипервентиляция, как функциональная проба применяется для выявления скрытых поражений нервной системы с 1929 года, когда независимо друг от друга появились работы немецкого ученого Ферстера и американского исследователя Роззета.

Гипервентиляция – это стандартная процедура, которая выполняется во всех случаях, за исключением ситуаций, когда она не может проводиться по медицинским или иным показаниям (внутричерепное кровоизлияние, кардиологическое или легочное заболевание, серповидно-клеточная анемия, отсутствие кооперации со стороны пациента). Гипервентиляция – это частое и глубокое дыхание в течение 1-3 минут. Глубина вдоха и выдоха должна быть максимальной, а частота около 20 дыхательных движений в минуту. Такое дыхание вызывает выраженные обменные изменения в головном мозге за счет интенсивного выведения углекислоты, приводя к гипокапнии. Для оценки эффекта гипервентиляции необходимо иметь, по меньшей мере, 1 минуту записи ЭЭГ до начала теста. Гипервентиляция должна выполняться на протяжении как минимум 3 минут, сопровождаться непрерывной регистрацией ЭЭГ, и не менее одной минуты после ее прекращения.

При гипервентиляции изменения ЭЭГ нарастают постепенно и носят последовательный характер. Гипервентиляция приводит к изменению частотных характеристик, пространственной организации ритмов в виде замедления ритмики ЭЭГ, появления или усиления эпилептиформной активности. Имеет значение симметричность изменений. Вероятность

появления высокоамплитудных разрядов медленных колебаний у детей и подростков выше, чем у взрослых.

В норме выделяют три фазы изменения биоэлектрической активности мозга при гипервентиляции:

- Десинхронизация (рис. 28);
- Активация альфа-ритма (рис. 29);
- Гиперсинхронизация, доминирование на ЭЭГ тета- или дельта-активности (рис. 30).

Гипервентиляция является наиболее эффективным и простым тестом для провокации **эпилептиформной активности**. При некоторых формах эпилепсии гипервентиляция имеет наибольшую практическую ценность.

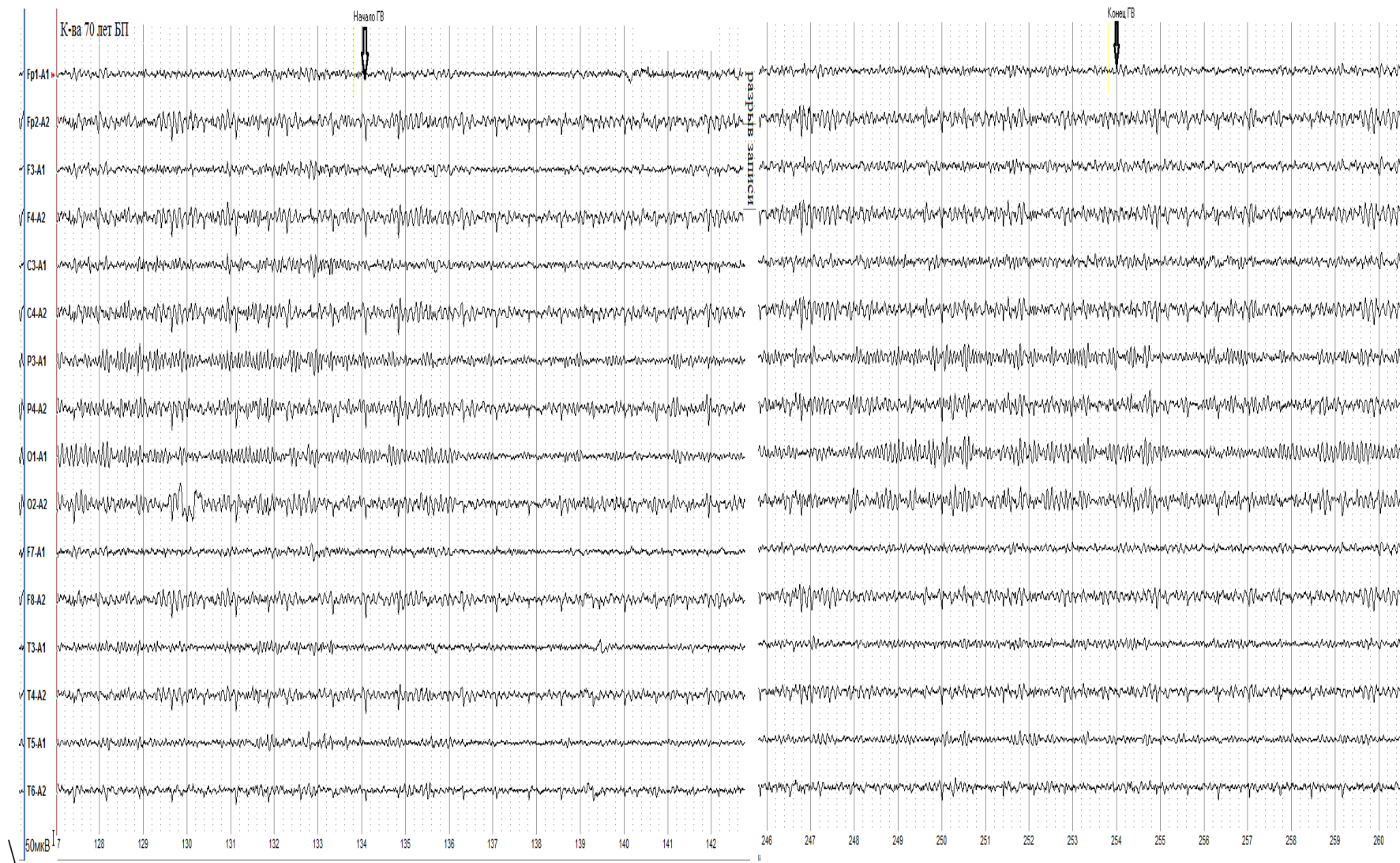


Рис. 28. Женщина 70 лет. Болезнь Паркинсона. Депрессия альфа - активности на первой стадии гипервентиляции

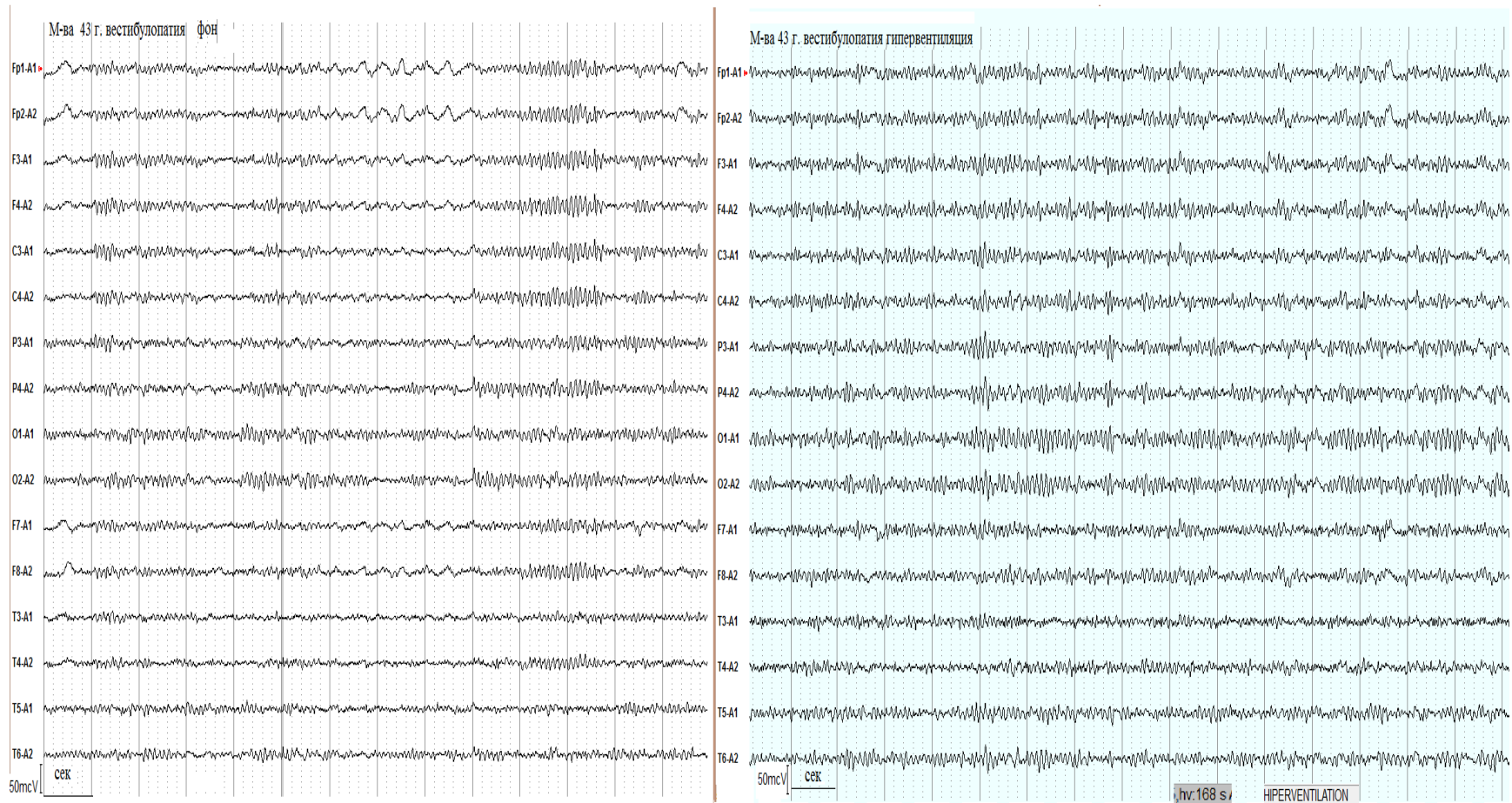


Рис. 29. Женщина 43 года. Вестибулопатия (повышенная возбудимость вестибулярной системы, склонность к укачиванию и проявлениям морской болезни). Усиление альфа – активности и ослабление дельта – активности на фоне 2-х минутной гипервентиляции

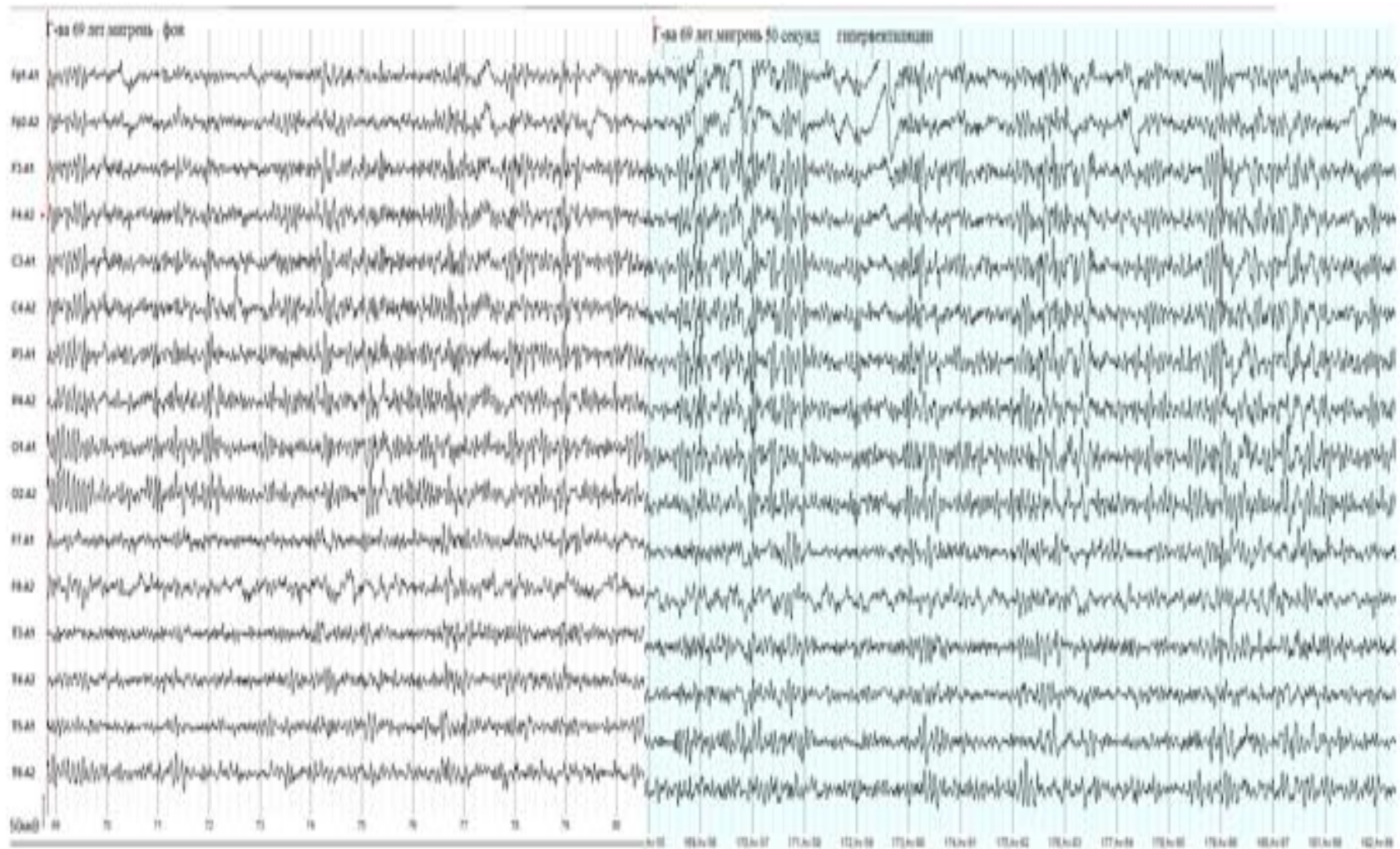


Рис. 30. Женщина 69 лет. Мигрень. На фоне гипервентиляции отмечается усиление пароксизмальной активности в виде комплексов острых и медленных тета- и дельта-волн.

Характер изменений ЭЭГ во время гипервентиляции, а именно выраженность той или иной фазы, скорость и степень проявления усиления медленных ритмов, зависит от разных причин: режима гипервентиляции, индивидуальной чувствительности к гипокапнии, возраст испытуемого (наиболее чувствительны к развитию гипокапнии дети младше 12 лет).

У здоровых людей гипервентиляция значительных изменений на ЭЭГ не вызывает, наблюдается лишь депрессия альфа-ритма или увеличение его амплитуды, появление эпизодов медленной активности. Первая фаза (десинхронизация) часто отсутствует у детей и некоторых взрослых людей.

Критериями выраженного повышения чувствительности к гипокапнии головного мозга при гипервентиляции принято считать:

- Быстрое (ранее 0,5 мин) возникновение синхронных разрядов высокоамплитудных медленных волн;
- Значительную стабильность синхронных разрядов;
- Сохранение синхронных разрядов медленных волн более 0.5 мин после прекращения гипервентиляции (рис. 31).

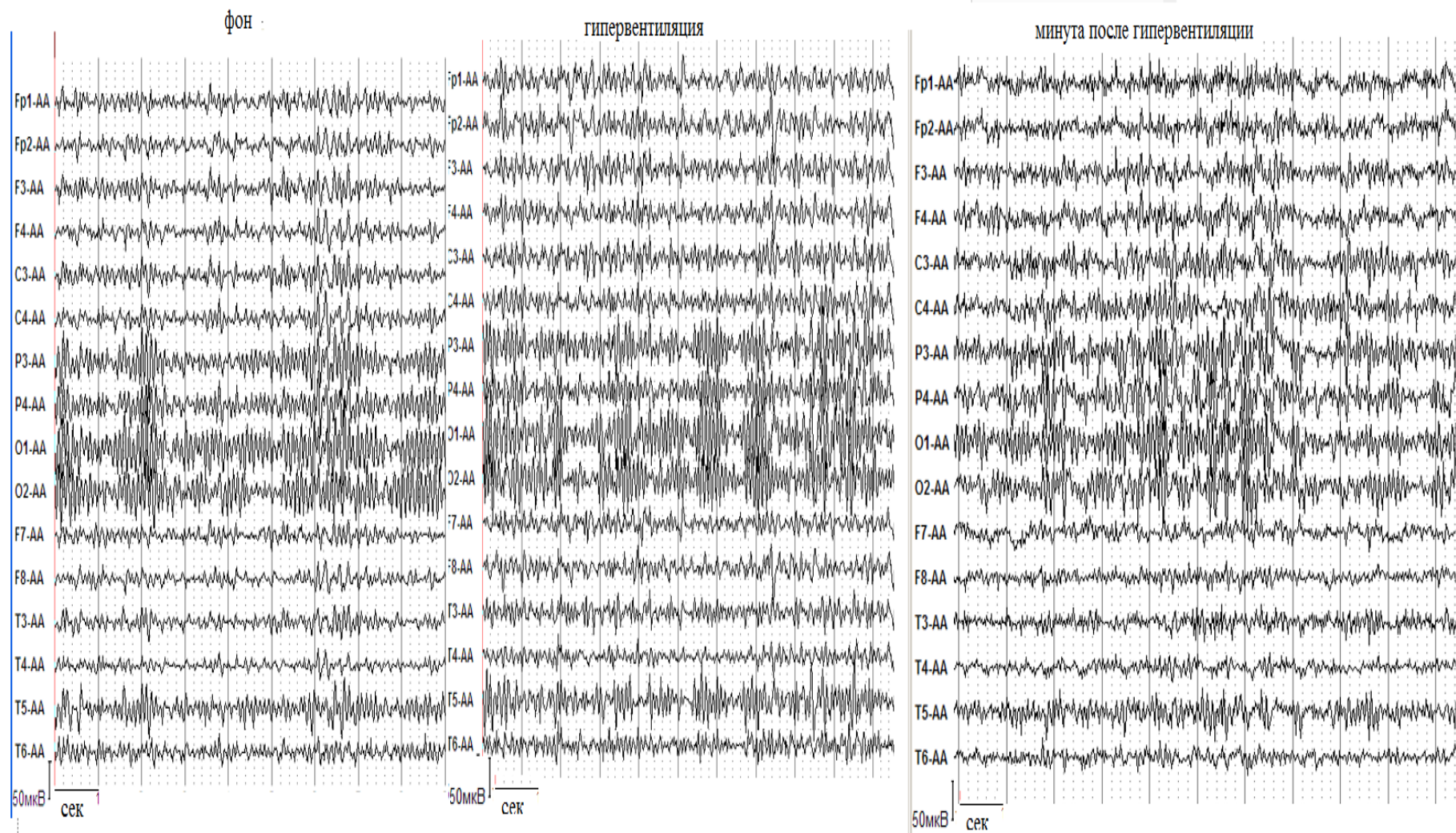


Рис. 31. Усиление пароксизмальных разрядов высокоамплитудных острых тета- и дельта-волн на фоне гипервентиляции, сохранившееся после её отмены

Признаки патологии при проведении гипервентиляции.

Возбуждение медленноволновой активности с плавным замедлением ее частоты и увеличением амплитуды рассматривают, как недостаточность сосудистой регуляции стволовых структур и снижение уровня общей активации.

Появление на фоне альфа-ритма или тета-активности спайков, пиков, комплексов типа спайк-волна или пароксизмов медленноволновой активности амплитудой до 200 мкВ указывает на наличие эпилептического очага (рис. 32).

Если эпилептический очаг не обнаружен, то после 3-минутного перерыва обследуемому дают 1-2 терапевтические дозы нитроглицерина и повторяют гипервентиляцию.

Выраженное усиление медленной активности на ЭЭГ во время гипервентиляции может встречаться у детей, склонных к обморокам, у невропатов, с нарушениями психического развития, с вегетососудистой дистонией (рис. 33).

Усиление высокоамплитудной медленной активности является умеренным, если начинается более чем через 0,5 минуты от начала гипервентиляции и продолжается до 0,5 мин после окончания пробы. Это может быть расценено, как одно из ЭЭГ проявлений «минимальной церебральной дисфункции» (рис. 34).

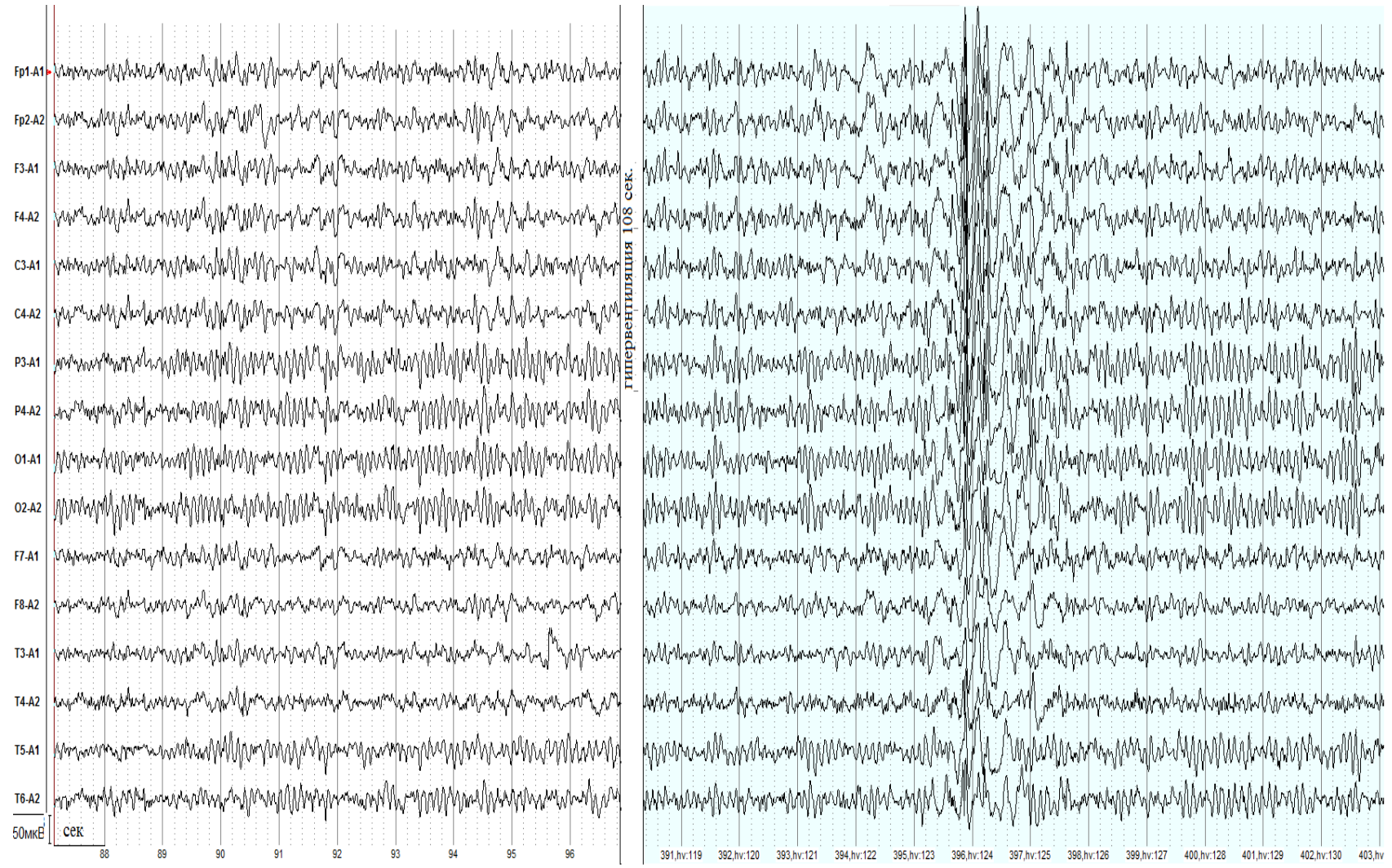


Рис. 32. Женщина 35 лет. Вторично генерализованные судорожные приступы. На фоне гипервентиляции на 108 секунде появляются генерализованные комплексы полиспайк-медленные волны

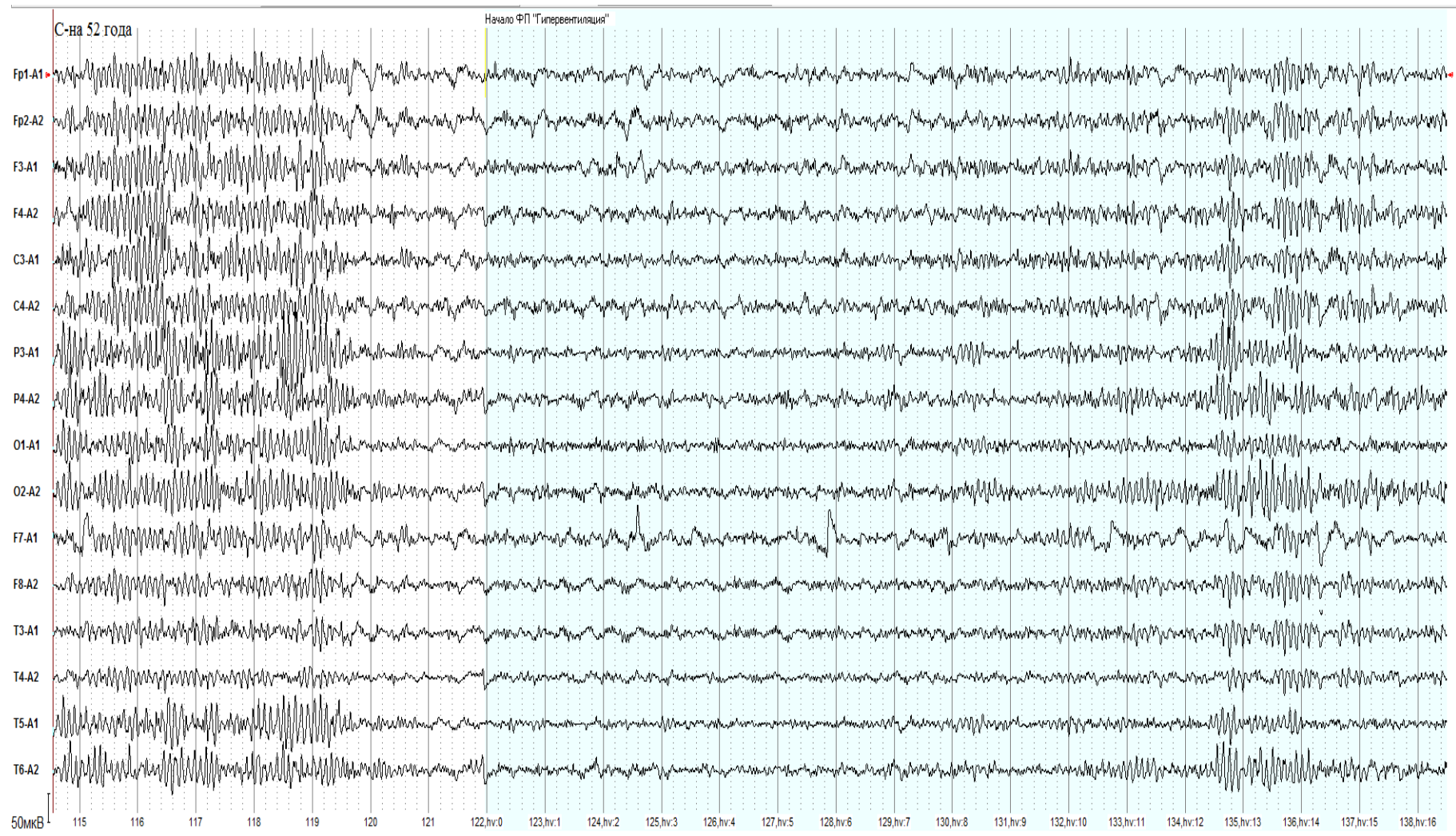


Рис. 33. Женщина 52 года. Вегето-сосудистая дистония. На фоне гипервентиляции отмечается депрессия альфа-активности и усиление медленной активности на ЭЭГ

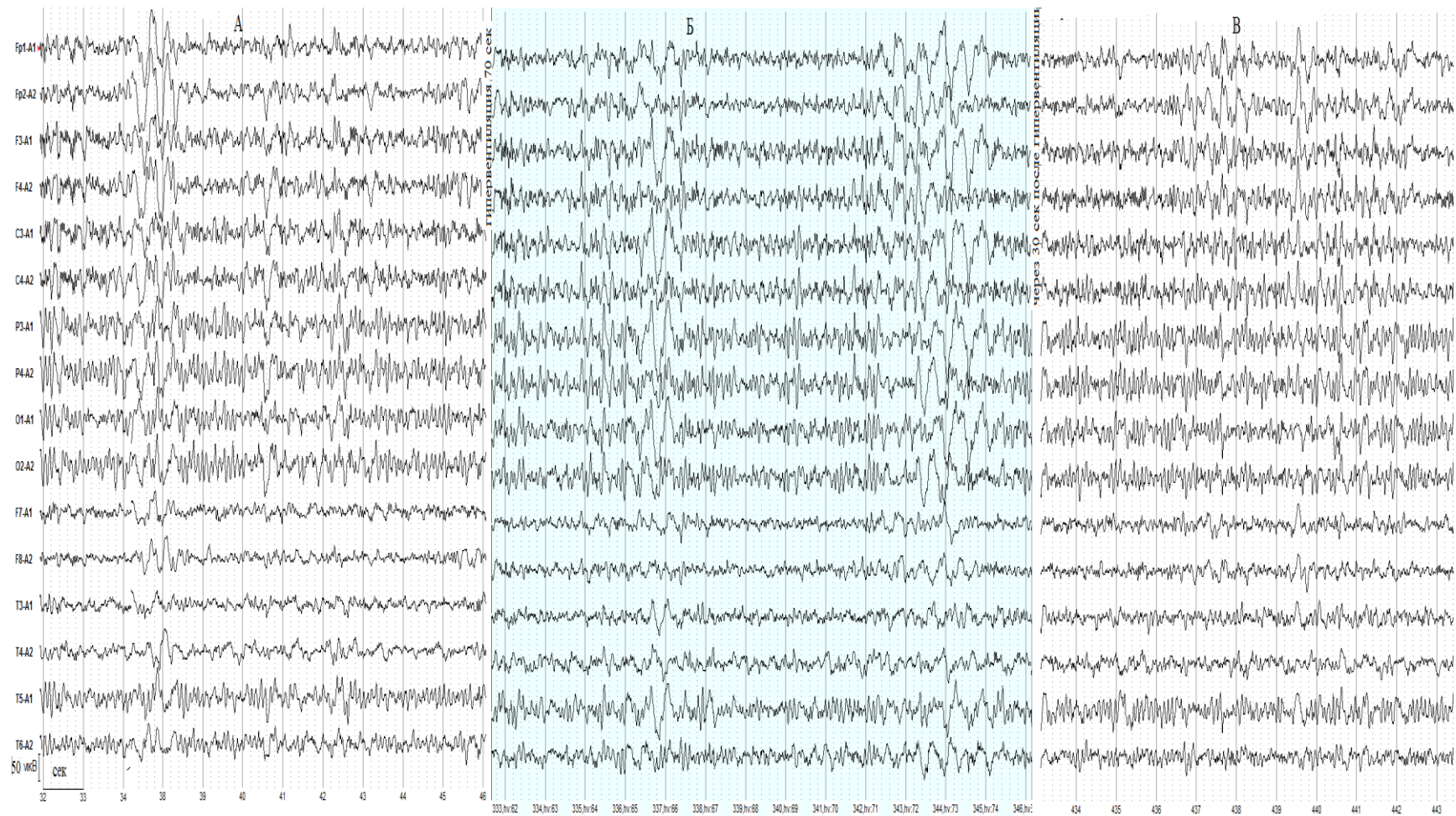


Рис. 34. Мужчина 36 лет. Неврологически здоров. В фоновой записи ЭЭГ (А) отмечаются генерализованные пароксизмальные разряды высокоамплитудных тета-волн. На 2 минуте гипервентиляции отмечается усиление пароксизмальной активности (Б), но по окончании гипервентиляции (В) отмечается возврат к исходной ЭЭГ

Изменения биоэлектрической активности головного мозга, обусловленные гипокапнией, зависят от характера фоновой ЭЭГ. Чем выше степень дезорганизации фоновой биоэлектрической активности головного мозга, тем чаще встречается повышенная чувствительность к гипокапнии. При отчетливой тета-активности в фоновой записи выраженная реакция на гипервентиляцию выявляется у 19%, а при наличии тета- и дельта-активности в 31.5% случаев (рис. 35).

Особый интерес представляют десинхронизированные ЭЭГ-«плоский» тип. В них значительно реже, чем в других встречается выраженная реакция на гипервентиляцию, что, по-видимому, обусловлено изначально высоким уровнем активирующих влияний со стороны ретикулярной формации ствола головного мозга. Важное значение имеет симметричность изменений.

Существенная асимметрия разрядов медленных колебаний во время гипервентиляции может являться признаком корковой или подкорковой патологии.

Возникновение пароксизмальной бета- и тета- активности с плавным замедлением частоты тета-волн и плавным увеличением ее амплитуды наблюдается у пациентов с болезнью Паркинсона, при этом характерным признаком является амплитудная асимметрия пароксизмальной активности (рис. 36, 37).

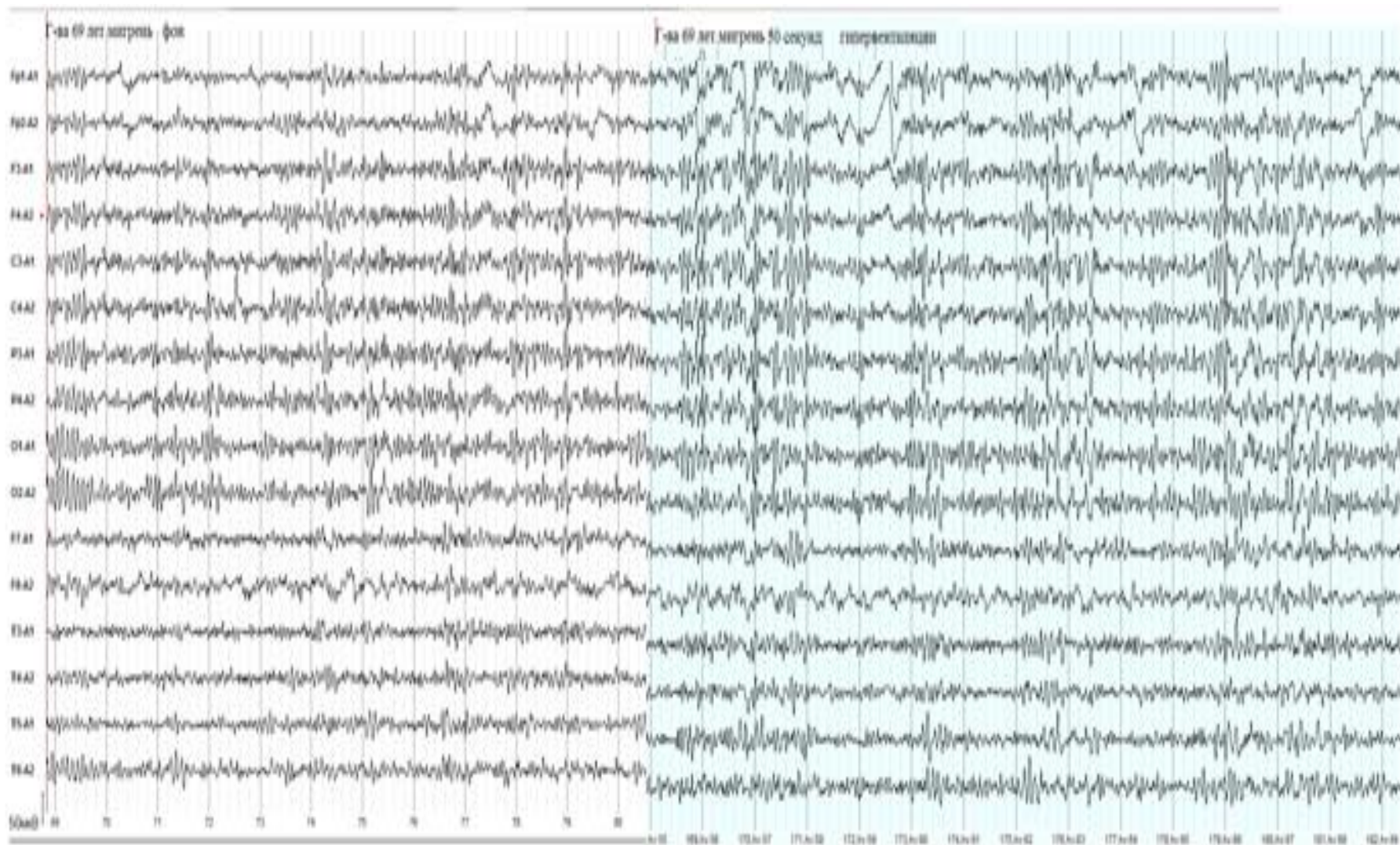


Рис. 35. Женщина 69 лет. Мигрень. На фоне гипervентиляции отмечается усиление пароксизмальной альфа-, бета- и тета-активности и локальной дельта – активности в височных отделах

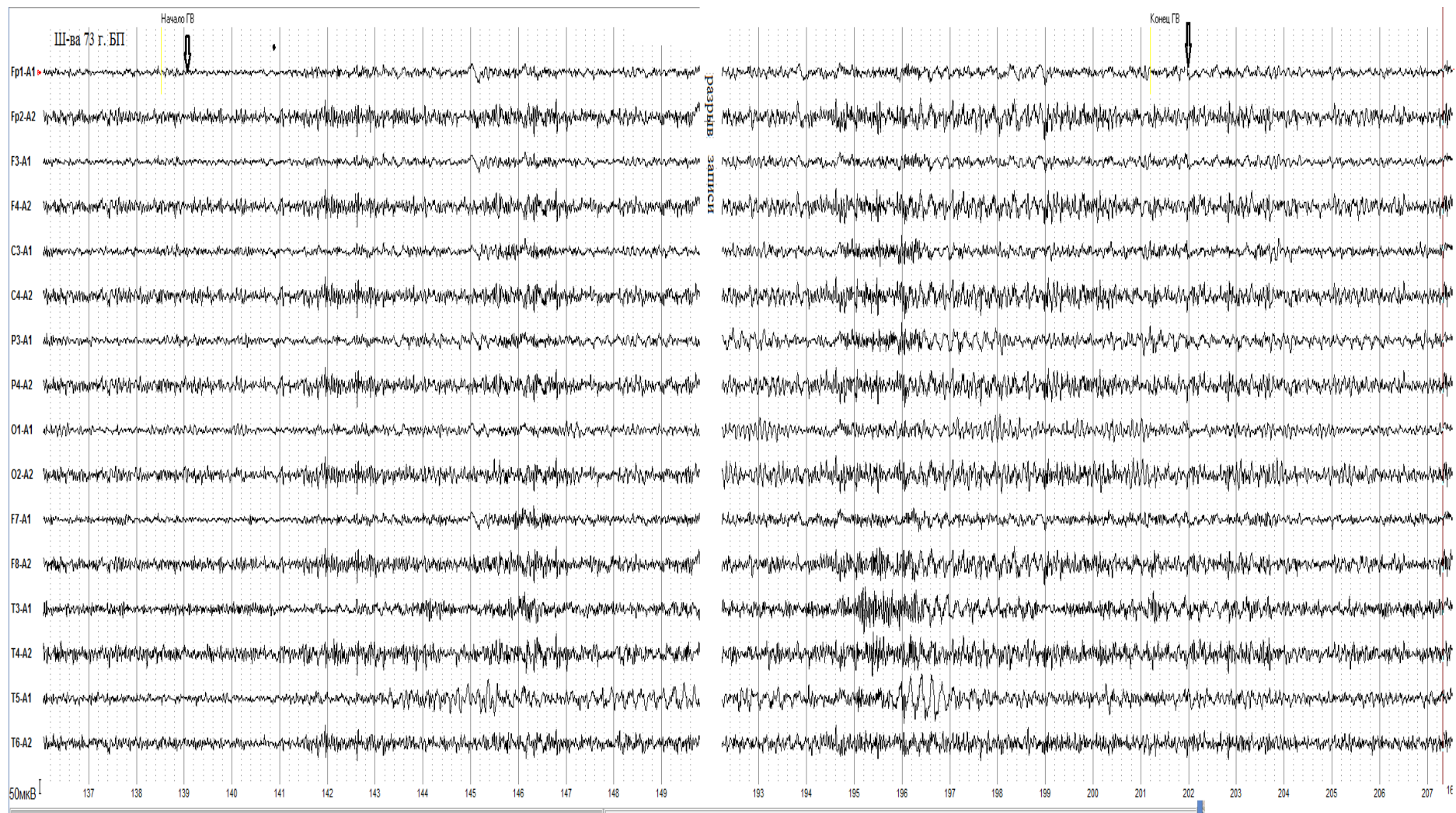


Рис. 36. Женщина 73 года. Болезнь Паркинсона. Возникновение пароксизмальной активности через 3 секунды от начала гипervентиляции, усиление представленности и замедление тета-активности. Выраженная межполушарная асимметрия

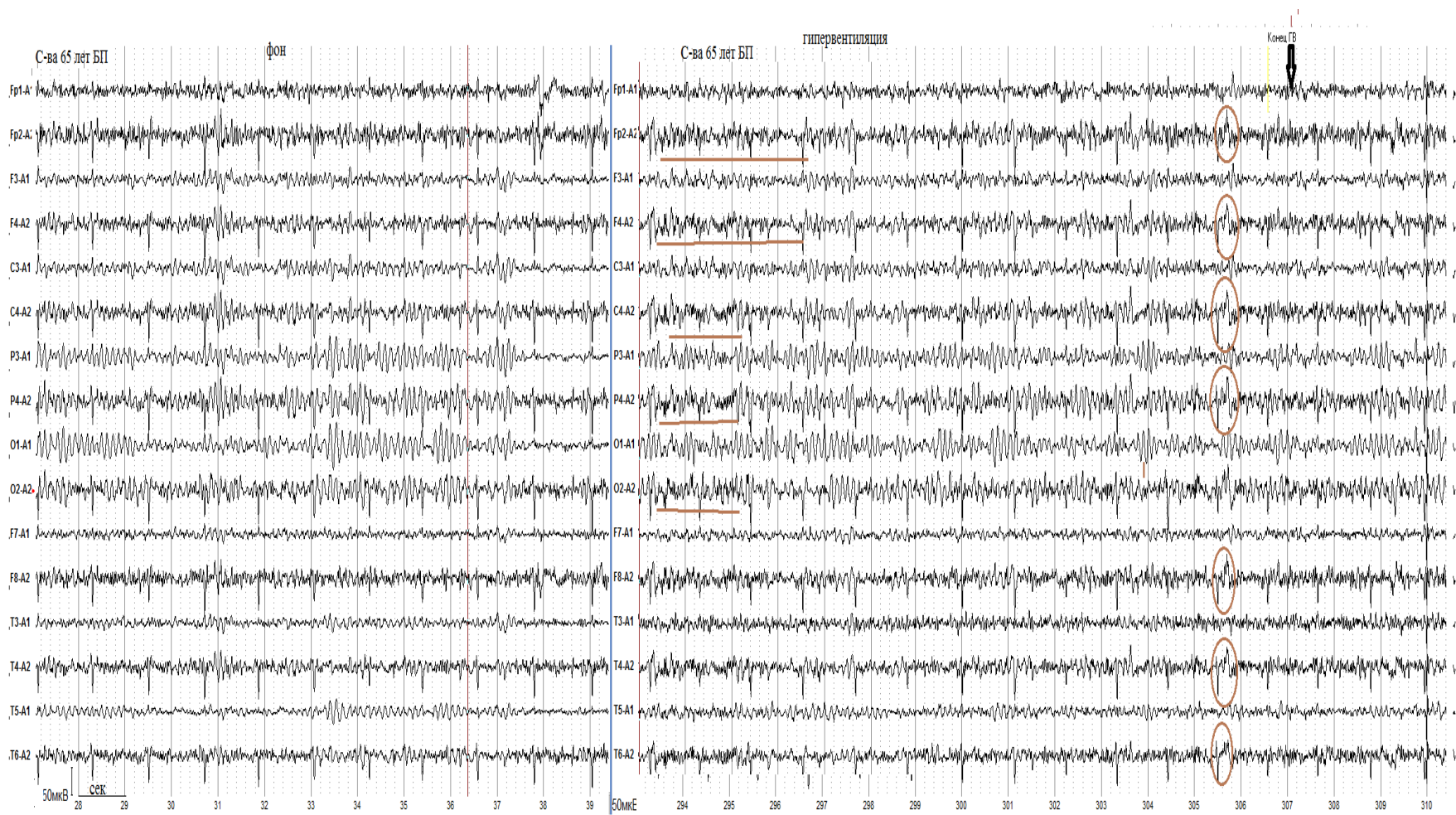


Рис. 37. Женщина 65 лет. Болезнь Паркинсона. Возникновение пароксизмальной бета- и дельта-активности на фоне гипервентиляции. Межполушарная асимметрия, наиболее выраженная по бета-активности

Контрольные вопросы:

1. Назовите обязательные функциональные пробы при ЭЭГ-исследовании.
2. Каковыми являются норма и характер патологических проявлений при реакции активации?
3. Какова норма при оценке ритмической фотостимуляции?
4. Перечислите критерии патологии при оценке ритмической фотостимуляции.
5. Сравните фотомиоклонический и фотопароксизмальный ответы.
6. Назовите характеристики нормы при проведении гипервентиляции.
7. Перечислите признаки патологии при проведении гипервентиляции.

ГЛАВА 3. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭЭГ-ИССЛЕДОВАНИЯ. СТРАТЕГИЯ ЗАПИСИ ЭЭГ: ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ

Полный цикл современного компьютерного электрофизиологического исследования включает 2 основные этапа, разделенных по времени:

1. Регистрация электрофизиологических показателей пациента (испытуемого) с записью на жестком диске (сохранением в архиве).
2. Визуальный и компьютерный анализ электроэнцефалограммы (файла), выбранной из дискового архива.

Подготовка обследуемого и проведение обследования. Алгоритм ЭЭГ исследований зависит от его цели и задач. Необходимыми условиями для проведения исследования являются следующие. Помещение для электроэнцефалографии следует выбирать в наиболее тихой части здания, подальше от проезжих улиц, вдали от устройств, являющихся источниками электрических помех. Для уменьшения уровня помех необходимо обеспечить хорошую электрическую проводку и заземление. Исследование проводится в затененной комнате, изолированной от шума.

Согласно требованиям Международной Федерации клинической электрофизиологии стандартное ЭЭГ-обследование следует проводить в утренние часы, поскольку картина ЭЭГ существенно зависит от функционального состояния человека. Она различна в состоянии деятельности, покоя и сна.

Испытуемый должен находиться в удобном положении (сидя или полулежа), с закрытыми глазами, в расслабленном состоянии. Запись ЭЭГ обычно занимает 10-20 минут и должна включать не менее 1-2 минут записи при закрытых глазах, до применения различных функциональных нагрузок и запись ЭЭГ во время стандартных процедур активации, а именно, при проведении гипервентиляции (до трех минут) и фотостимуляции в соответствии с принятыми протоколами. Запись должна включать участки с открытыми и закрытыми глазами.

Специальные процедуры, которые потенциально опасны для пациента, должны выполняться только в присутствии квалифицированного врача, при наличии соответствующего оборудования, в том числе реанимационного, при наличии информированного согласия пациента или ответственного лица.

Регистрация электроэнцефалограммы проводится в режиме реального времени при непрерывном мониторинговании (просмотр ЭЭГ без записи на диск и запись на жесткий диск или иные носители).

Этому предшествует соответствующая подготовка пациента и аппаратуры: инструктаж пациента о сущности процедуры, выбор схемы коммутации отведений на входных каналах биоусилителя, планирование программы выполнения физиологических проб, крепление электродов на голове испытуемого.

Инструктаж пациента о сущности процедуры. Следует учитывать влияние на ЭЭГ лекарственных препаратов и тонизирующих напитков, поэтому, за 2-3 дня до процедуры необходимо отменить все препараты. В день проведения исследования следует исключать прием тонизирующих напитков: кофе, крепкий чай и других. Накануне исследования пациенту

рекомендуется вымыть голову и не пользоваться дополнительными средствами для укладки волос, надевать украшения и заколки. Необходимо сообщить пациенту о безопасности процедуры для организма и её безболезненности, проинструктировать пациента о том, как он должен сидеть (или лежать): не двигаться, закрыть глаза, не напрягаться, не моргать, зубы не сжимать, все команды о проведении функциональных проб выполнять молча.

Выбор схемы коммутации отведений на входных каналах электроэнцефалографа. В условиях нестандартных исследований, требующих дополнительных точек для анализа или специальных схем, исследователь самостоятельно выбирает схему коммутации. Международная федерация обществ электроэнцефалографии при использовании компьютерных установок рекомендует проводить запись ЭЭГ в референциальном (монополярном) монтаже. Этот монтаж исходно заложен в установках программного обеспечения. В зависимости от цели исследования или состояния пациента возможно изменение схемы монтажа. В большинстве современных ЭЭГ-установках предусмотрены гнезда для создания нескольких схем монтажа, что позволяет запрограммировать несколько монтажей для их быстрого выбора.

Монтаж (*montage, run*) – фиксированный набор отведений, благодаря которому без помощи селектора записываются специально подобранные или стандартные программы отведений:

1. Биполярный монтаж (*bipolar montage*) – множественные биполярные отведения при отсутствии общего для всех отведений электрода. В большинстве случаев в цепочке электродов смежные отведения имеют один общий электрод, соединенный со вторым входом одного усилителя и с первым входом следующего усилителя.
2. Венечный биполярный монтаж (*coronal bipolar montage*) – способ расположения биполярных электродов в виде поперечных рядов. Его синоним – поперечный биполярный монтаж.

3. Замкнутый биполярный монтаж (*circumferential bipolar montage*) – способ биполярных пар электродов, когда они образуют замкнутый круг.

4. Референциальный монтаж (*referential montage*) – монтаж, состоящий из референциальных отведений. Референциальный монтаж является обязательным при проведении ЭЭГ-обследования. Использование этого монтажа при записи позволяет в последующем (при анализе ЭЭГ) провести ремонт по любой другой схеме монтажа, что заметно сокращает время записи.

Планирование программы выполнения физиологических проб. Для надлежащей регистрации ЭЭГ требует оценки влияния на нее различных стимулов. К стандартным и обязательным функциональным нагрузкам относятся реакция активации при открывании и закрывании глаз и гипервентиляция. Доктор самостоятельно должен разработать сценарий исследования в соответствии с предполагаемым диагнозом.

Основным требованием, предъявляемым к функциональным пробам, является стандартность их проведения и воспроизводимость, позволяющие сопоставлять данные, получаемые у разных обследуемых, и наблюдать за изменениями ЭЭГ одного больного в динамике.

Одной из распространенных проб является открывание и закрывание глаз. При этом возникают изменения ЭЭГ, позволяющие выявить степень контактности обследуемого, уровень его сознания и ориентировочно оценить реактивность ЭЭГ. Наряду с этим на ЭЭГ появляются характерные артефакты электроокулограммы, которые не следует путать с волнами собственно ЭЭГ.

Гипервентиляция используется для провокации судорожной активности, неэпилептических атак и психогенных (неэпилептических) судорог, или псевдосудорог). Гипервентиляция выполняется во всех случаях, кроме ситуаций, когда она не может проводиться по медицинским или иным показаниям (недавнее внутрочерепное кровоизлияние, кардиологические или легочные заболевания, вызывающие у пациента одышку покоя, серповидно-

клеточная анемия, отсутствие кооперации со стороны пациента). Недопустимым является проведение гипервентиляции при наличии в анамнезе (последние 12 месяцев) инсультов (интракраниальных или субарахноидальных) и инфаркта миокарда. Интенсивность гипервентиляции определяется как слабая, средняя и сильная и определяется в зависимости от возраста пациента и способности выполнять процедуру. При необходимости проведения гипервентиляции детям, не умеющим выполнить процедуру, возможно использование кислородных баллонов. При проведении гипервентиляции рекомендуется одновременная регистрация ЭКГ, если на фоне гипервентиляции развивается тахикардия, процедуру следует остановить.

При стандартной методике ритмической фотостимуляции пациенту предъявляются световые вспышки различной частоты. Обязательным является прерывание стимуляции не менее 10 секунд при смене частотных диапазонов световых мельканий. Выбор спектра ритмической стимуляции зависит от задачи исследования. Например, для провокации эпилептической активности при подозрении на абсансную форму эпилепсии, рекомендуется проводить стимуляцию в диапазоне 2, 3, 4 кол/сек длительностью до 10-15 секунд для каждого диапазона с перерывом между периодами стимуляции не менее 10 секунд.

Крепление электродов. Электроды представляют собой одно из важнейших звеньев, осуществляющих контакт между испытуемым и регистрирующей аппаратурой, поэтому хорошая техника наложения электродов необходима для хорошего качества записи.

Мостиковые электроды наиболее удобны в использовании и являются наиболее распространенными, так как позволяют быстро и надежно установить их на поверхности головы испытуемого, причиняя минимум неудобств и регистрировать биопотенциалы с поверхности головы, не нарушая волосяного покрова (рис. 38а).

Ушные электроды – это различного рода прищепки или клипсы с встроенными контактными металлическими дисками, обернутыми тканью или наполненные пастой.

Очень важно учитывать материал, из которого изготовлены электроды. Экспериментальные данные показали, что наилучшим решением являются хлор-серебряные или золотые электроды. Не рекомендуется одновременно использовать электроды, изготовленные из разного материала.

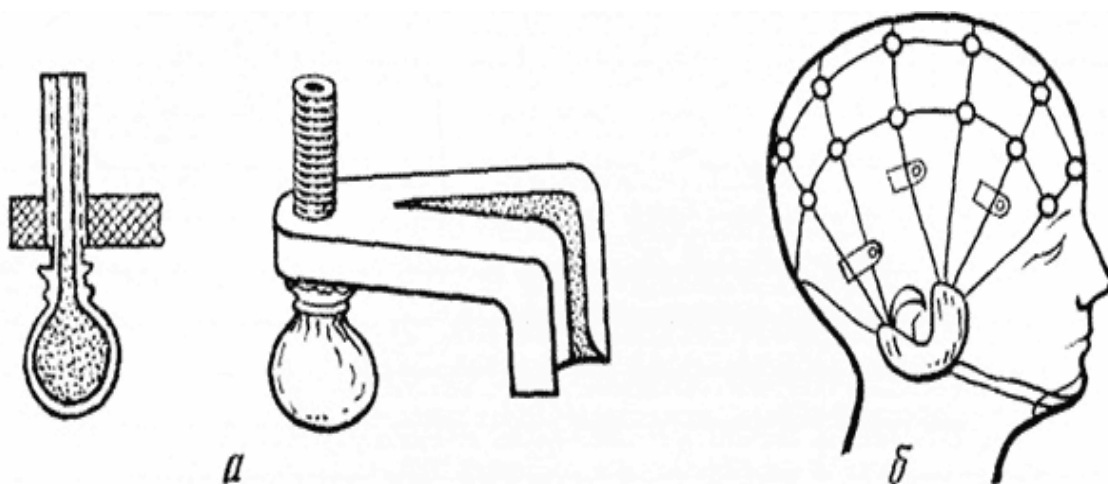


Рис. 38. Образец мостикового электрода и шлема для их крепления

Крепление электродов на голову испытуемого производится с помощью специальных шлемов-сеток. Обычно они изготавливаются из эластичных резиновых тяжей, скрепленных пластмассовыми дисками и наушными секторами и имеющих регулируемое натяжение (рис. 38б). Электроды-мостики подсовываются под эти тяжи, а шарообразный их конец устанавливается в соответствующей точке на голове. Контакт с покровами головы осуществляется через шарообразное утолщение электрода, сделанное из мелкопористой губки или ваты, покрытое полотном, смоченным в насыщенном растворе поваренной соли (рис. 38а). Перед установкой электродов волосы в месте контакта раздвигают и кожу протирают спиртом. Для удаления естественного жира и улучшения качества контакта, можно использовать специальные гели (электродные пасты). Кроме

регистрирующих электродов, требуется электрод для заземления испытуемого.

Хорошая техника наложения электродов совершенно необходима для хорошего качества записи. Основным требованием является плотный контакт с кожей головы, чтобы обеспечить низкий уровень сопротивления (импеданс) между двумя неполяризуемыми электродами. Перед началом исследования следует проверять электродный импеданс, который не должен превышать 20 кОм. Для удовлетворительной регистрации величина переходного сопротивления не должна превышать 10-15 кОм. При большом сопротивлении ухудшается качество регистрации (выше уровень шумов, появляется наводка переменного тока 50 Гц, происходит шунтирование объекта). Повышение импеданса выше 20 кОм приводит к искажению записи и появлению артефактов. В современных компьютерных энцефалографах имеются опции, позволяющие получать цифровые или цветовые отражения качества контактов электродов.

Кроме того, перед началом и после окончания регистрации необходимо проверять значения калибровки. Калибровка тестирует чувствительность ЭЭГ прибора. Чувствительность ЭЭГ прибора при рутинных исследованиях должна составлять 5-10 мкВ/мм. Стандартно используется величина 7 мкВ/мм. Излишнее снижение чувствительности приводит к тому, что низкоамплитудная активность становится неразличимой. И, наоборот, высокая чувствительность увеличивает размах «пера» с наложением трасс друг на друга или клипирует (срезает) верхушки волн (рис. 39). Цифровые системы должны выводить на экран маркер шкалы – некий «эталон» для определения амплитуды колебаний ЭЭГ.

Любой современный электроэнцефалограф представляет собой сложный электронный прибор с большими возможностями для вариации чувствительности и частотной полосы пропускания каждого канала. Правильный выбор и использование всех возможностей

электроэнцефалографической установки важен для получения высококачественных записей ЭЭГ, а также для правильной их трактовки.

Запись ЭЭГ должна содержать, фамилию, имя и возраст пациента, дату записи. Идентификация должна производиться во время записи. Невыполнение этого требования может привести к различным нежелательным последствиям медицинского и юридического характера. Бланк основных данных, прилагаемый к каждой записи, должен включать указания на время записи, время и дату последнего приступа (если таковой имел место), состояние сознания во время исследования, список всех медикаментов, которые принимает пациент, а также медицинский анамнез, имеющий значение в данном случае, фамилию и имя врача, проводившего ЭЭГ исследование.

Запись электроэнцефалограммы на жесткий диск следует проводить после предварительного ее просмотра на экране, что позволит выявить артефакты и устранить причины их возникновения. Умение отличать артефакты и устранять их причины являются необходимым условием для получения истинной картины колебаний электрических потенциалов головного мозга.

Артефакты – запись любого постороннего процесса, не являющегося непосредственным выражением электрической активности головного мозга. Артефакты накладываются на электроэнцефалограмму, и могут полностью маскировать её. Артефакты подразделяются на физические и биологические в зависимости от их происхождения.

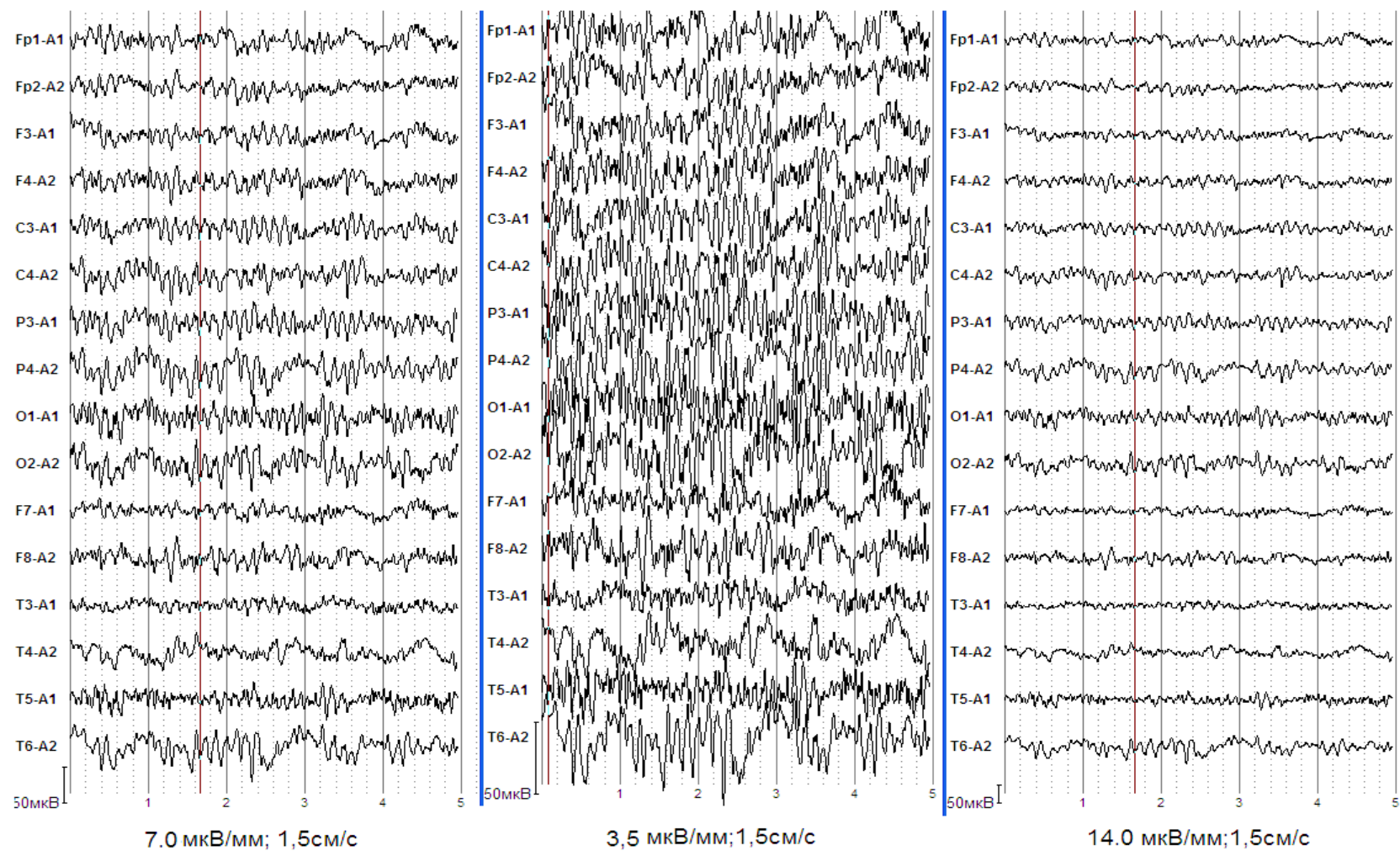


Рис. 39. ЭЭГ-записи одного временного отрезка с различным усилением

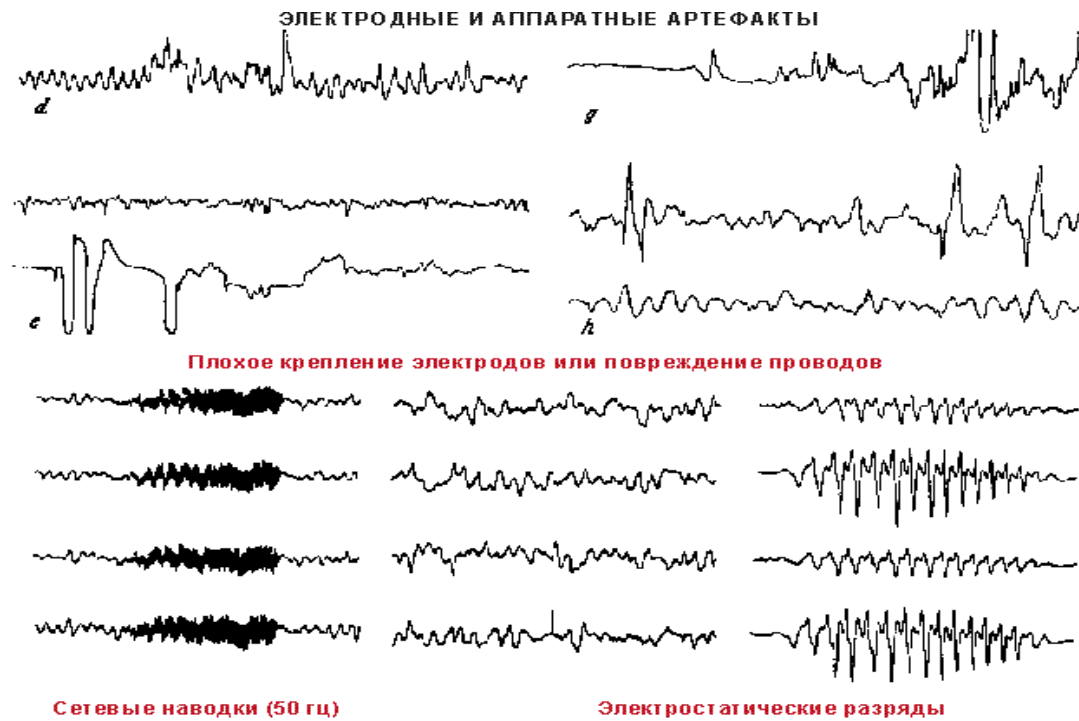
Артефакты физического происхождения чаще всего вызываются наводкой переменного тока. При записи ЭЭГ она выражается в появлении частоты 50 Гц и может полностью маскировать запись потенциалов мозга (рис. 40). Устраняются они улучшением крепления электродов, проверкой переходного сопротивления, а также, если наводка идет по всем каналам, проверкой общего заземления прибора и пациента. Причины наводки переменного тока могут быть связаны с плохим креплением электродов, обрывом проводов, соединяющих электроды с контактными гнездами в панели коммутатора, плохим общим заземлением прибора.

При поломке отводящих проводников следует заменить проводник.

При значительном сопротивлении электродов и плохом их контакте нужно смочить подушечки электродов, очистить контакты, подтянуть тяжи шлема. Технические неполадки в усилителе требуют вмешательства техника.

К артефактам биологического происхождения относятся ЭКГ-артефакт, сосудистый РЭГ-артефакт, кожно-гальванический артефакт (реакция КГР), глазодвигательный артефакт, электроокулограмма (ЭОГ), миографический артефакт – электромиограмма (ЭМГ), мышечные потенциалы, регистрируемые при сжатии челюстей, напряжении шейных мышц, движении губ, улыбке и при общем напряжении испытуемого. Наиболее частыми помехами могут быть мышечные потенциалы, которые очень трудно отличить от быстрых потенциалов, записываемых от мозга; наложение ЭКГ, которое обнаруживается по регулярному появлению на ЭЭГ острых пиков в такт сердцебиениям; наложение КГР в виде плавного смещения средней линии записи; влияние движений глаз и миганий, которые выражаются в виде появления характерных плавных или остроконечных колебаний на фоне ЭЭГ. Наиболее часто эти артефакты регистрируются в лобной, височной и затылочной областях. Глоссокинетический артефакт возникает в результате движений языком, или глотания и может иметь ритмический характер, частота в диапазоне дельта. Он может возникать также при жевательных движениях. В этом случае регистрируются

характерные медленные колебания в сочетании с высокоамплитудной ЭМГ активностью (рис. 41).



Atlas and Classification of Electroencephalography. Philadelphia: WB Saunders;2000

Рис. 40. Примеры паттернов физических артефактов

Чтобы ознакомиться с артефактами и научиться отличать их на ЭЭГ, рекомендуется их зарегистрировать. Например, при пробной записи ЭЭГ попросить испытуемого открыть, закрыть глаза, поморгать, сжать зубы, сглотнуть, покачать головой, и т.д. При этом на ЭЭГ будет видно проявление артефактов в различных отведениях. Для устранения артефактов необходимо попросить испытуемого расслабиться, не сжимать зубы, не улыбаться.

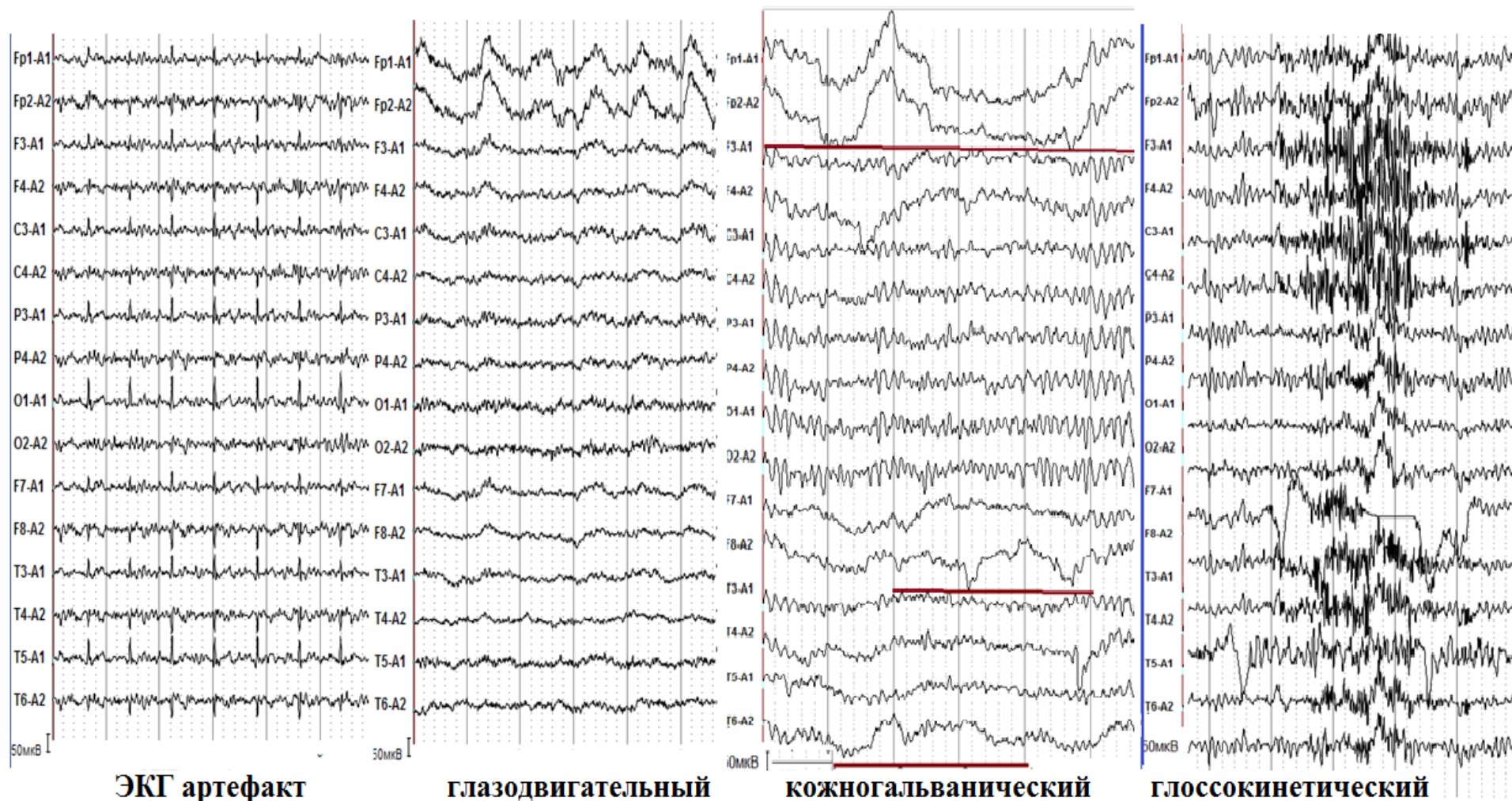


Рис. 41. Примеры биологических артефактов

Контрольные вопросы:

1. Назовите необходимые условия для проведения ЭЭГ-исследования.
2. Какие существуют артефакты физического и биологического происхождения? Перечислите способы их устранения.
3. Что такое электродное сопротивление? Какие его оптимальные значения?
4. Каковы значения чувствительности (колибровочный сигнал) для записи ЭЭГ у детей и взрослых?

ГЛАВА 4. СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ЭЭГ. КОМПОНЕНТЫ ЭЭГ. ПАТТЕРНЫ ЭЭГ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ

Электрическая активность головного мозга представляет собой нерегулярную кривую сложного строения в виде волн различной длительности и амплитуды. На первом этапе расшифровки ЭЭГ необходимо просмотреть ее всю от начала до конца, чтобы составить о ней общее впечатление (условия регистрации, наличие артефактов, реакция на нагрузки, наличие пароксизмальной активности, локальной патологической активности).

Анализ электроэнцефалограммы, выбранной из дискового архива для визуального и математического анализа ЭЭГ и формирования заключения, включает:

- Редактирование записи, связанное с удалением артефактов.
- Выделение участков, представляющих интерес для математического анализа.
- Математический анализ записей с получением на экране его результатов в числовом и графическом виде.

- Выполнение специальных преобразований (например, фильтрация), а также других вспомогательных операций необходимо проводить для идентификации определенных паттернов ЭЭГ.
- Документирование исследования, состоящее в выдаче на печать числовых и графических результатов.

Формирование медицинского заключения. При диагностической оценке ЭЭГ учитывается частотный состав ЭЭГ, её компоненты и характер организации (паттерн) биоэлектрической активности. Чтобы правильно описать и оценить электроэнцефалограмму, важно хорошо владеть специальной терминологией, принятой Международной федерацией клинической нейрофизиологии.

Волна – одиночное колебание потенциала любой амплитуды и формы (рис. 42).

Амплитуда волны – величина колебания потенциала от пика до пика, измеряется в микровольтах и милливольтах.

Период (цикл) – длительность интервала между началом и концом одиночной волны или комплекса волн. Период отдельных волн ритма ЭЭГ обратно пропорционален частоте этого ритма (рис. 42).

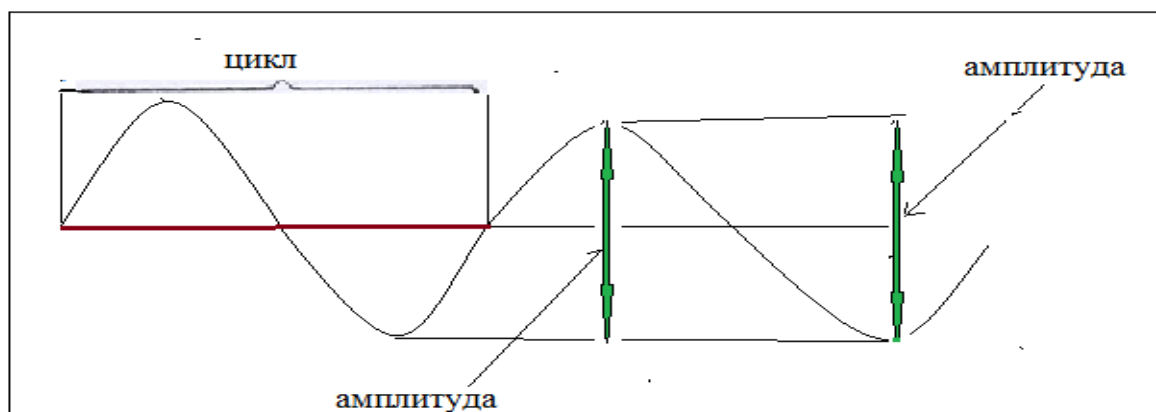


Рис. 42. Схема определения амплитуды и периода отдельной волны

Частота – число волн или комплексов волн в 1 секунду.

Полоса частот – часть спектра синусоидальных колебаний электромагнитных излучений, лежащая в определенных пределах.

Диапазон частот – участок частотного спектра изменчивости потенциалов головного мозга, ограниченный определенными частотными рамками. Современная классификация частот выделяет следующие диапазоны: дельта-диапазон – 0,5-4 кол/сек, тета-диапазон – 4,5-7 кол/сек, альфа-диапазон – 8-12 кол/сек, бета-1 диапазон – 16-20 кол/сек, бета-2 диапазон – 20-35 кол/сек, гамма-диапазон – выше 35 кол/сек.

Компонент – любая отдельная волна или комплекс волн, различаемых на электроэнцефалограмме.

Комплекс (волновой комплекс) – активность, состоящая из двух или нескольких волн характерной формы, отличных от основного фона и имеющая тенденцию сохранять свою структуру при повторении.

Ритм ЭЭГ - спонтанная электрическая активность мозга, состоящая из волн, имеющих относительно постоянный период (рис. 43).

На ЭЭГ взрослого человека выделяют альфа-ритм и бета-ритм. Сенсомоторный или сигма ритм 13-15 кол/сек.

Патологическими для взрослого бодрствующего человека являются дельта-ритм и тета-ритм.

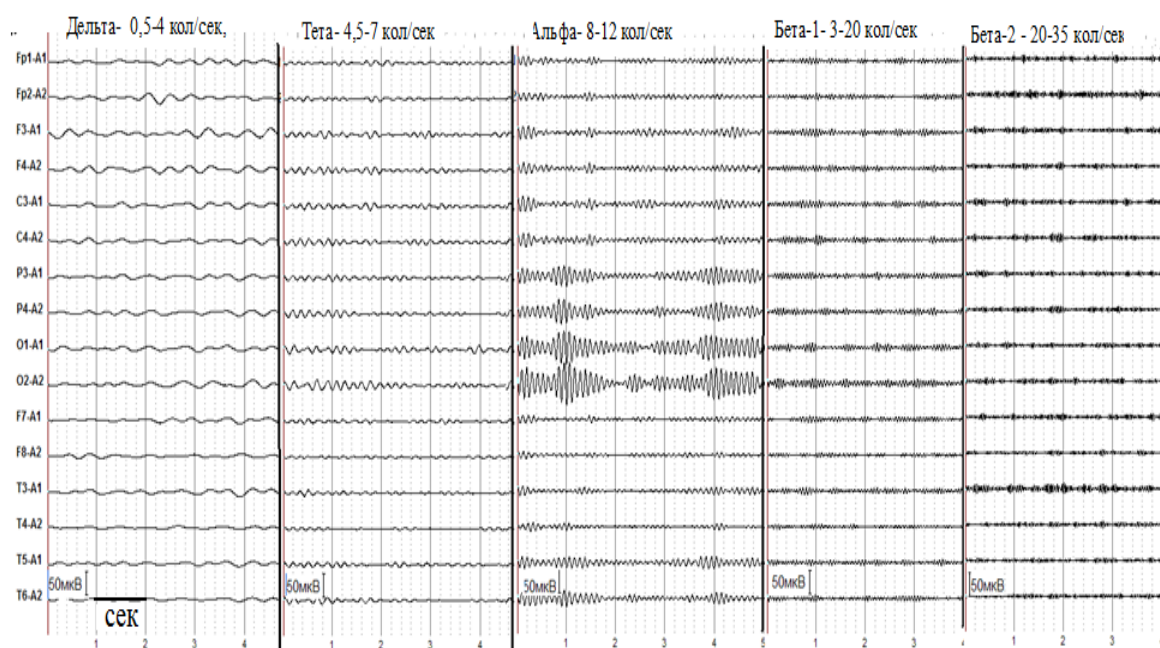


Рис. 43. Примеры ЭЭГ ритмов различных частотных диапазонов

Индекс – относительный показатель выраженности какой-либо активности ЭЭГ. Альфа (тета, дельта и т.д.) индекс – время (в %), в течение которого на каком-либо отрезке кривой выражена данная активность. Интегральный индекс, характеризующий структуру ЭЭГ в целом, отношение интенсивности быстрых (альфа + бета) и медленных (дельта- и тета-) ритмов.

Визуальный анализ электроэнцефалограммы включает описание главных, наиболее выраженных компонентов альфа, бета, тета и дельта ритмов по степени выраженности, частоте, амплитуде (очень низкая до 10 мкВ, низкая до 20 мкВ, средняя – 40-50 мкВ, высокая до 70-80 мкВ, очень высокая – выше 80 мкВ), по зональным различиям.

Кроме того, отмечается наличие локальных патологических знаков, наличие пароксизмальной активности, наличие эпилептической активности, описание отдельных типов биоэлектрических потенциалов, их характера.

Основные виды активности электроэнцефалограммы. Альфа-активность (α -активность) представляет собой синусоидальные колебания частотой 8-13 Гц и амплитудой 40-100 мкВ. Она выявляется при проведении электроэнцефалографии в состоянии пассивного бодрствования. Альфа-ритм – регулярная волновая активность с частотой 8-12 Гц. Он характеризуется наличием спонтанных изменений амплитуды (модуляции), выражающихся в чередующемся нарастании и снижении амплитуды волн с образованием так называемых «веретён» длительностью от 2 до 8 секунд. В норме альфа-ритм доминирует в затылочных отделах мозга, убывает по амплитуде от затылка ко лбу, симметричен по частоте и амплитуде, наблюдается наличие функциональной асимметрии с незначительным превышением амплитуды больше в доминирующем полушарии, что является следствием функциональной асимметрии мозга. Индекс альфа-активности в затылочно-теменных отделах коры составляет 75-95% (рис. 44).

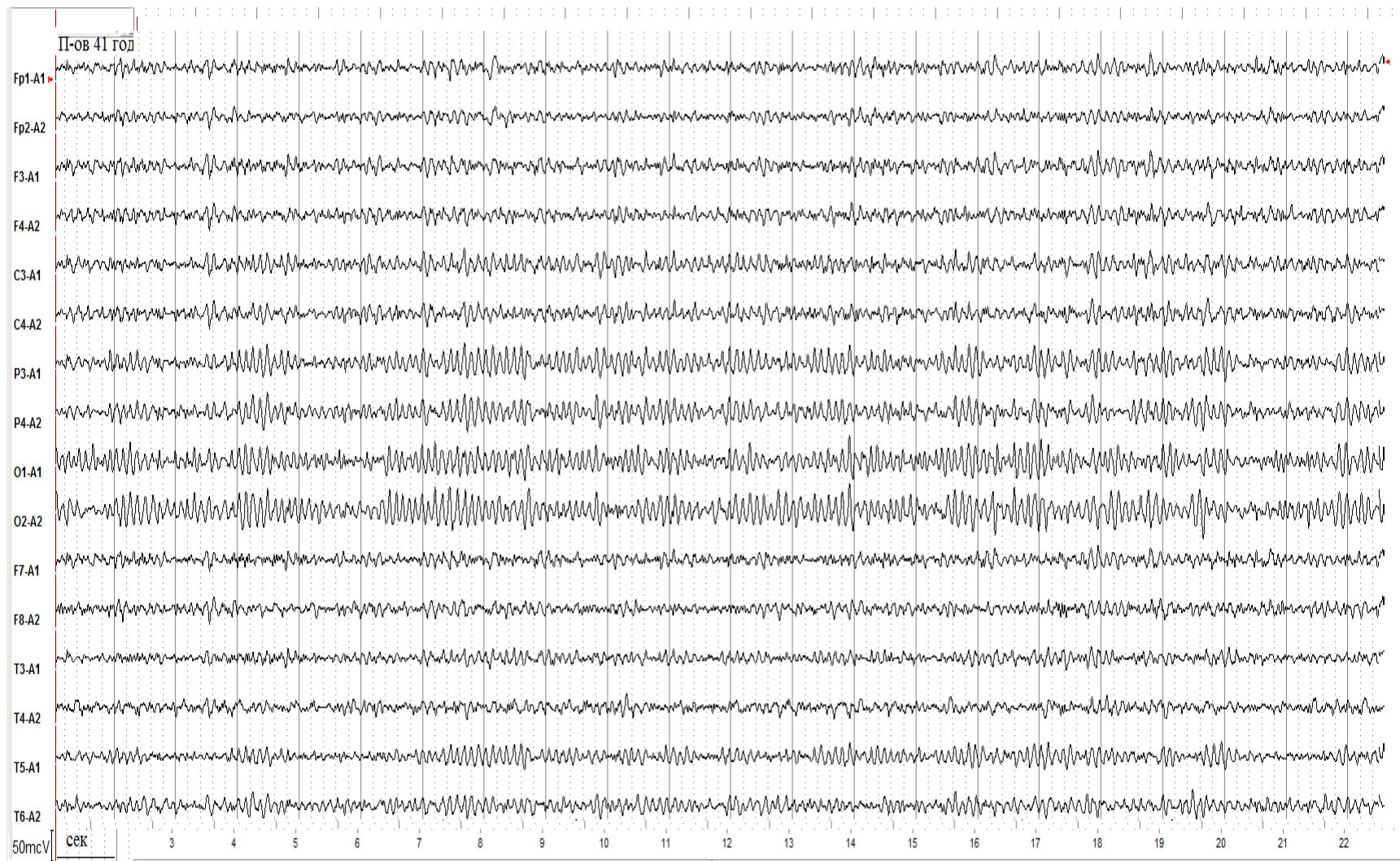


Рис. 44. Мужчина 41 год. На ЭЭГ регистрируется моделированный альфа-ритм, доминирующий в затылочно-теменных отведениях.
Амплитуда 50-70 мкВ, индекс – 72-24%

Критерии патологии при оценке альфа-ритма. Нарушения функционального или морфологического характера сказываются в первую очередь на параметрах альфа-ритма:

- 1) Постоянное наличие альфа-ритма (индекс более 50%) в лобных отделах мозга при биполярной регистрации с электродов, наложенных с малыми межэлектродными расстояниями (рис. 45).
- 2) Амплитудная межполушарная асимметрия более 30%; (рис. 46, 47).
- 3) Частотная асимметрия более 1 кол/сек; (рис. 48).
- 4) Нарушение образа: нарушение синусоидальности волн, отсутствие модуляции, появление пароксизмального ритма (рис. 46, 49, 50). Наличие аркообразного альфа-ритма (рис. 49, 50).
- 5) Изменения количественных параметров, отсутствие стабильности по частоте, снижение амплитуды ниже 20 мкВ или повышение выше 90 мкВ, снижение индекса альфа-ритма ниже 50% вплоть до полного его отсутствия (рис. 50).

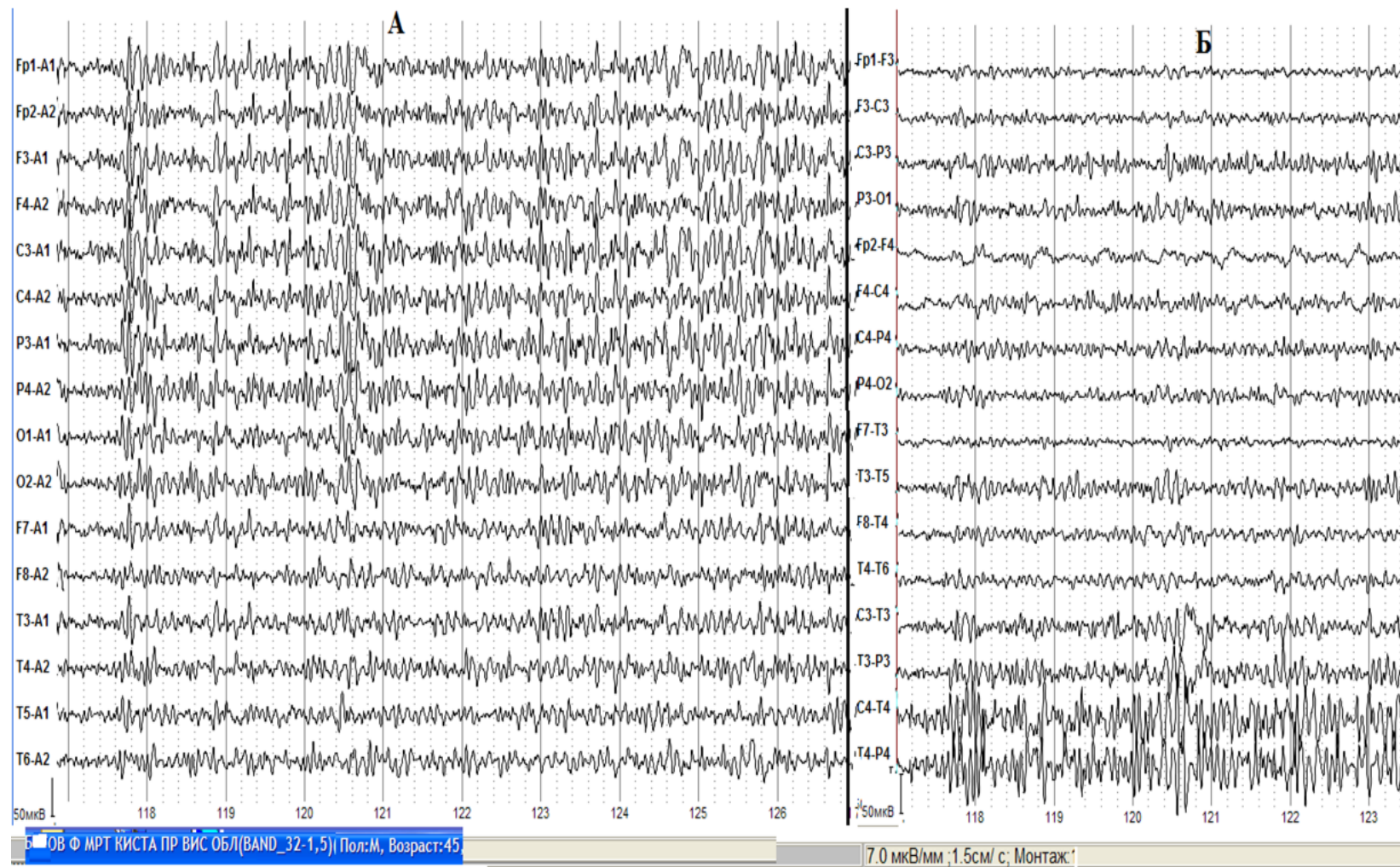


Рис. 45. Мужчина 45 лет. Киста правой височной области. На ЭЭГ отмечается постоянное наличие альфа-ритма (индекс более 50%) в лобных отделах мозга, отсутствие модуляции, появление пароксизмального альфа-ритма, нарушение синусоидальности волн (А – монополярный монтаж, Б – продольный биполярный монтаж)

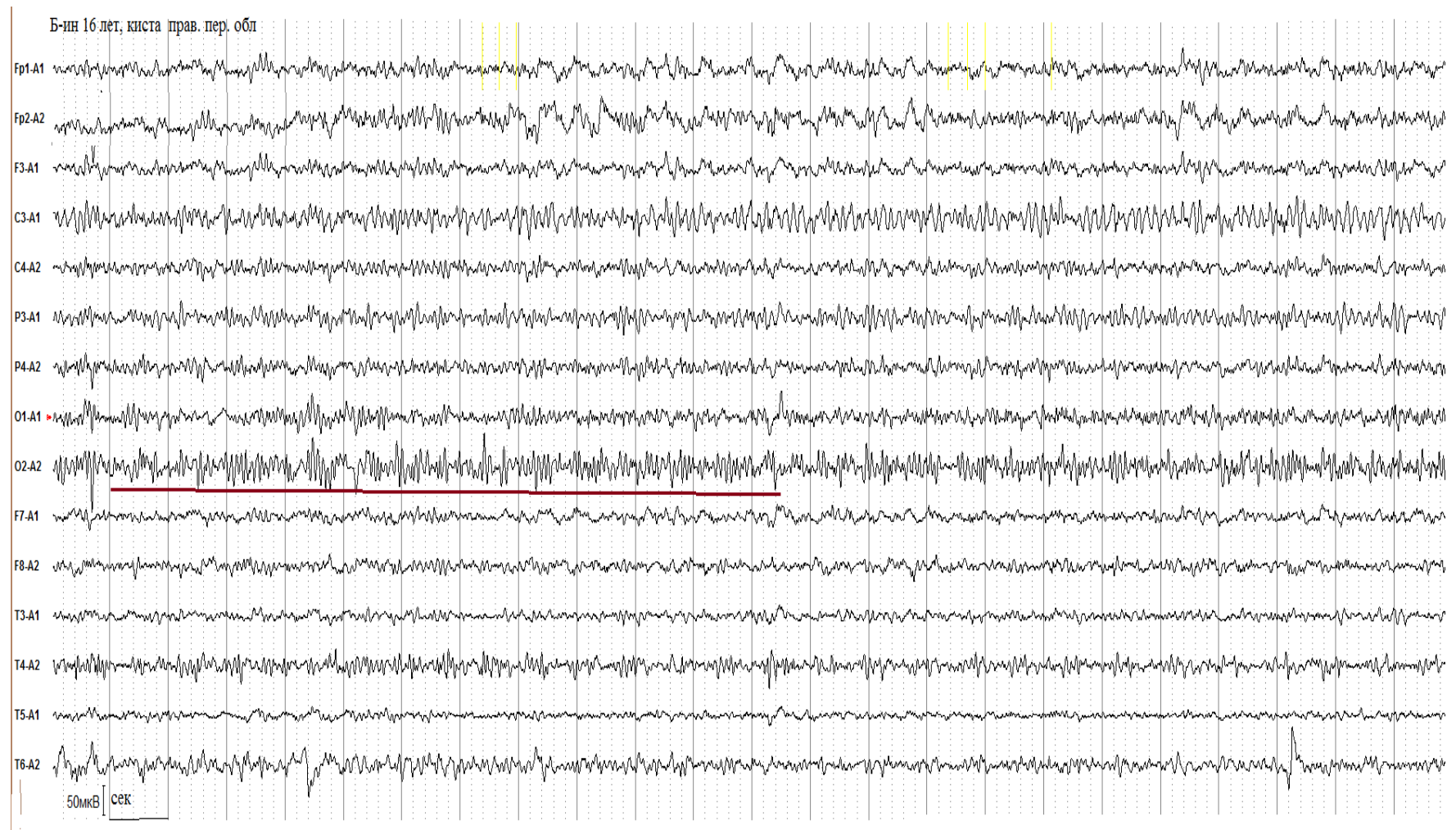


Рис. 46. Мужчина 16 лет. Киста правой передней области. На ЭЭГ отмечается амплитудная межполушарная асимметрия альфа-ритма более 30%, отсутствие модуляции, появление пароксизмальных альфа-волн

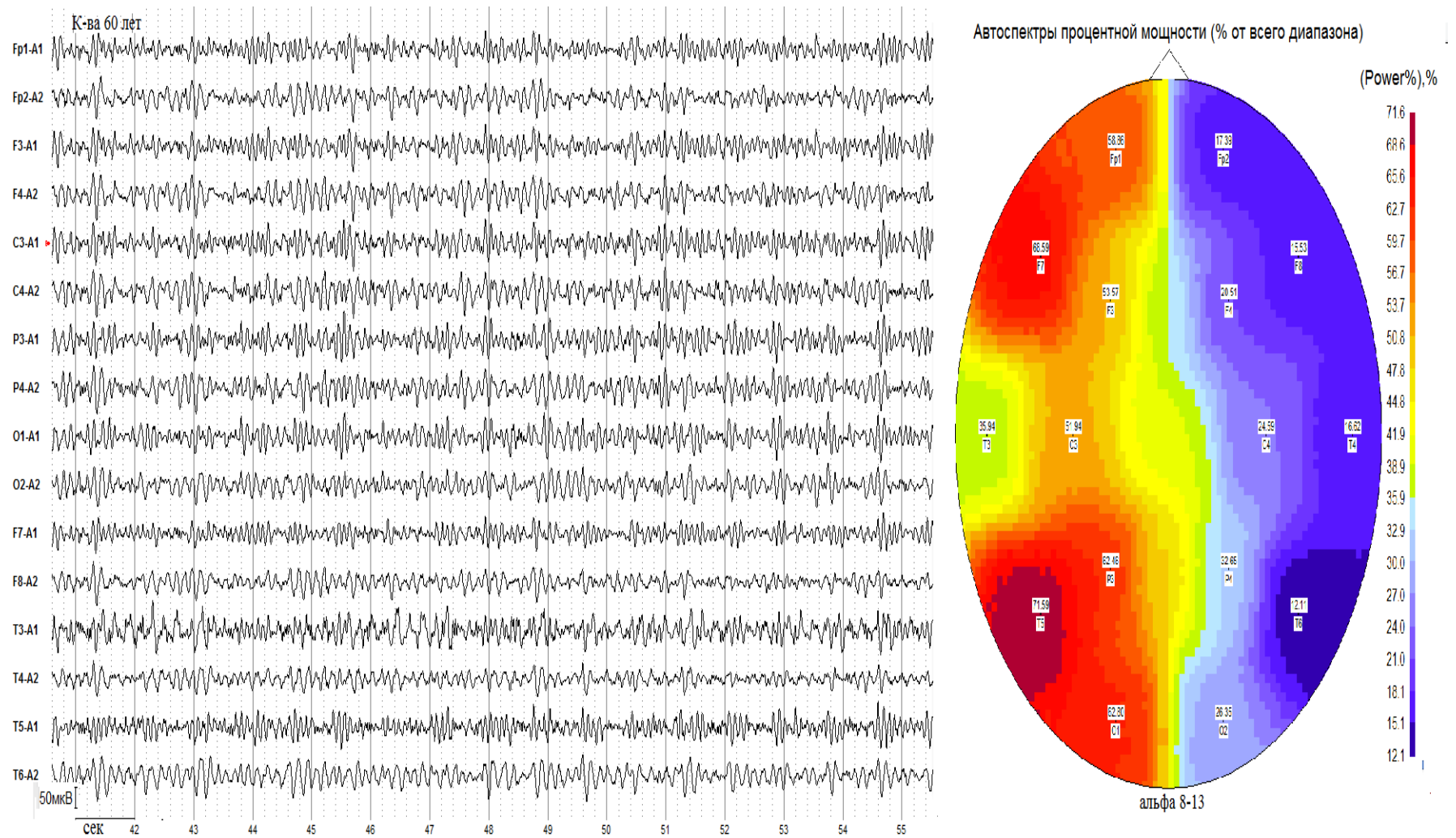


Рис. 47. Женщина 60 лет. Панические атаки, резкая смена настроения. На ЭЭГ отмечается амплитудная межполушарная асимметрия альфа-ритма более 30%, снижение зональных различий, нарушение синусоидальности, наличие пароксизмальных альфа-волн

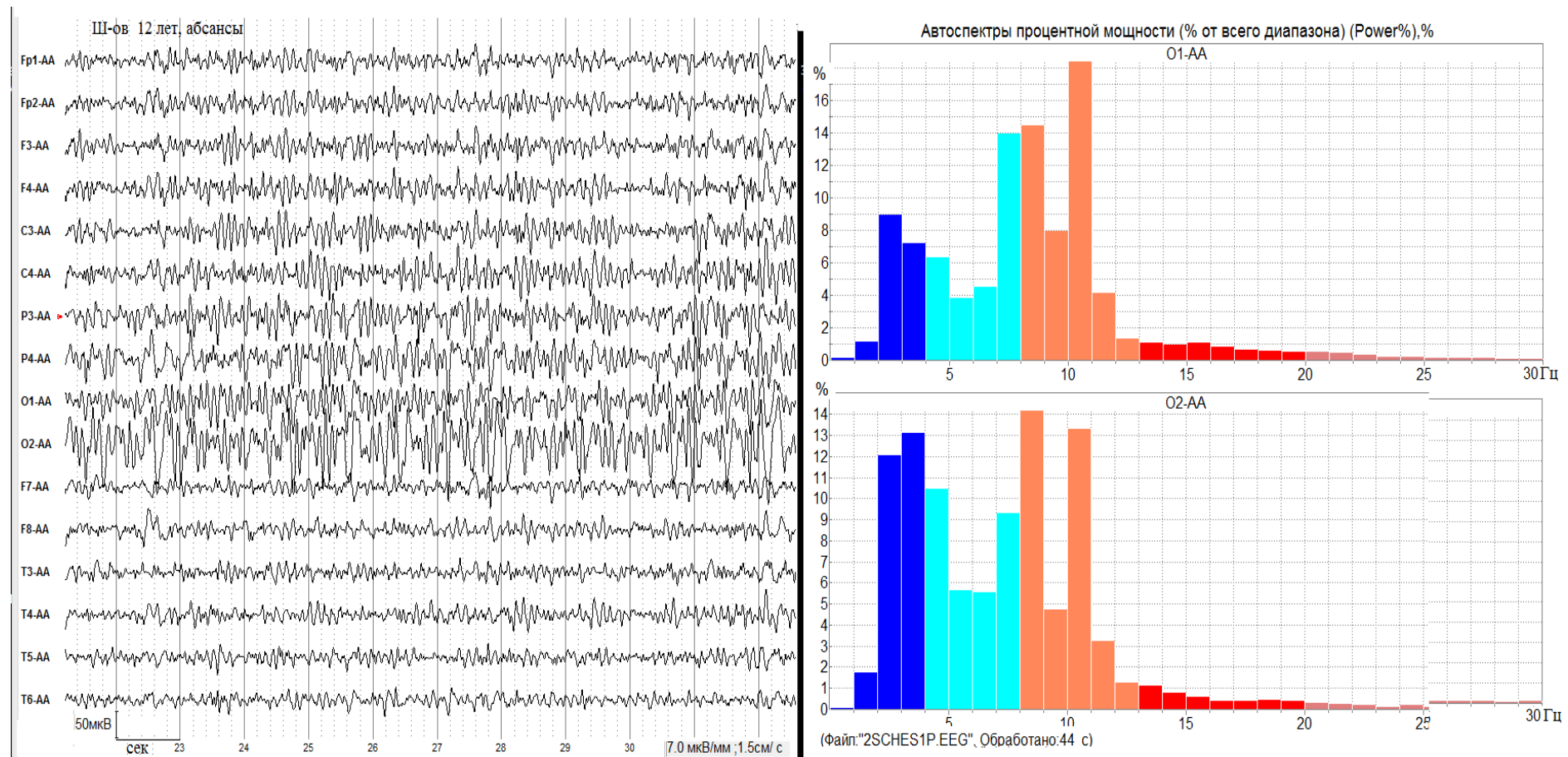


Рис. 48. Мужчина 12 лет. Абсансы. На ЭЭГ отмечается отсутствие стабильности по частоте, частотная асимметрия альфа-ритма более 1 кол/сек, отсутствие модуляции, нарушение синусоидальности волн, повышение амплитуды свыше 90 мкВ

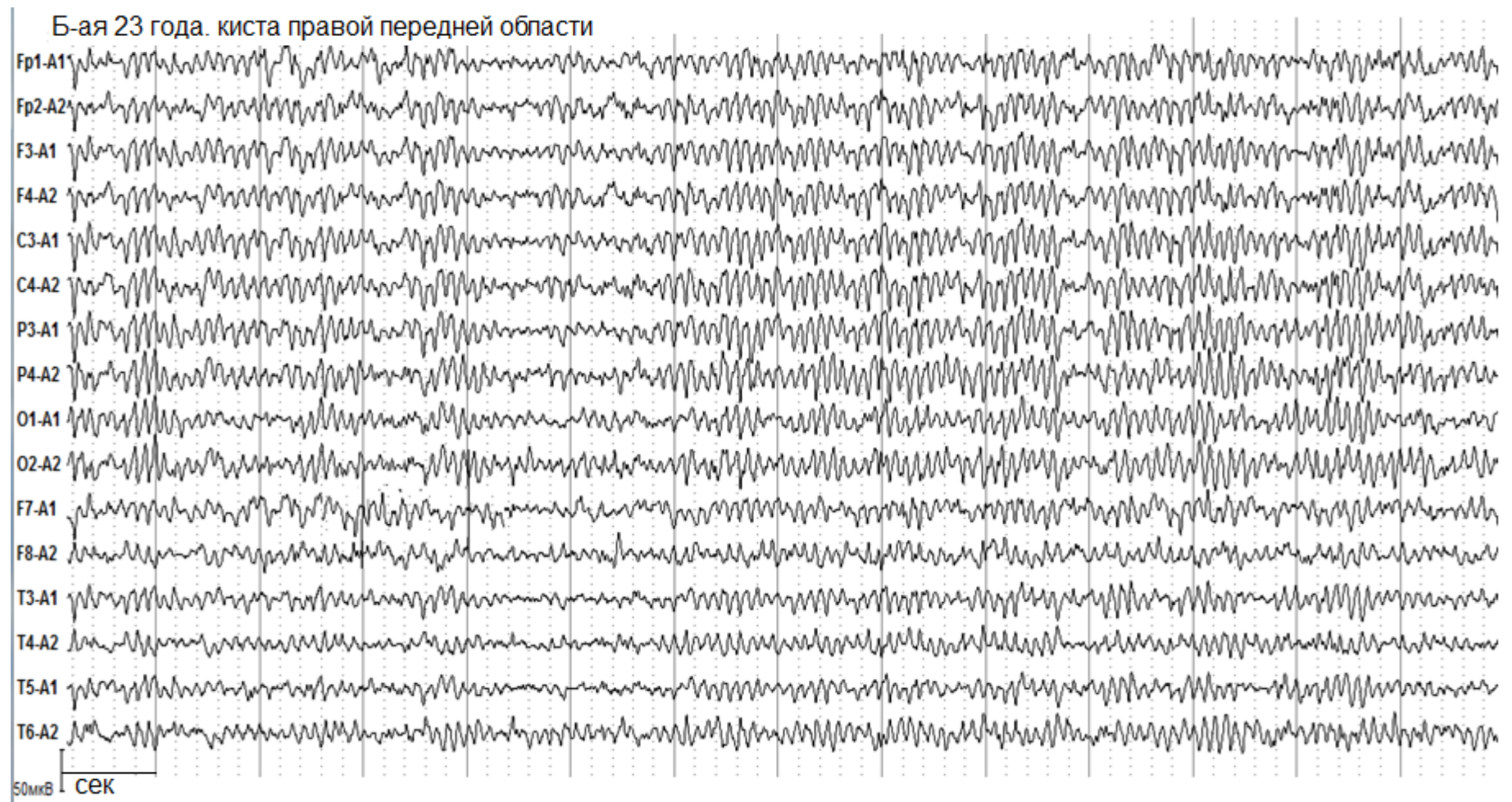


Рис. 49. Женщина 23 года. Киста правой передней области, На ЭЭГ отмечается постоянное наличие альфа-ритма в лобно-центрально-теменных отделах мозга, отсутствие модуляции, появление аркообразного альфа-ритма

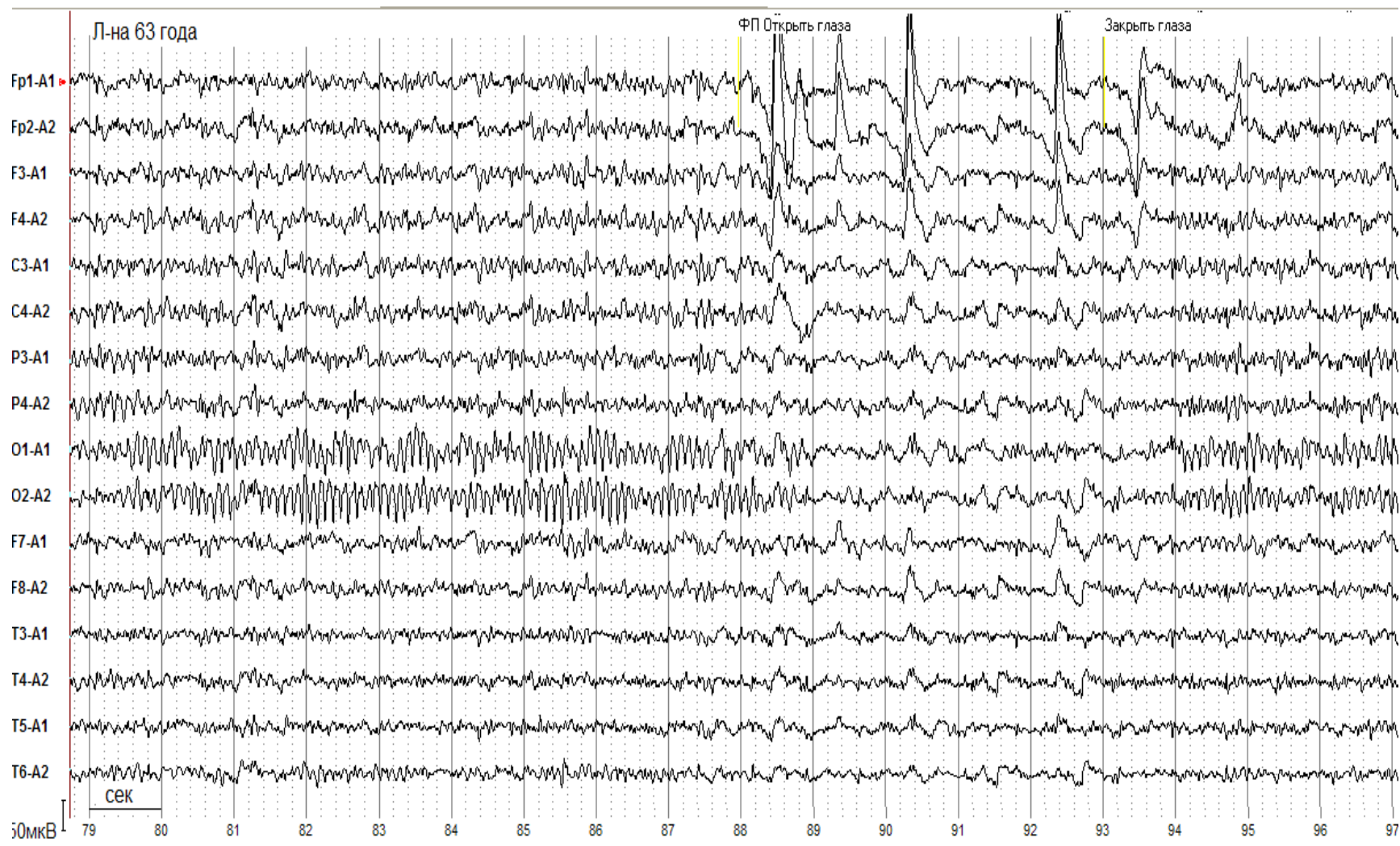


Рис. 50. Женщина 63 года. Жалобы на сильные головные боли и подъем АД. На ЭЭГ отмечается наличие аркообразного альфа-ритма в затылочных отделах мозга и отсутствие модуляции. На УЗДГ выявлено нарушение кровообращения в бассейне среднелозговой артерии слева

Мю-активность. По частоте и амплитуде мю-активность соответствует альфа-активности, но имеет характерную аркоподобную форму, с большой разницей в полупериодах. Мю-ритм (м-ритм, роландический ритм, сенсомоторный ритм, аркообразный ритм, гребенчатый ритм, дугообразный ритм) – ритм ЭЭГ в полосе частот 7-11 Гц. Он представляет собой аркообразные волны, регистрируемые в состоянии бодрствования в центральных и центрально-височных отделах мозга. Наблюдается у 5-15 % людей. Мю-ритм связан с проприоцептивной чувствительностью. Он блокируется или уменьшается при движениях контрлатеральных конечностей, при мысленных движениях и при тактильных раздражениях. Мю-ритм активируется во время психической нагрузки и психического напряжения. Выполнение любых движений независимо от их структуры, всегда сопровождается блокированием мю-ритма. Этот ритм также блокируется мысленным представлением движения, состоянием готовности к движению или тактильной стимуляцией. Важнейшая особенность мю-ритма состоит в том, что он изменяется только под влиянием проприоцептивных раздражителей и не реагирует или мало реагирует на воздействие других сигналов (световых, звуковых). Он выражен у слепых, компенсирующих потерю зрения развитием тактильного и двигательного исследования среды, и встречается в три раза чаще по сравнению со зрячими пациентами. Мю-ритм выражен у спортсменов в пять раз чаще, чем у лиц, не занимающихся спортом. У детей, страдающих аутизмом, не наблюдается депрессии мю-ритма. До настоящего времени роландический ритм не имеет четкого диагностического значения, однако, наличие аркообразного ритма в центрально-височных отделах может свидетельствовать о нарушении мозгового кровообращения в бассейне средне-мозговой артерии (рис. 51).

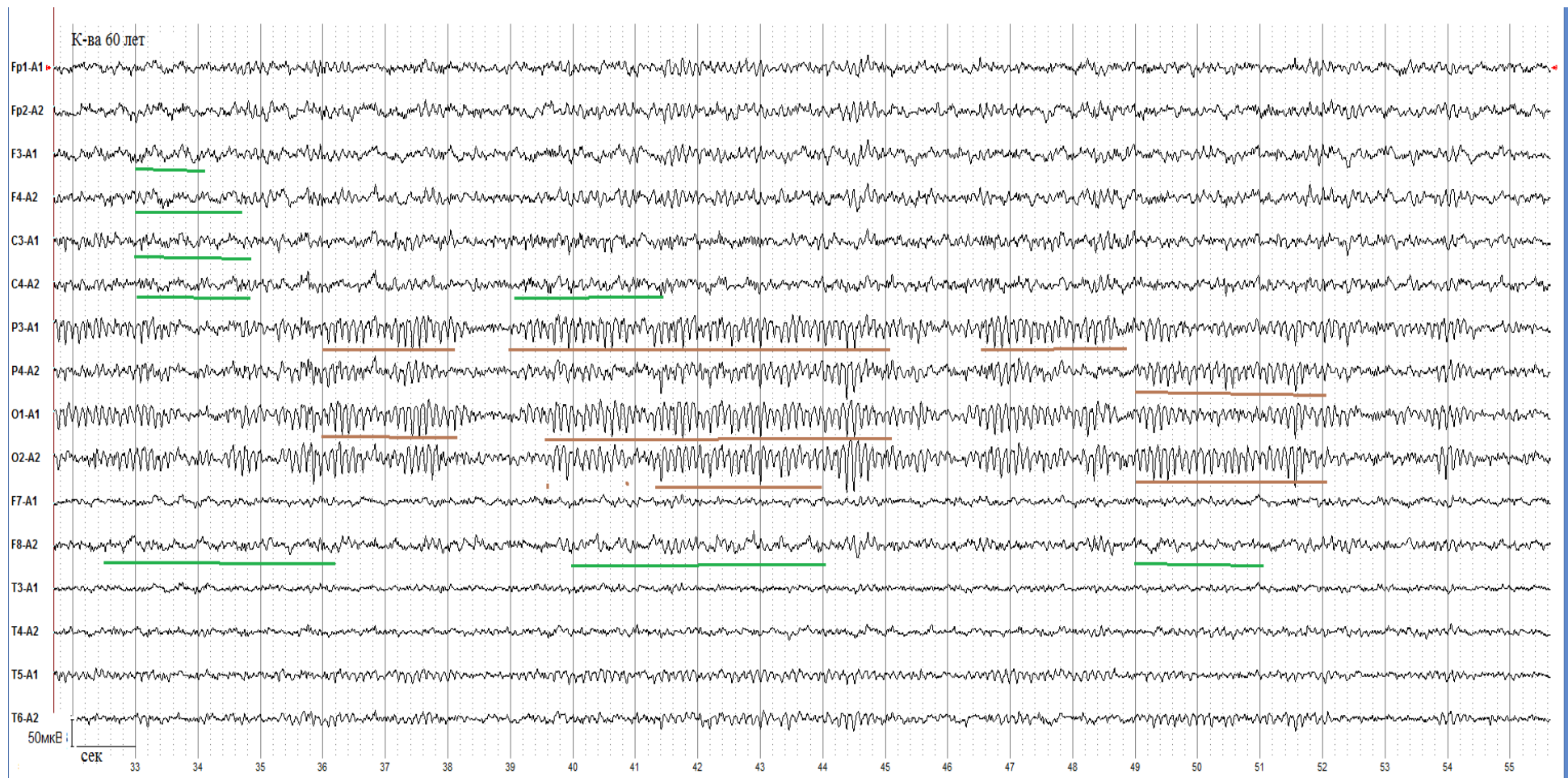


Рис. 51. Женщина 60 лет. На ЭЭГ отмечается наличие аркообразного альфа-ритма (мю-ритма) в теменно-затылочных отделах мозга и локальной дельта-активности в височно-центральных отделах правого полушария. На УЗДГ выявлено нарушение кровообращения в бассейне средне мозговой артерии справа

Бета-активность. Бета – активность представляет собой колебания частотой 14-40 Гц и амплитудой до 15-20 мкВ. Она выявляется преимущественно в передних отделах головного мозга во время активного бодрствования. В структуре бета-активности выделяют низкочастотную (бета-1 активность, с частотой от 13 до 22-24 Гц) и высокочастотную (бета-2 активность, с частотой более 22-24 Гц). Наиболее сильно этот ритм выражен в лобных областях, но при различных видах интенсивной деятельности он резко усиливается и распространяется на другие области мозга. Так, выраженность бета-ритма возрастает при предъявлении нового неожиданного стимула, в ситуации внимания, при умственном напряжении, эмоциональном возбуждении. Бета-волны по форме близки к треугольным волнам, вследствие заостренности их вершин. Их амплитуда в 4-5 раз меньше, чем амплитуда альфа-волн. Некоторые авторы в структуре бета-активности выделяют гамма-активность, или высокочастотную бета-активность с частотой 40-70 Гц и амплитудой до 5-7 мкВ.

Изменения в полосе бета-активности свидетельствуют о наличии патологического процесса.

Наличие высокочастотных ритмов (бета-1, бета-2, гамма-ритма) также является критерием патологии, выраженной тем больше, чем больше частота сдвинута в сторону высоких частот и чем больше увеличена амплитуда высокочастотного ритма. Усиление колебаний этих форм волн также является свидетельством проявления ирритативных нарушений в коре головного мозга и изменений деятельности гипоталамо-диэнцефальных образований. В исследованиях на студентах было отмечено повышение представленности бета-волн при интернет-зависимости, которые можно связать с беспокойством и возбуждением студентов. Предполагается, что отмеченное в исследованиях повышение спектральной мощности в полосе бета-волн можно связать с усилением активности дофаминергической системы.

Критериями патологии являются:

- ❖ Доминирование низкочастотного бета-ритма по всей конвекситальной поверхности мозга (рис. 52, 55).
- ❖ Пароксизмальные разряды бета-активности (рис. 52, 53).
- ❖ Очаговая локализация бета-ритма, особенно с повышением его амплитуды (рис. 54).
- ❖ Грубая межполушарная асимметрия по амплитуде (более 50%) (рис. 53, 55).
- ❖ Приобретение бета-ритмом альфа-подобного ритмичного синусоидального образа (рис. 52).
- ❖ Увеличение амплитуды бета-ритма свыше 7 мкВ (рис. 52, 53).

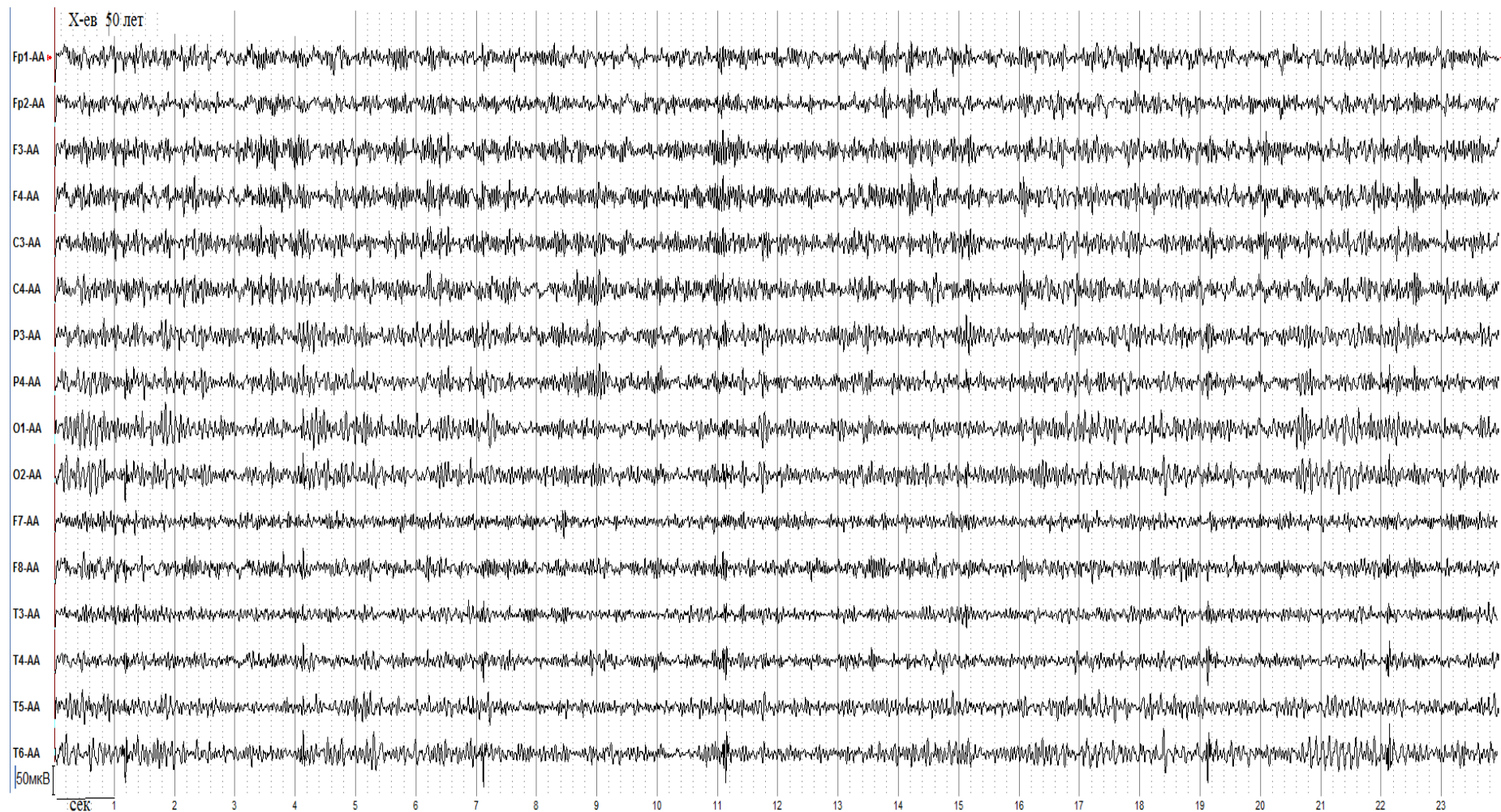


Рис. 52. Мужчина 50 лет. Повышенный уровень тревожности. На ЭЭГ по всей конвексительной поверхности отмечается доминирование низкочастотного бета-ритма, пароксизмальные разряды высокочастотного бета-ритма

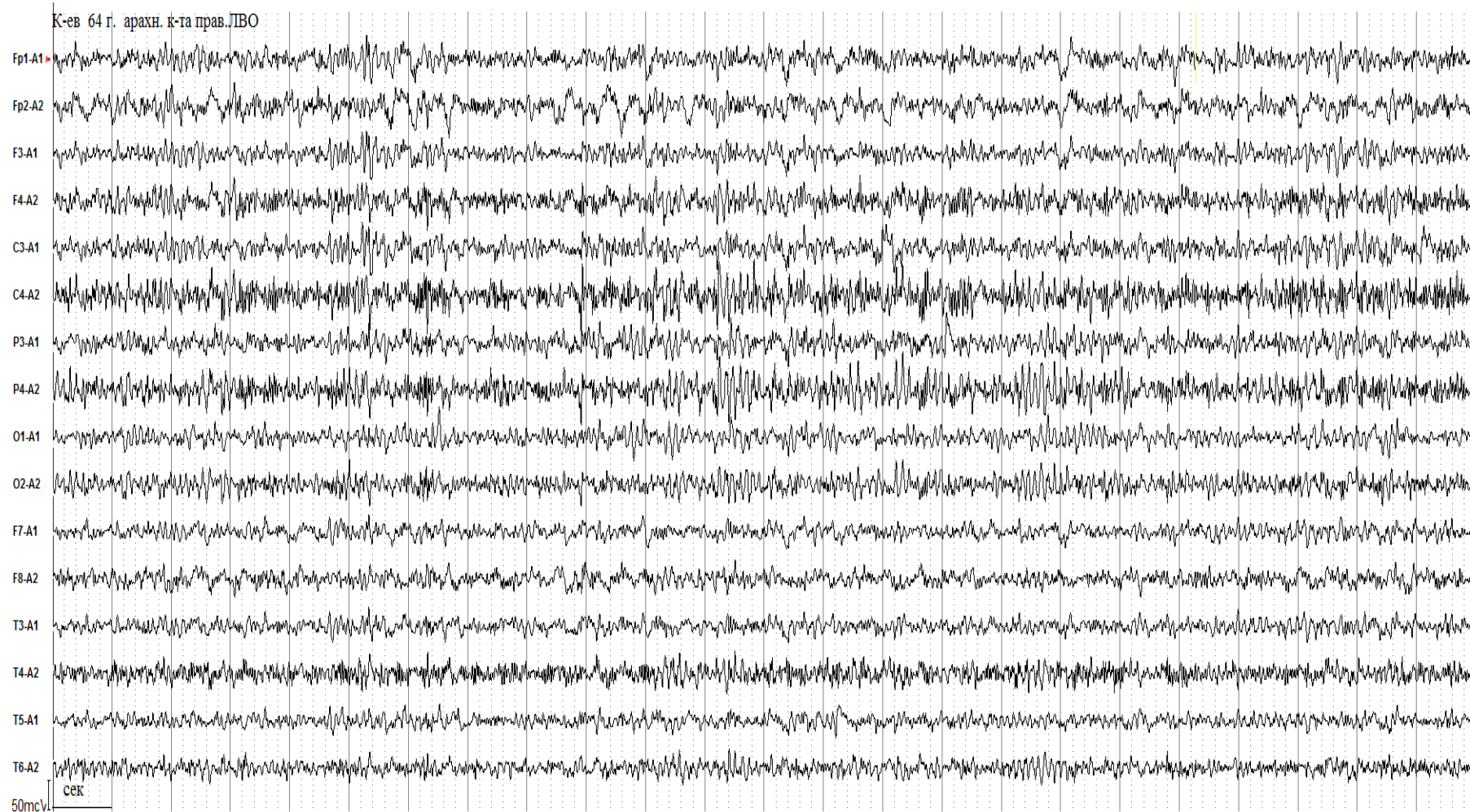


Рис. 53. Мужчина 64 года. Арахноидальная киста правой лобно-височной области. На ЭЭГ на фоне общей дезорганизации отмечается выраженная межполушарная асимметрия бета-активности с преобладанием в правом полушарии

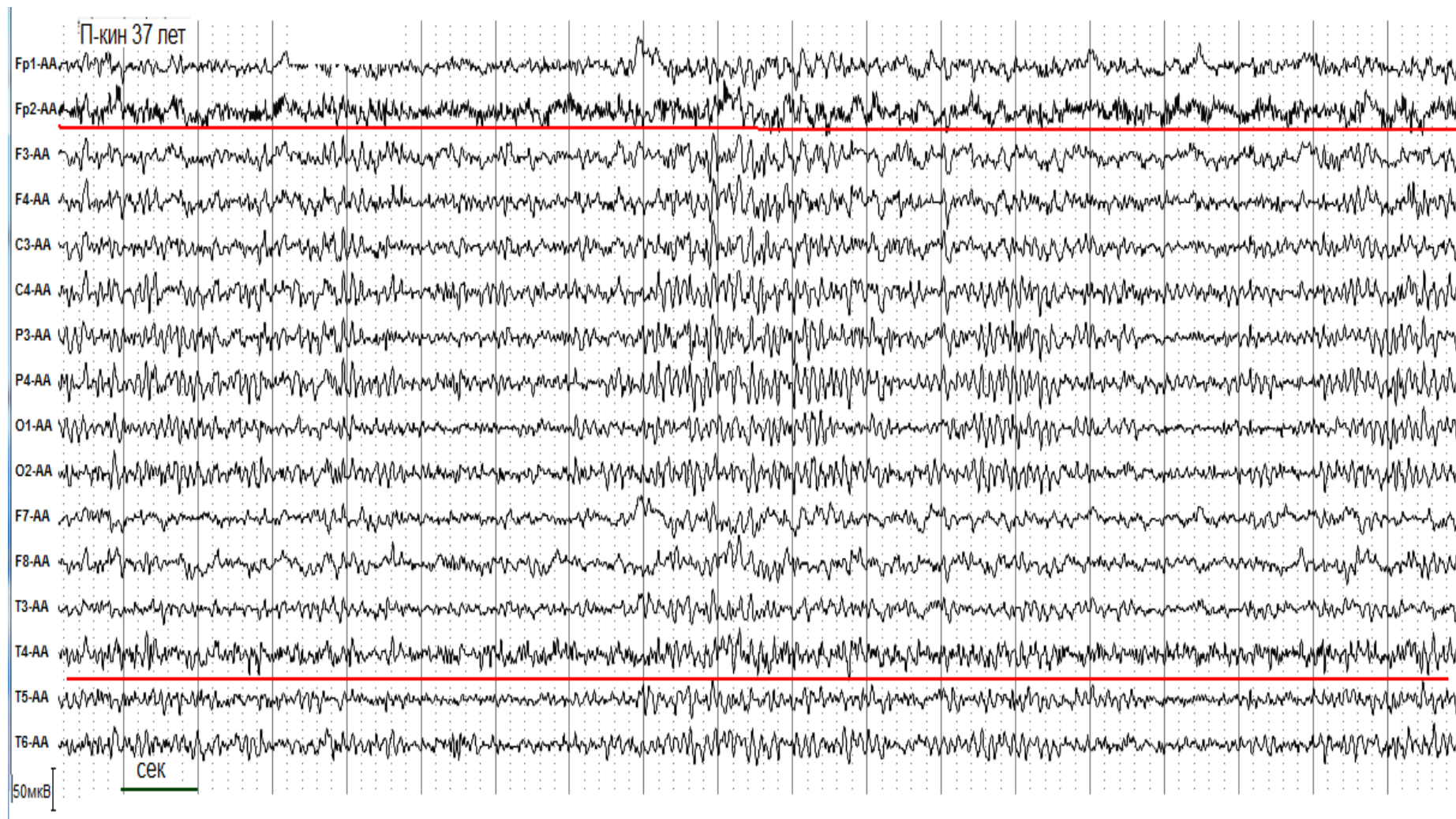


Рис. 54. Мужчина 37 лет. В анамнезе одиночный судорожный тонико-клонический приступ. На ЭЭГ отмечается очаговая локализация бетаритма в правой лобно-височной области (Fp2, T4), наличие пароксизмального альфа-ритма и отсутствие модуляции. По данным МРТ выявлена опухоль головного мозга

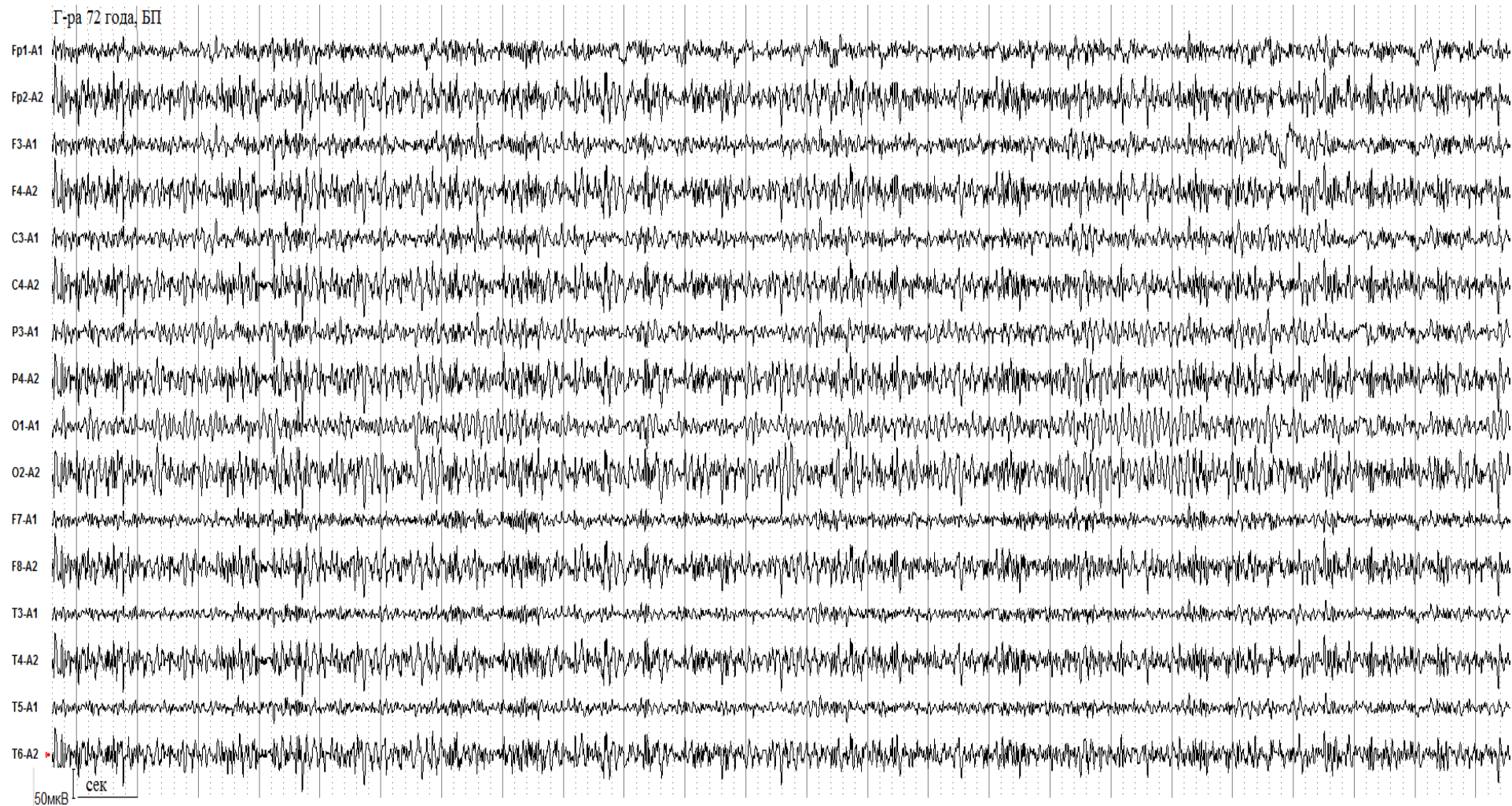


Рис. 55. Женщина 72 года. Болезнь Паркинсона. На ЭЭГ по всей конвекситальной поверхности отмечается выраженная по амплитуде межполушарная асимметрия бета-активности с преобладанием в правом полушарии и пароксизмальные разряды высокочастотного бета-ритма

Тета-активность. Тета-активность – это медленноволновая активность частотой 4-7 Гц различной амплитуды. Международной федерацией обществ электроэнцефалологии и клинической нейрофизиологии к тета-ритму рекомендуется относить колебания с частотой от 4 до 8 Гц. Период этих колебаний составляет 150-250 мс. Во время бодрствования волны тета-ритма представлены на ЭЭГ человека в виде отдельных колебаний или небольших групп волн с амплитудой 20-60 мкВ. Тета-активность на ЭЭГ взрослого здорового человека в бодрствующем состоянии составляет очень небольшой процент, усиливается при эмоциональном возбуждении и во время дремоты. В ряде случаев амплитуда отдельных волн достигает 100 и более мкВ. Низкоамплитудный тета-ритм (25-35 мкВ) рассматривается как нормальный компонент ЭЭГ человека. В норме тета-ритм регистрируется у детей раннего возраста, у детей старшего возраста и взрослых во время сонливости. В небольшом количестве и при амплитуде ниже амплитуды альфа-ритма тета-активность встречается на ЭЭГ бодрствующих взрослых людей при решении когнитивных заданий (тестов) на обучение и память. Появление тета-активности на ЭЭГ в другие промежутки времени свидетельствует о снижении уровня функциональной активности коры и всего мозга в целом. Наличие тета-активности с амплитудой выше 40 мкВ и более 15% от всего диапазона частот свидетельствует о наличии патологических изменений, обусловленных фокальными повреждениями подкорковых структур, метаболическими изменениями (метаболические энцефалопатии), глубокими повреждениями по средней линии, в некоторых случаях при гидроцефалии. Тета-ритм рассматривается, как отражение тормозных состояний ЦНС, а генерализованная ритмическая тета-активность – как свидетельство полного нарушения функций коры и её взаимосвязей с лимбическими системами мозга. Тета-ритм рассматривается, как маркер избыточной эмоционально-вегетативной активации у больных невротическими расстройствами, обусловленными недостаточностью таламокортикальных синхронизирующих систем, избыточным активирующим влиянием

ретикулярной формации на кору, реализующимся по экстра таламическим ретикулокортикальным и септогиппокампальным путям активации. Генерация корковой тета-активности у людей проецируется через таламокортикальные проекции и находится под влиянием ГАМК-ергических, холинергических, тормозных и возбуждающих входов от ретикулярной активирующей системы. Синхронные билатеральные разряды групп тета-волн в передних отделах головного мозга указывают на дисфункцию диэнцефальных структур (рис. 56).

В последнее время появились сообщения об увеличении мощности тета-активности у пациентов с высоким риском болезни Альцгеймера и у пациентов в состоянии острого психоза. Достоверно повышенные по сравнению с возрастной нормой значения спектральной мощности тета-2 диапазона (частота около 6,5 кол/сек) были выявлены в центрально-теменных отведениях у большинства больных с разными формами нервно-психической патологии, при раннем детском аутизме, у детей с синдромами гиперактивности с дефицитом внимания, а также у пожилых больных с деменциями альцгеймеровского типа и преобладанием лобных расстройств в клинической картине.

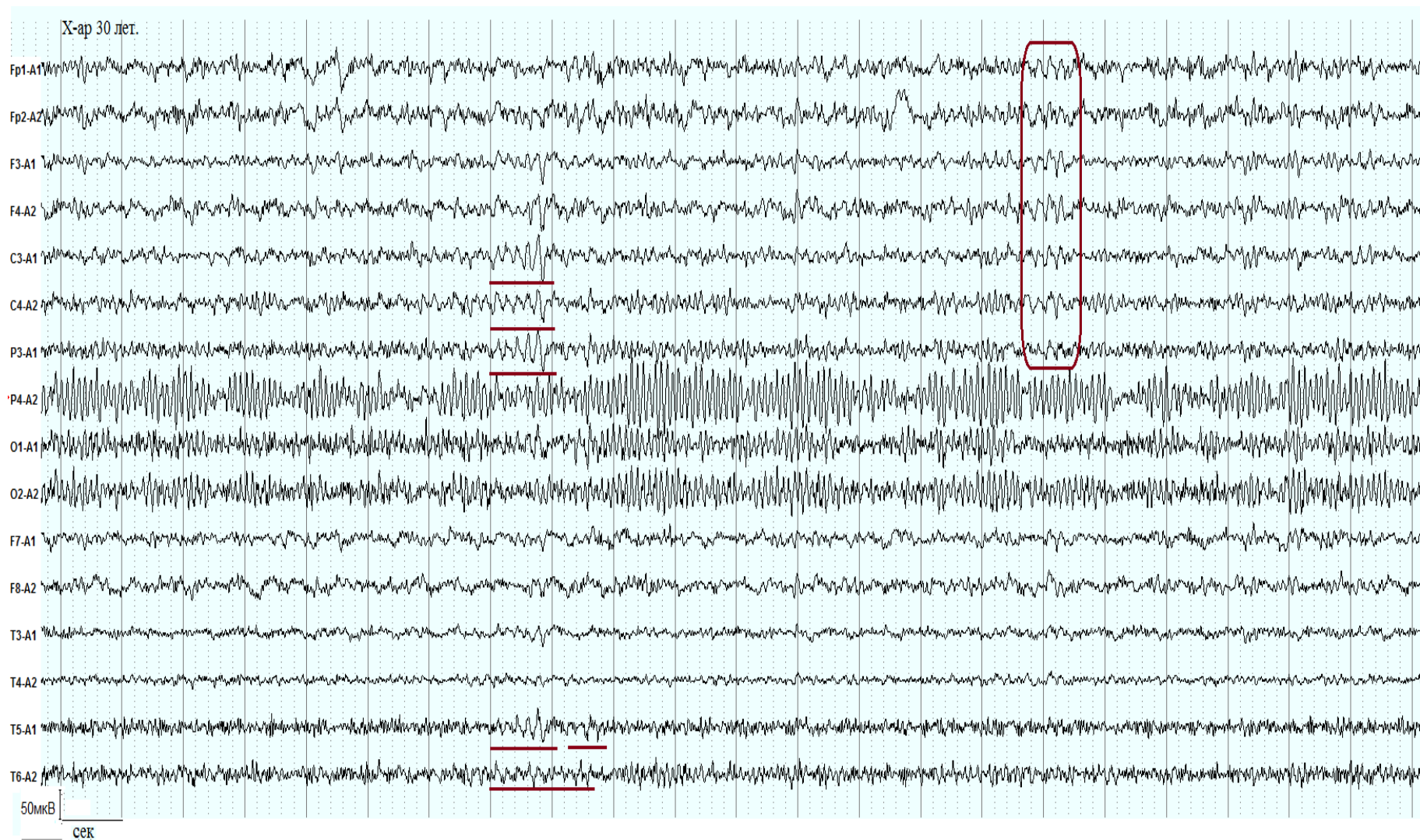


Рис. 56. Женщина 31 год. Синдром вегетативной дисфункции. На ЭЭГ отмечаются единичные пароксизмальные разряды низкочастотного тета-ритма в лобно-центральных и височных отделах

Критерии нормы при оценке тета-ритма:

- Симметричное распределение тета-активности по областям мозга (преимущественно в центрально-теменных отделах).
- Представленность тета-активности в структуре ЭЭГ детей несколько выше чем у взрослых.
- Тета-активность ЭЭГ у взрослых в норме, наблюдается на ранних стадиях сонливости.
- Тета-активность может возникать во время сновидений.
- Тета-активность в лобно-центральных отделах мозга усиливается при решении когнитивных задач, зависит от сложности задачи и отражает передачу информации в долговременную память.
- Критерии патологии при оценке тета-активности:
 - Постоянное наличие тета-активности, индекс более 40% (рис. 57).
 - Фокальная межполушарная асимметрия более 30% (рис. 58).

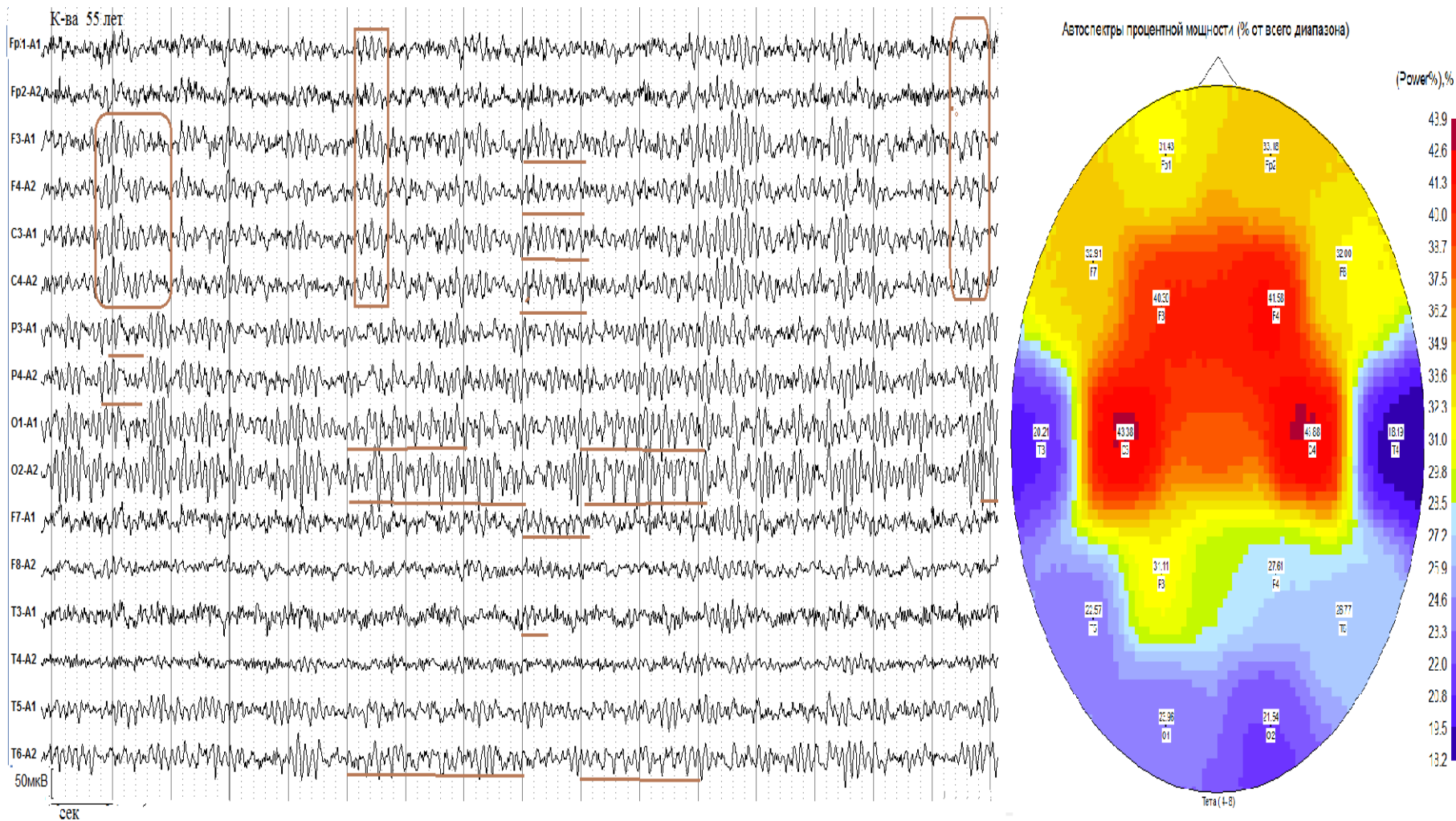


Рис. 57. Женщина 55 лет. Неврологически здорова. Анамнез отягощен нарушениями альцгеймеровского типа. На ЭЭГ отмечается отчетливо выраженные пароксизмальные разряды высокочастотного тета-ритма (индекс тета в лобно-центральных отделах более 40%). В затылочно-височных отделах регистрируются группы низкочастотного тета-ритма с преобладанием в правом полушарии

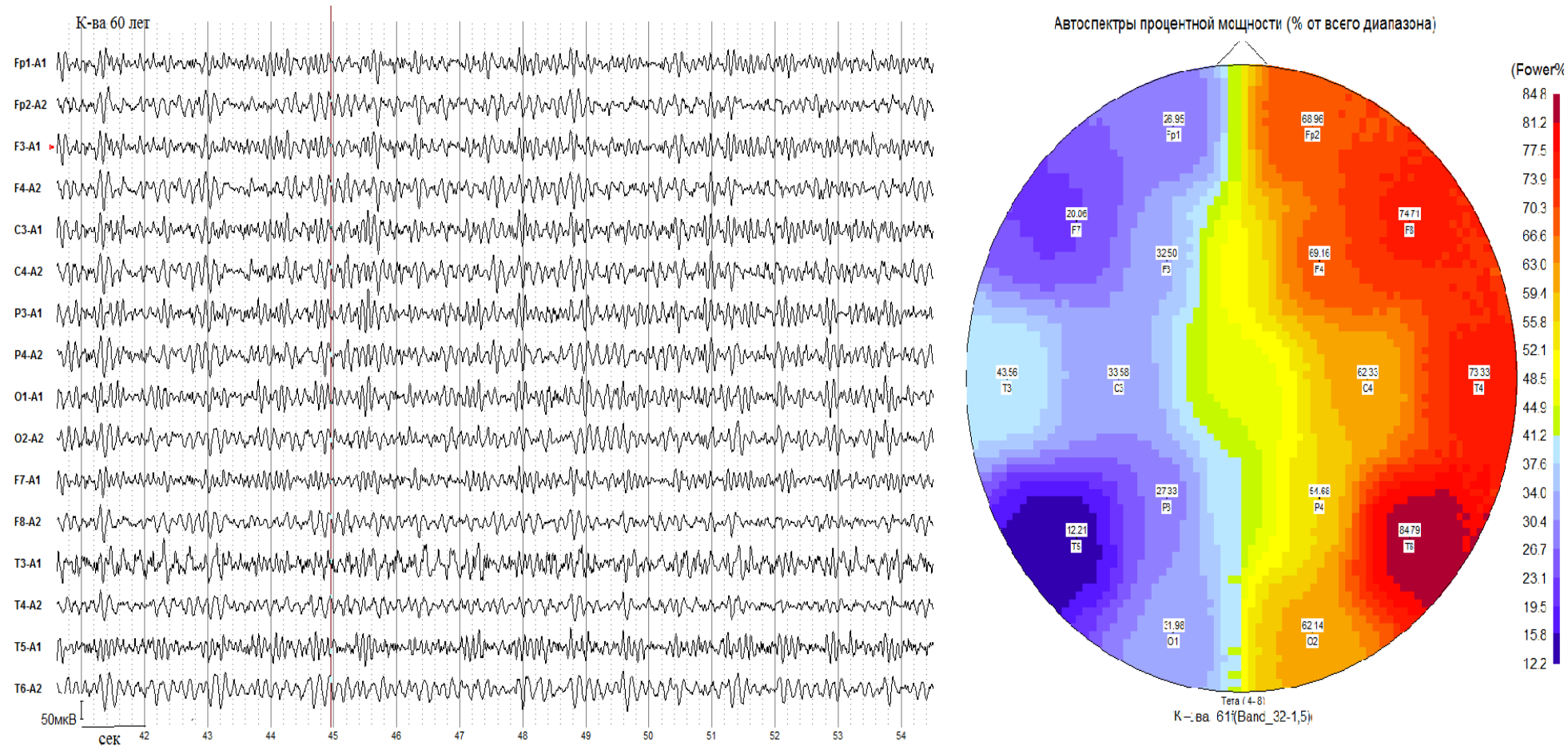


Рис. 58. Женщина 60 лет. Повышенное эмоционально-вегетативное состояние, приступы агрессии. На ЭЭГ отмечается выраженная по амплитуде межполушарная асимметрия тета-активности с преобладанием в правой полушарии с фокусом в задне-височном отделе (Т6)

Дельта-активность. Дельта-активность – это медленноволновая активность с частотой 1-3 Гц различной амплитуды, наиболее выраженная во время сна. Появление этого вида активности на ЭЭГ в другие промежутки времени свидетельствует о снижении уровня функциональной активности коры и всего мозга в целом. Как правило, она иррегулярна (полиморфна). Дельта-волны, перемежающиеся с основным ритмом в затылочных областях, также могут представлять нормальный физиологический вариант у детей и подростков. Следует отметить, что медленная активность может рассматриваться вариантом нормы у молодых пациентов, когда она комбинируется с другими фоновыми ритмами и не превышает основной ритм по амплитуде. Наличие редких, не регулярных медленных волн в височных отделах (с преобладанием слева) у пациентов старше 50 лет также не является четким признаком патологии.

Увеличение дельта-активности в активном состоянии человека во взрослом возрасте связана со многими неврологическими расстройствами, а также с некоторыми психиатрическими заболеваниями. Увеличение мощности спектра ЭЭГ в диапазоне дельта-активности отмечается в состоянии алкогольной абстиненции. Продолженная медленная активность является результатом биохимических или синаптических нарушений в корковых нейронах. Она имеет такое же значение, как и фоновое замедление, однако, обычно характеризует более высокую степень аномалии.

Региональная медленная активность всегда должна рассматриваться, как признак патологии. Необходимо учитывать, что региональная медленная активность может регистрироваться на протяжении нескольких дней после приступа мигрени или фокального эпилептического приступа. Локальное замедление представляет собой большую ценность для диагностики очаговой нейрональной дисфункции или очагового повреждения мозга. Однако, недостатком является его неспецифичность, поскольку невозможно определить тип поражения. Инфаркт мозга, опухоль, абсцесс или травма на ЭЭГ могут вызвать одинаковые очаговые изменения. Локальная

выраженность дельта-активности считается характерным электроэнцефалографическим признаком опухоли мозга.

При рассмотрении особенностей очагового проявления патологических изменений ЭЭГ в отдаленном периоде после черепно-мозговой травмы обращает на себя внимание зависимость выраженности разных форм патологии ЭЭГ от двух основных моментов: степени имевшегося поражения мозгового вещества и локализации поражения, а также сочетания их с общемозговыми нарушениями. Фокальная продолженная медленная активность является относительно специфическим изменением, которое обычно вызывается острым или подострым прогрессирующим деструктивным поражением (рис. 59, 60).

Генерализованная медленная активность, регистрируемая непрерывно, как правило, ареактивна к внешним стимулам и ее наличие четко превышает возрастную норму ЭЭГ (рис. 61). Генерализованная периодическая медленная активность часто асимметрична и может быть ценным диагностическим признаком там, где речь идет о локализации поражения мозга, обусловленного сосудистыми нарушениями (рис. 62, 63).

При генерализованной эпилепсии эпилептиформные разряды обычно перемежаются с некоторым количеством генерализованных синхронных вспышек медленных волн (рис. 64).

При мозговом инсульте данные ЭЭГ можно использовать для локализации инсульта. Признается ценность данных ЭЭГ для локализации гематомы при мозговом инсульте, однако, при глубинных гематомах очаговые изменения выражены нечетко или отсутствуют.

ЭЭГ позволяет выявить динамику изменения состояния мозга в разные сроки после травмы, показать изменения в зоне очагового поражения. Следует отметить общие положения об изменениях ЭЭГ в отдаленном периоде после травмы. Патологические черты различной интенсивности в ЭЭГ сохраняются дольше, чем клинические признаки патологии (рис. 65).

Диффузное замедление с большей вероятностью свидетельствует об органическом, а не о функциональном характере поражения. Оно также не является специфическим признаком, поскольку может наблюдаться без какой-либо существенной токсической, метаболической, дегенеративной или мультифокальной патологии.

Важно учитывать, что изменения ЭЭГ-выявление общемозговых изменений, эпилептоидной активности, очаговой или локальной всегда предшествуют клиническому проявлению ухудшения состояния больного или эпилептическим припадкам.

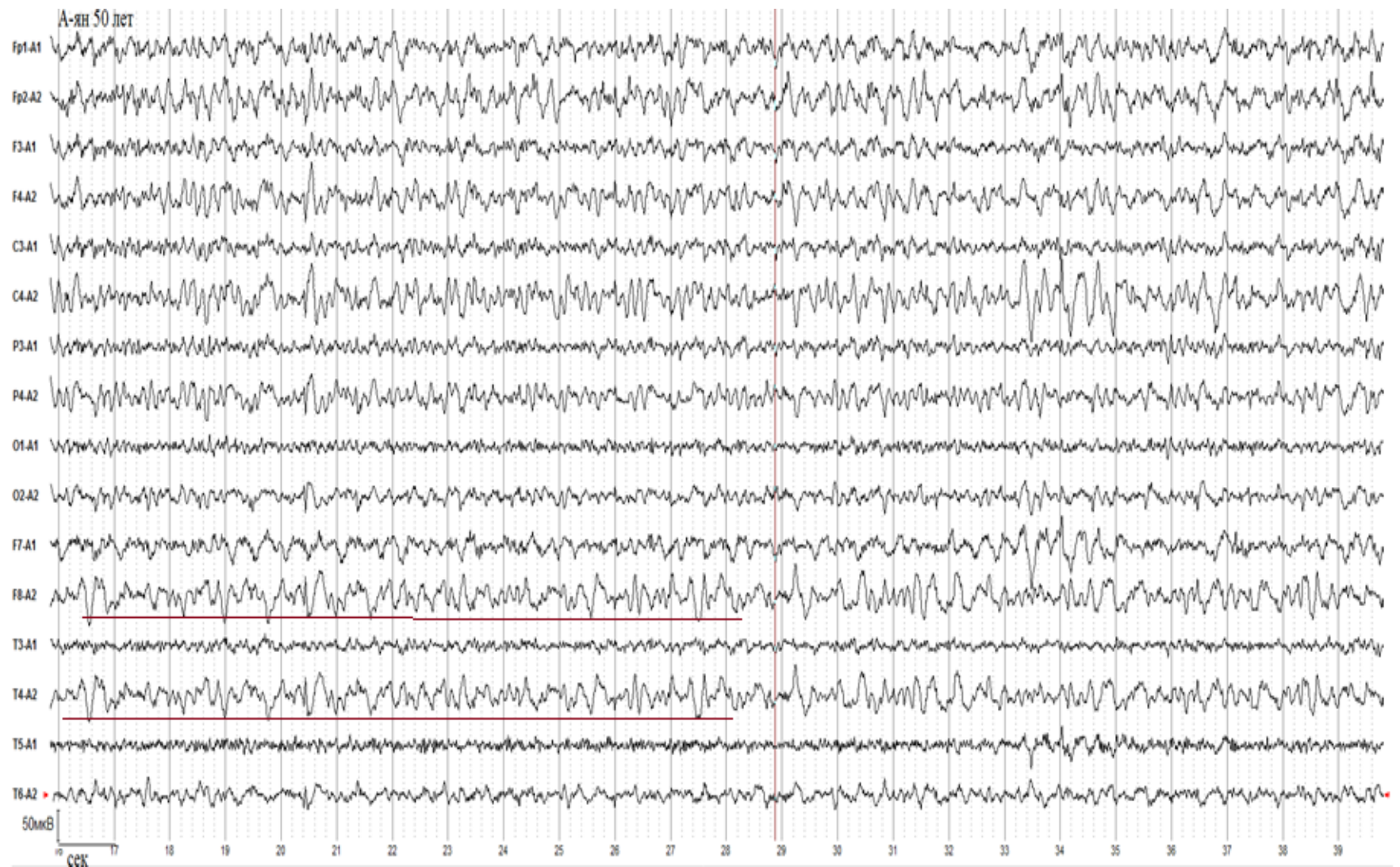


Рис. 59. Мужчина 50 лет. Киста правой лобно-теменно-височной области. На ЭЭГ отмечается выраженная по амплитуде межполушарная асимметрия дельта-активности с преобладанием в правом полушарии с фокусом в височных отделах (F8, T4)

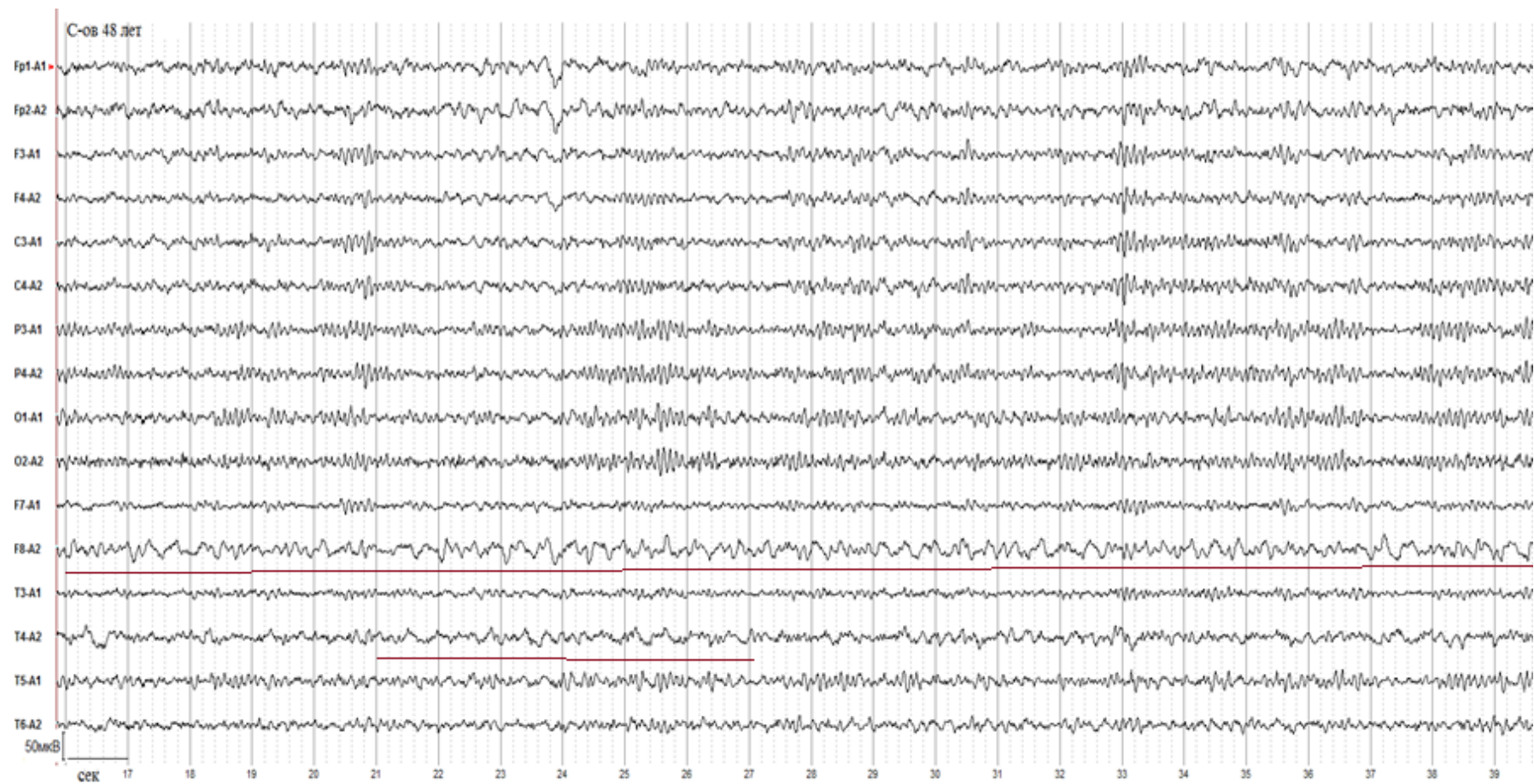


Рис. 60. Мужчина 48 лет. По данным МРТ: немногочисленные очаги глиоза в белом веществе височной области больших полушарий и в левом полушарии мозжечка. На ЭЭГ отмечается выраженная дельта-активность с преобладанием в правом полушарии с фокусом в височных отделах (F8, T4)

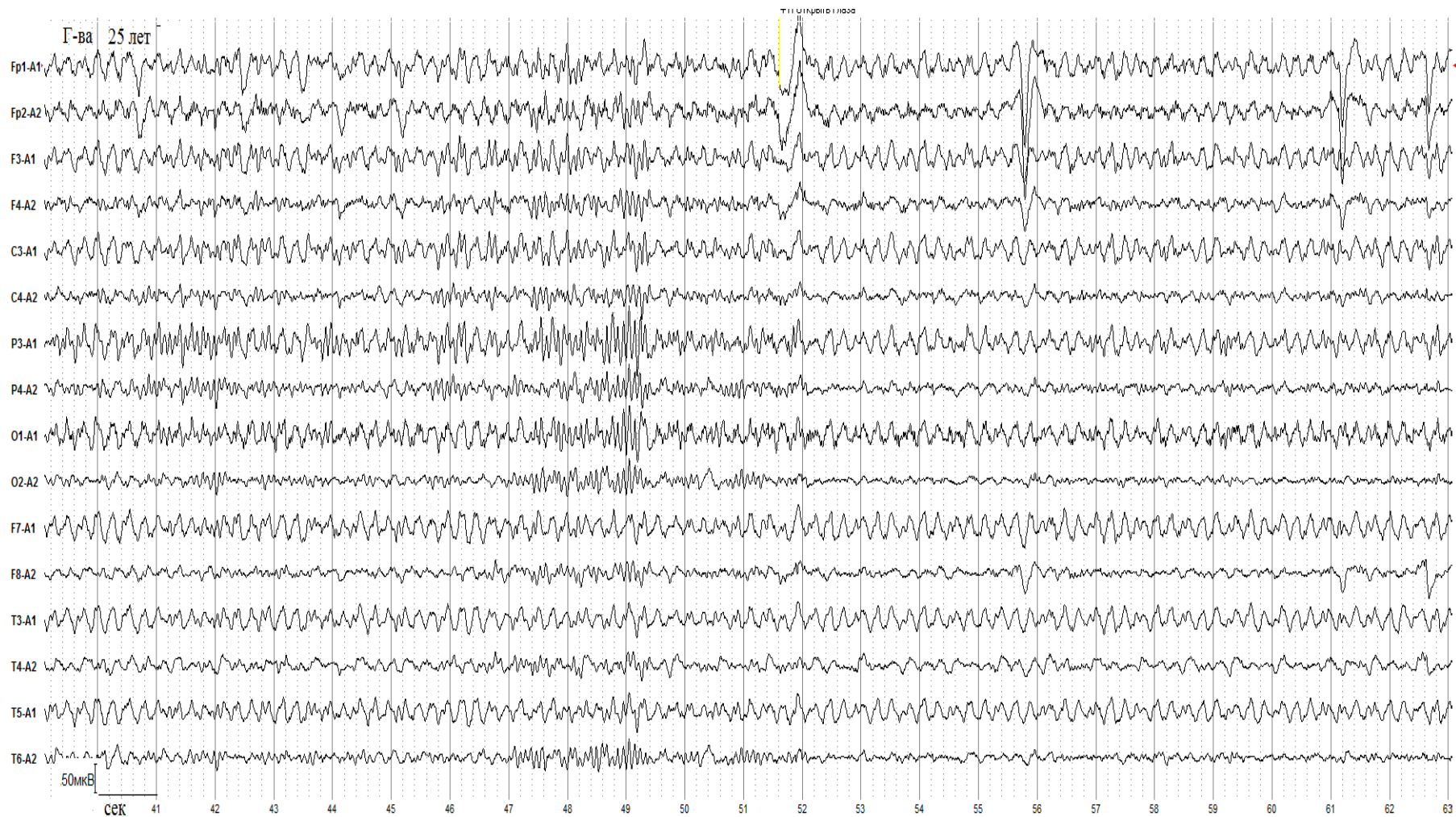


Рис. 61. Женщина 25 лет. На ЭЭГ регистрируется генерализованная дельта-активность, преобладающая в левой гемисфере, ареактивна, отчетливо сохраняется при реакции активации. Рекомендованы дополнительные исследования

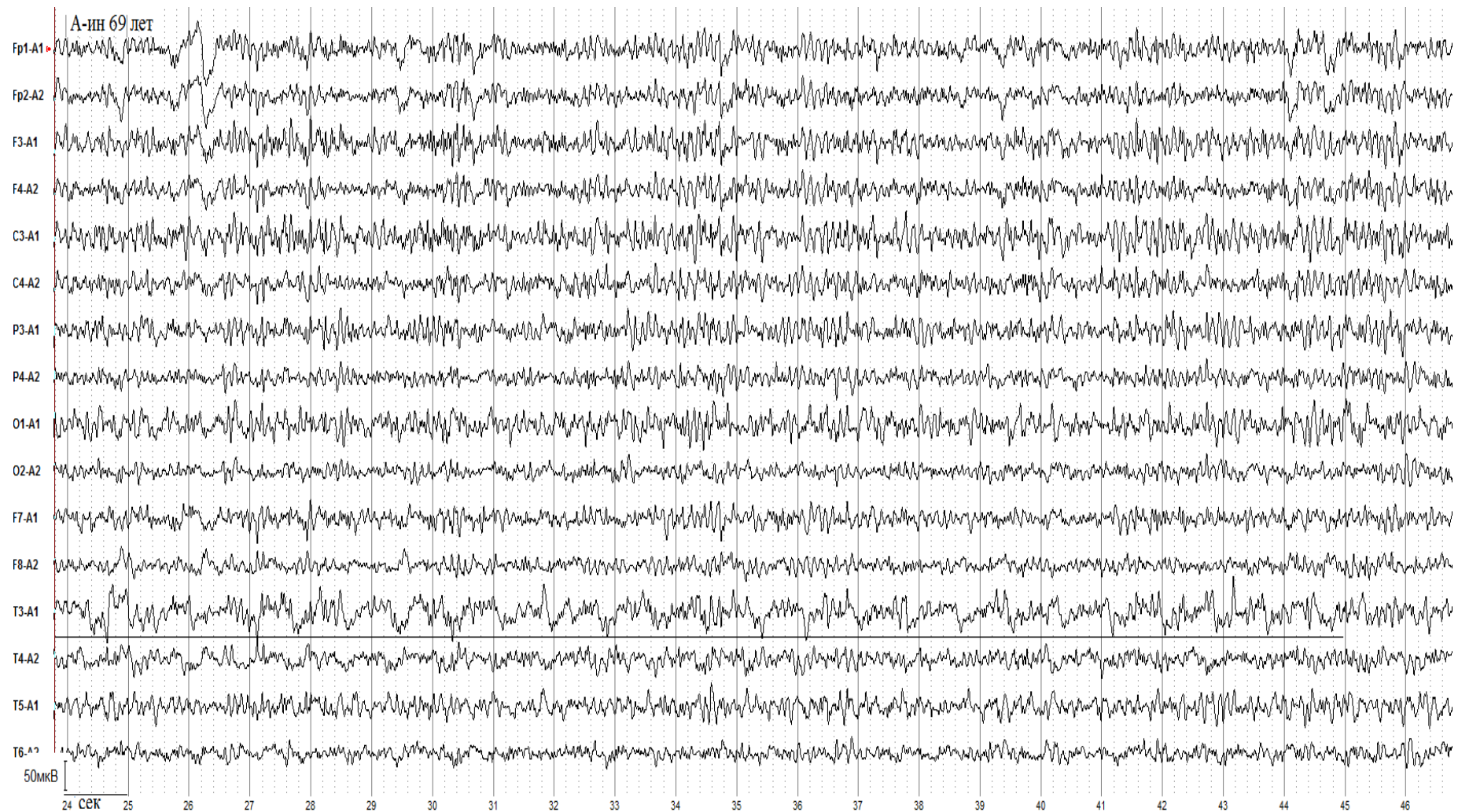


Рис. 62. Мужчина 69 лет. Вторично-генерализованные судорожные приступы. Острые нарушения мозгового кровообращения левой средней мозговой артерии. На ЭЭГ регистрируется дельта-активность, локализованная в левой височной области (Т3)

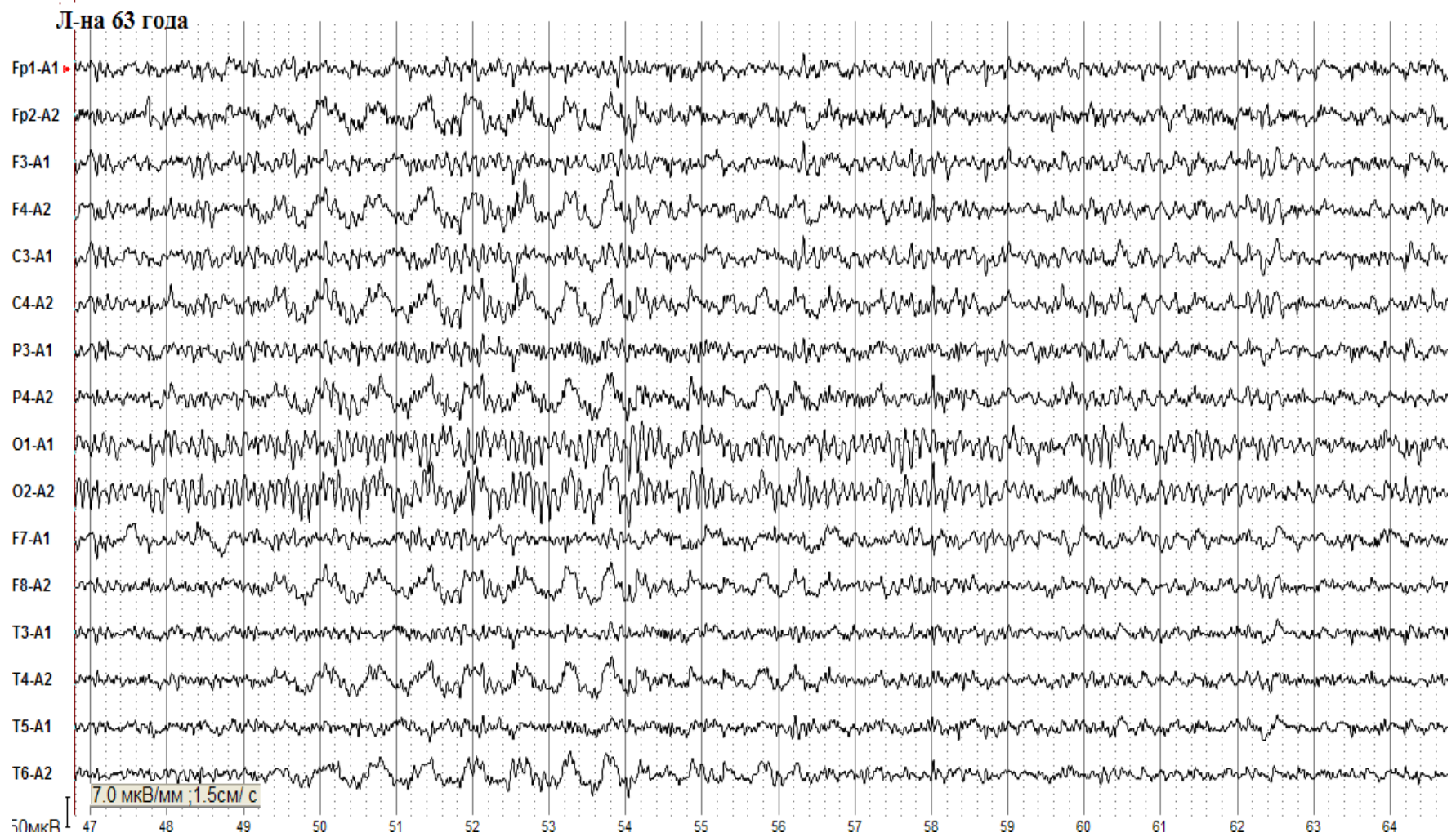


Рис. 63. Женщина 63 года. На ЭЭГ во время приступа давящей головной боли регистрируется генерализованная дельта-активность в правом полушарии, по данным УЗДГ выявлены нарушения кровотока в области среднемозговой артерии

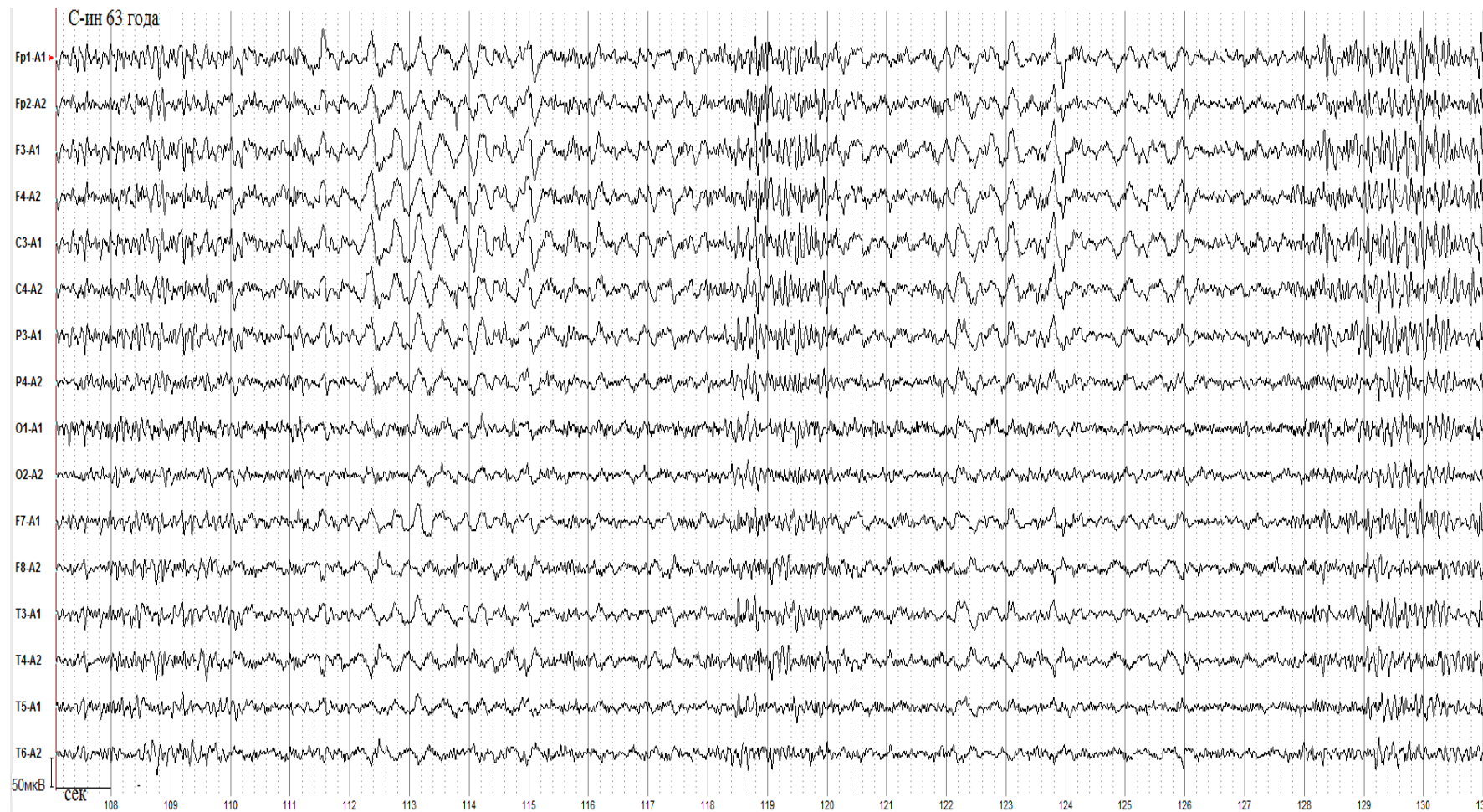


Рис. 64. Мужчина 63 года. Вторично-генерализованные судорожные приступы. Острые нарушения мозгового кровообращения правой среднемозговой артерии. На ЭЭГ регистрируются генерализованные разряды дельта-активности

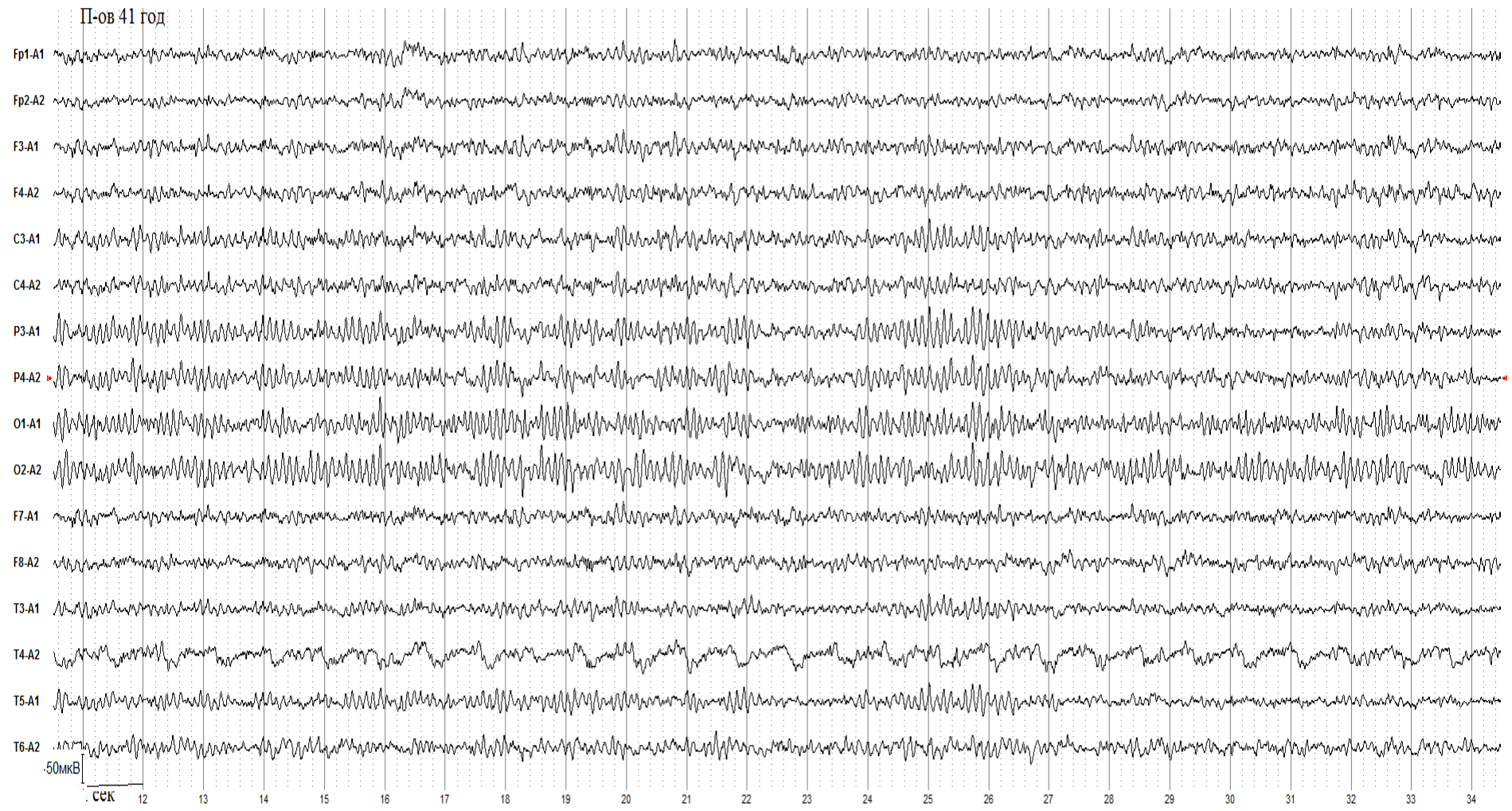


Рис. 65. Мужчина 41 год. Тяжелая черепно-мозговая травма 5 лет назад. На ЭЭГ регистрируется дельта-активность локализованная в правой височной области (Т4)

Эпилептическая активность – этот термин используется только тогда, когда состояние больного и картина ЭЭГ не вызывают сомнения в наличии у него эпилепсии (зарегистрированной во время самого приступа или эпилептического статуса). Эпилептиформная активность характеризует состояние мозга вне приступа.

По стандартам глоссария Международной федерации обществ электроэнцефалологии к эпилептиформной активности отнесены.

- Спайк.
- Полиспайки (множественные спайки).
- Острые волны.
- Комплексы «пик-медленная волна».
- Комплексы «острая волна-медленная волна».
- Комплексы «полиспайк-медленная волна».

Спайк – это эпилептиформный разряд длительностью от 40 до 80 мсек. Он считается относительно типичным для эпилепсии. Диагностическая значимость спайков и острых волн одинакова.

Полиспайки – группы из трех и более спайков, следующих непосредственно друг за другом с частотой более 10 Гц.

Острые волны – эпилептиформные разряды длительностью от 80 до 200 мсек, колебания потенциала с расширенным основанием и острой вершиной с различной амплитудой (20-200 мкВ и более). Существуют одно- или двухфазные, одиночные, групповые или множественные острые волны. Следует отличать острые волны от пиков (спайков), имеющих сходную форму, но меньшую длительность (рис. 66).

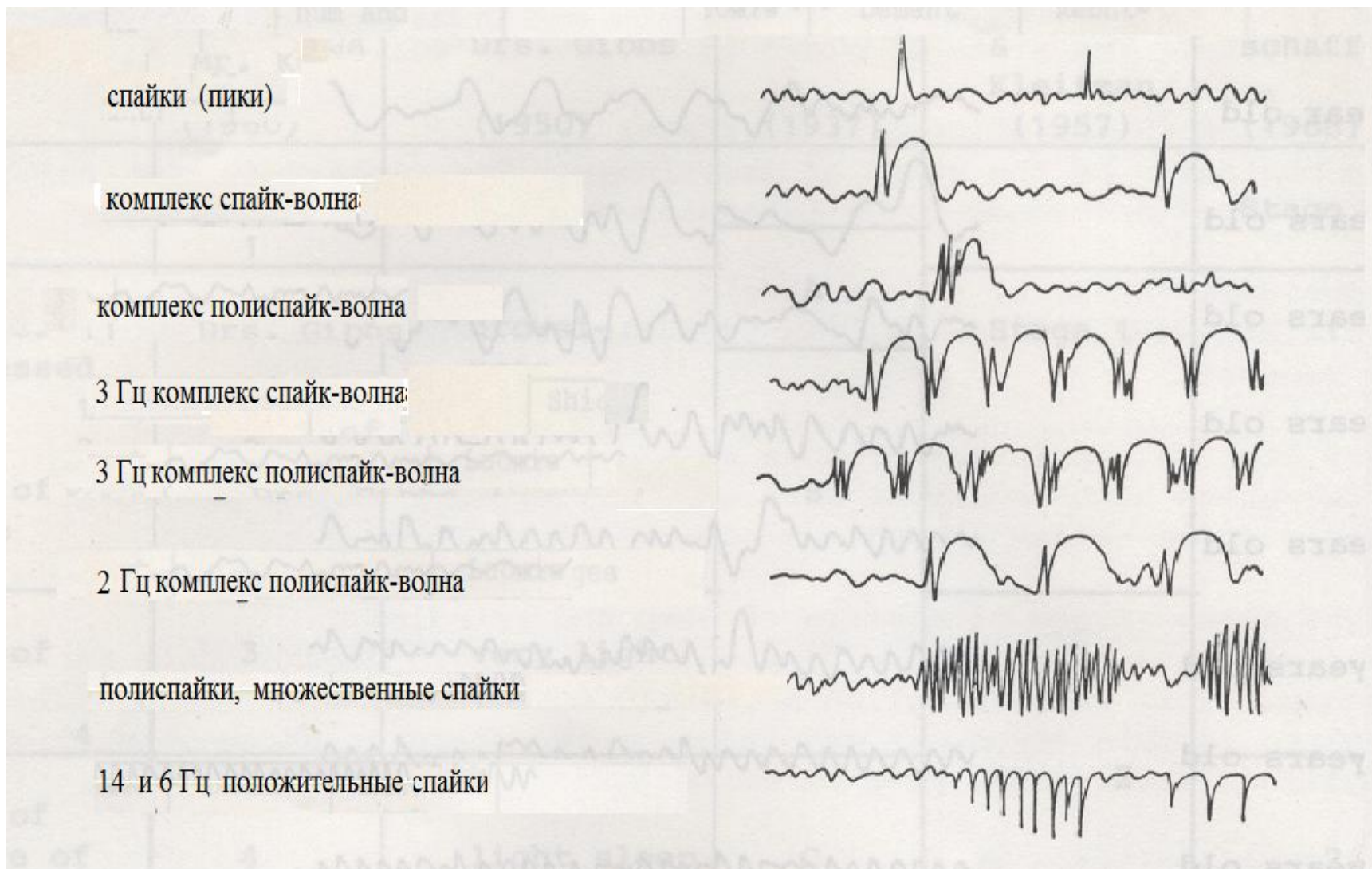


Рис. 66. Основные виды эпилептиформной активности (Зенков Л.Р., 2002)

Вспышка – группа волн с внезапным появлением и исчезновением, четко отличающаяся от фоновой активности частотой, формой и/или амплитудой. Она является признаком патологии и не является синонимом термина «пароксизм» (вспышки альфа-волн, вспышки дельта-волн).

Разрядом называется вспышка именно эпилептиформной активности (рис. 67).

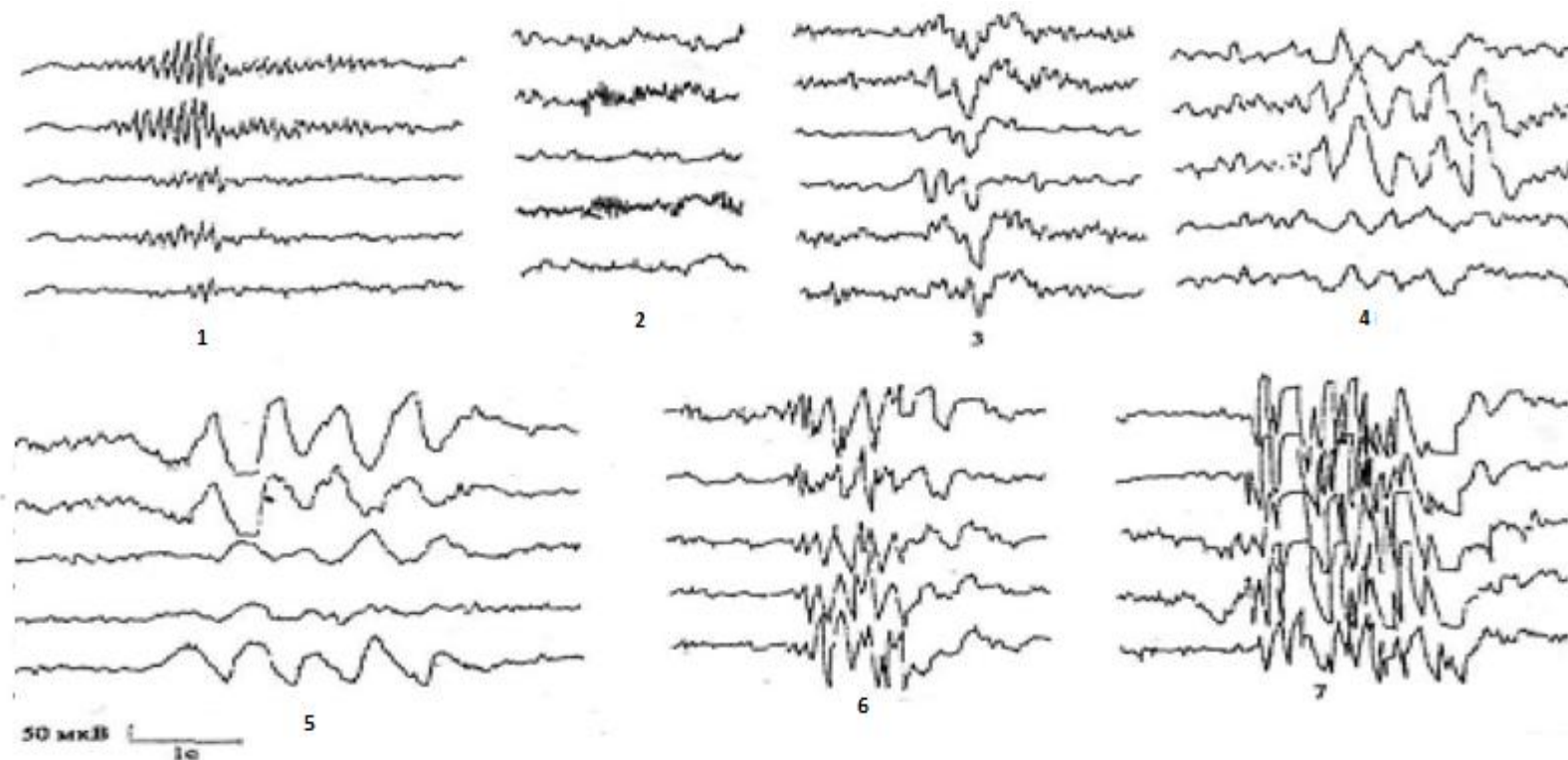


Рис. 67. Вспышки и разряды. 1-вспышка заостренных альфа-волн высокой амплитуды, 2-заостренные бета-волны высокой амплитуды, 3 – вспышка тета-волн, 4 – вспышка полиморфных колебаний, 5 – вспышка дельта-волн, 6 – разряд острых волн, 7 – разряд спайков острых волн и комплексов спайк-волна (Зенков Л.Р., 2002)

Вспышки спайк-волн с регулярной частотой повторения от 2,5 до 3,5 Гц. Минимальная длительность такой серии должна составлять 3 секунды.

Генерализованные спайк-волны с частотой 3 Гц тесно коррелируют с абсансами. Длительность разряда от 3-4 секунд и больше обычно наблюдается при нарушении сознания различной степени.

Комплексы спайков (пиков) и волн регистрируются сериями и не полностью соответствуют критериям более специфических эпилептиформных паттернов, таких, как медленные спайк-волны или спайк-волны с частотой 3 Гц. Их необходимо дифференцировать от спайк-волновых комплексов с частотой 6 Гц, которые наблюдаются у здоровых подростков и взрослых. С другой стороны, нельзя пропустить истинно эпилептиформный паттерн спайк-волн, которые также могут следовать с частотой 6 Гц, однако, имеют значительно большую амплитуду.

Пароксизмальная активность – более широкий и, следовательно, менее точный термин, чем эпилептическая или эпилептиформная. Включает ЭЭГ-феномены с совершенно различной специфичностью в отношении эпилепсии – запись самого припадка (эпилептическая активность», эпилептиформную активность межприступного периода, так и ряд феноменов, не имеющих отношения к эпилепсии, такие как, например, «вспышка».

Пароксизмальный – это ЭЭГ-феномен, возникающий внезапно, быстро достигающий максимума и внезапно заканчивающийся, четко отличающийся от фоновой активности.

Рекомендуется осторожно подходить к интерпретации высокоамплитудных ритмических медленных волн, провоцируемых гипервентиляцией, особенно если иногда они перемежаются с острыми колебаниями.

В целом, обнаружение эпилептиформной активности ЭЭГ может помочь в классификации типа припадков, наблюдающихся у пациента:

- Генерализованные припадки не очагового происхождения обычно ассоциированы с двусторонними синхронными вспышками спайков и комплексов спайк-волна (рис. 68).
- Постоянная очаговая эпилептиформная активность коррелирует с парциальной, или очаговой, эпилепсией (рис. 69).
- Передние височные спайки коррелируют со сложными парциальными эпилептическими припадками (рис. 70).
- Роландические спайки коррелируют с простыми двигательными или чувствительными эпилептическими припадкам (рис. 71).
- Затылочные спайки коррелируют с примитивными зрительными галлюцинациями или снижением зрения во время приступов (рис. 72).

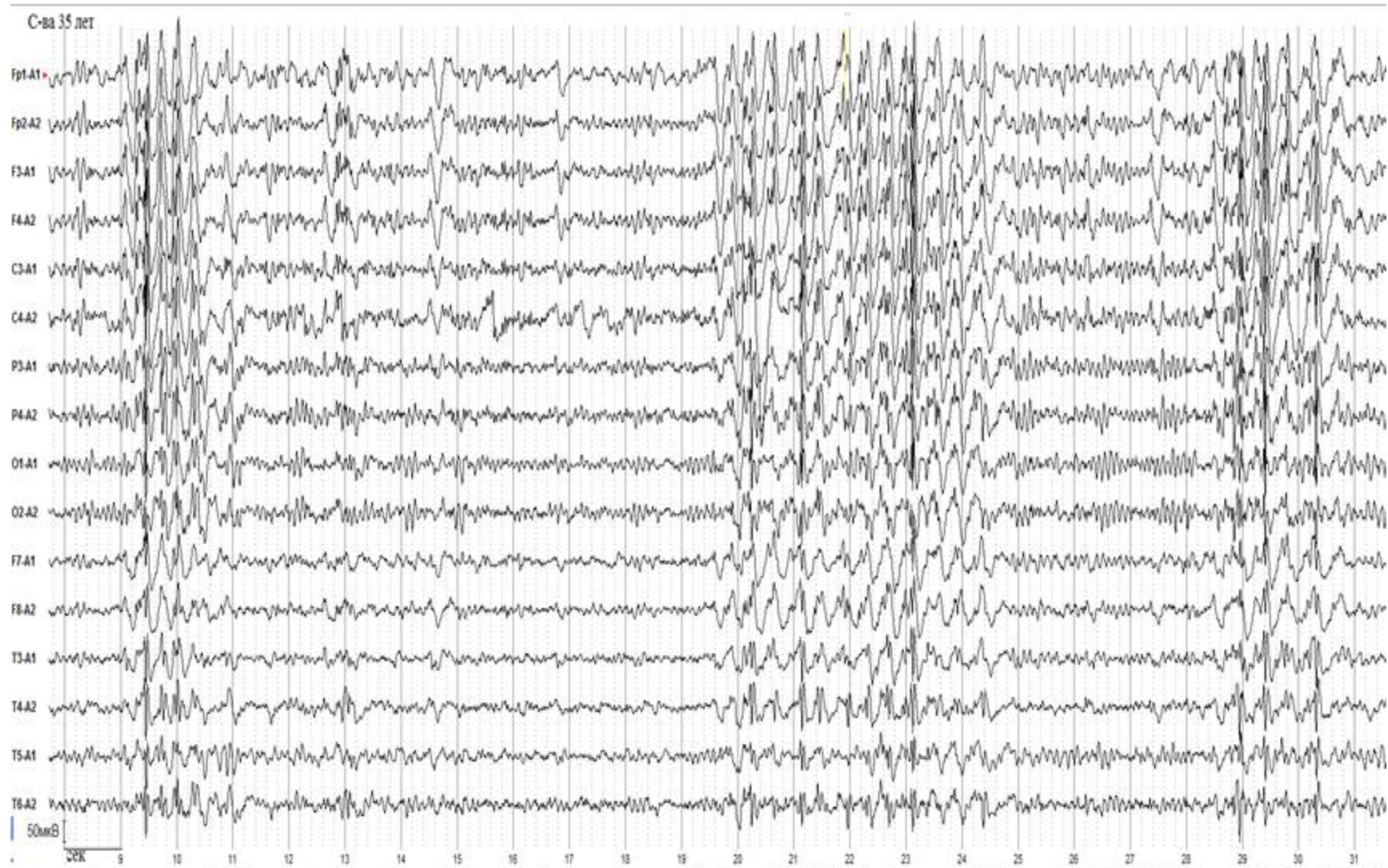


Рис. 68. Женщина 35 лет. Генерализованные тонико-клонические судороги. На ЭЭГ регистрируются множественные билатеральные разряды спайков и комплексов спайк-волна

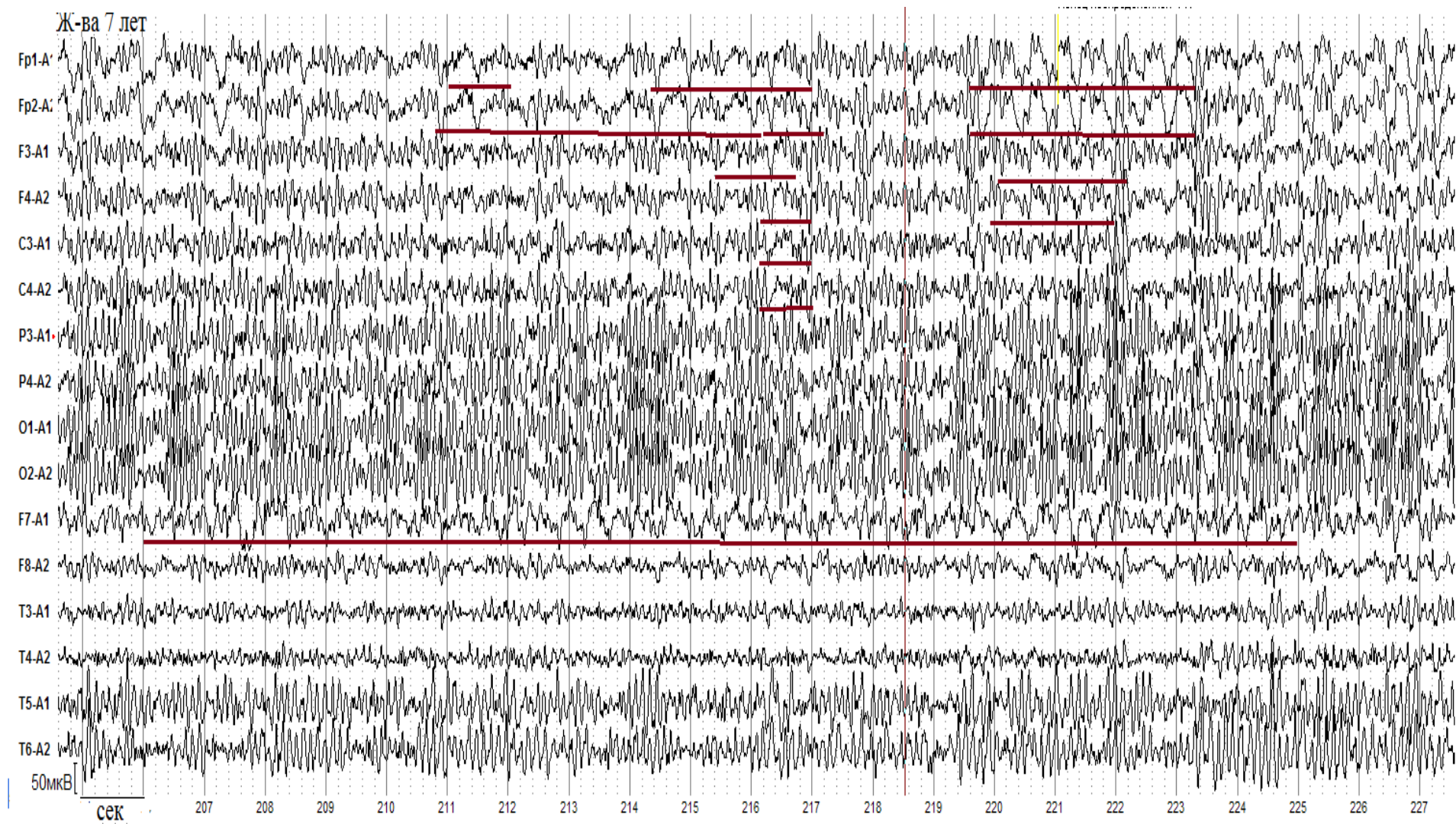


Рис. 69. Девочка 7 лет. Речевые автоматизмы. На ЭЭГ отмечается очаг постоянной дельта-активности в височных отделах левого полушария (F7) и билатеральные комплексы острая-медленная волна в лобных отделах

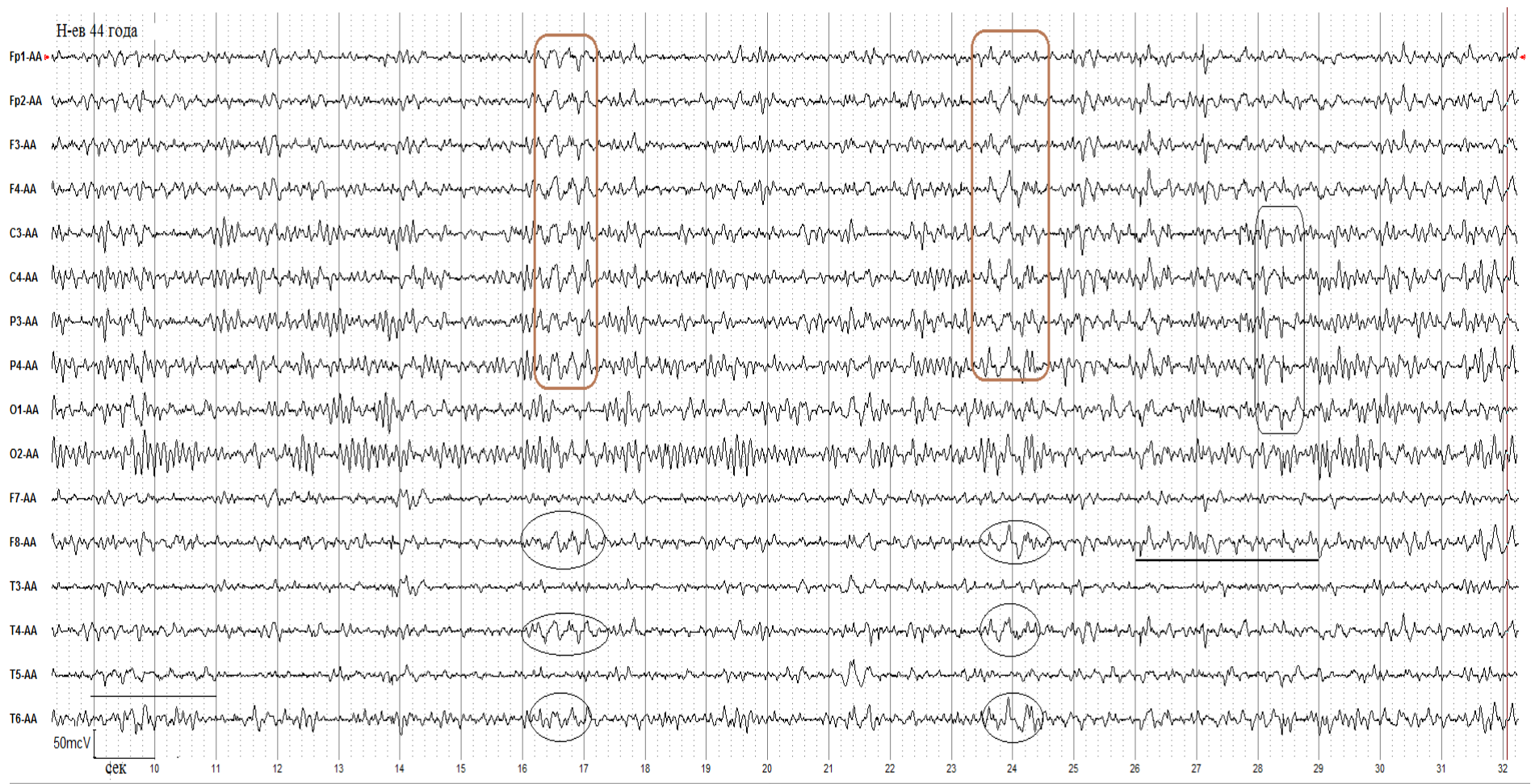


Рис. 70. Мужчина 44 года. Парциальные приступы. На ЭЭГ отмечается наличие пароксизмальной активности, представленной в виде групп дельта-волн в височных отделах правого полушария и генерализованных билатеральных комплексов острая – медленная волна. По данным МРТ – множественные кисты в височно-теменных отделах

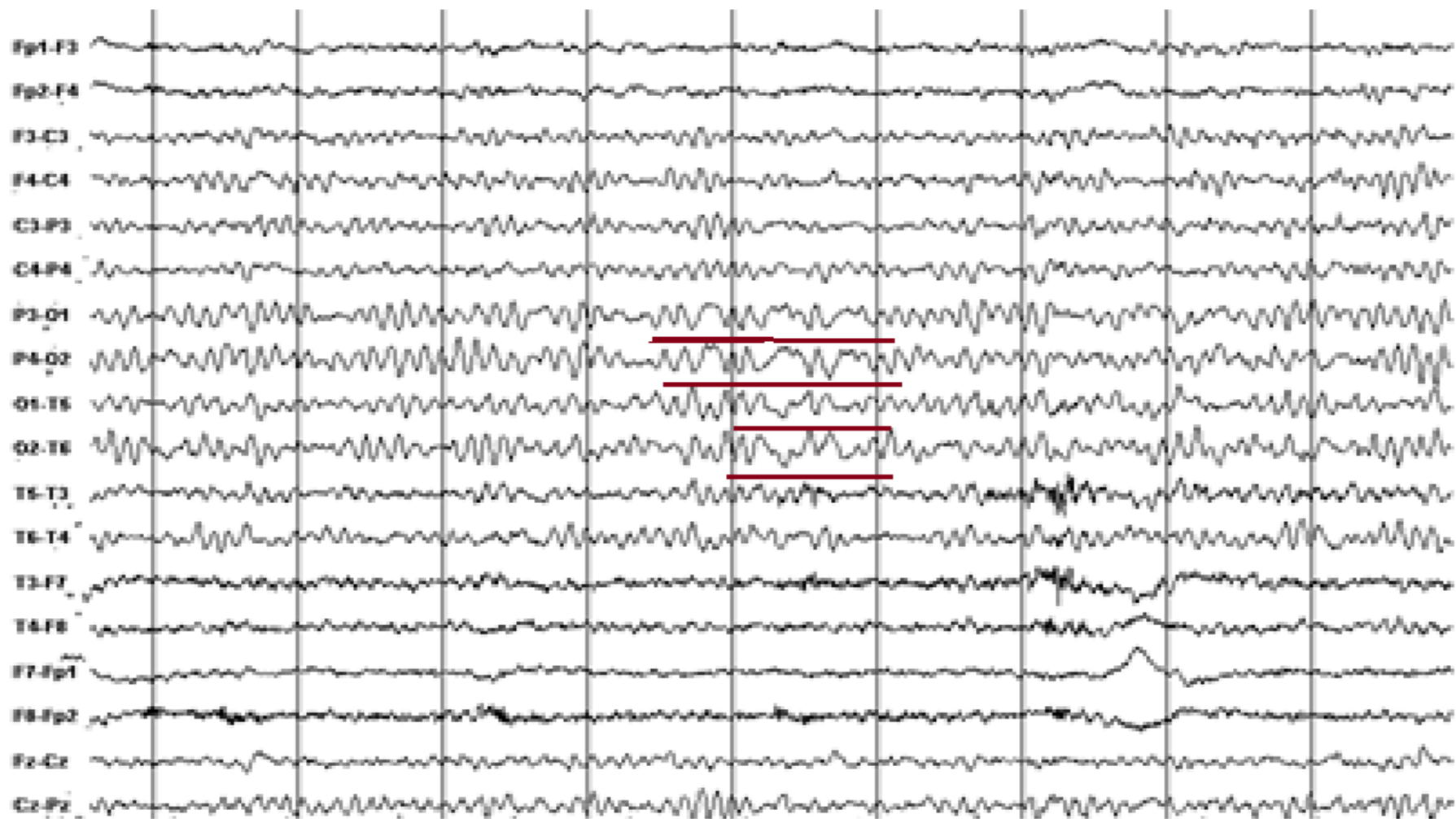


Рис. 71. Мальчик 14 лет. Роландическая эпилепсия. Простые парциальные приступы с моторными феноменами в ночное время. Стадия эмиссии. На ЭЭГ в затылочно-теменных отведениях (при биполярной записи) регистрируются комплексы острая – медленная волна (дельта)

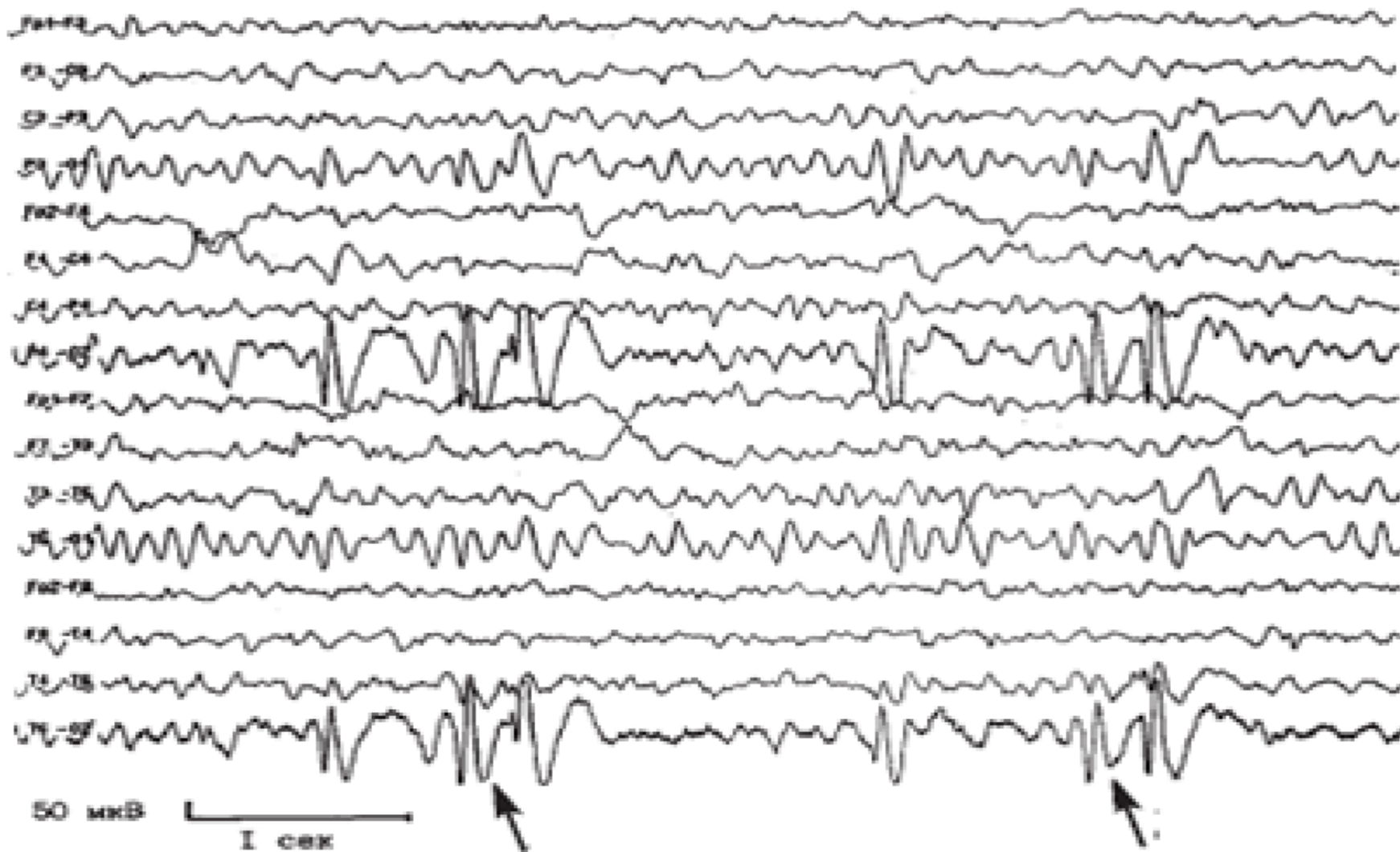


Рис. 72. Фокус эпилептиформной активности в правой затылочной области: в отведениях R4-O2 и T6-O2 видны комплексы «пик-волна» 3,5-4,5 кол/сек.

Паттерны ЭЭГ. Паттерн (тип, характер) – это целостная картина биоэлектрической активности по всем исследуемым областям мозга, отражающая особенности распределения различных компонентов ЭЭГ.

Паттерн является качественной характеристикой ЭЭГ, отражающей функциональное состояние головного мозга.

Различают:

- Паттерны ЭЭГ, соответствующие состоянию бодрствования и отдельным стадиям сна.
- Эпилептиформные паттерны ЭЭГ.
- Паттерны ЭЭГ при необычных функциональных состояниях мозга.

Система описания типов (паттернов) и групп ЭЭГ была предложена Е.А.Жирмунской в 1984 году и до сих пор является основой для визуальной, словесной оценки электроэнцефалограмм. Следует отметить, что по классификации Жирмунской Е.А. понятие типа ЭЭГ относится только к энцефалограмме покоя, зарегистрированной у субъектов в состоянии пассивного бодрствования, при закрытых глазах и не включает изменений, которые возникают в ответ на эфферентные раздражения. Достоинством этой классификации является возможность дать общее описание ЭЭГ. Это создает определенное удобство для последующего формирования заключения врачом-специалистом. Вместе с тем, при вынесении суждения о типе ЭЭГ не учитывается характер ЭЭГ-паттерна при различных видах эпилепсий, не выделяется фокус патологической активности.

По классификации Жирмунской Е.А. выделяются 5 типов ЭЭГ.

Тип I – организованный (нормальная ЭЭГ).

Основной компонент ЭЭГ-альфа-ритм, регулярный по частоте, четко модулированный в веретена, со средним и высоким индексом, с хорошо выраженными зональными различиями. Наиболее высокую амплитуду 50-70 мкВ альфа-ритм имеет в затылочных отведениях. По направлению к передним отделам коры выраженность альфа-ритма уменьшается. Форма

волн обычно гладкая. В височных отделах коры альфа-ритм представлен в виде фрагментарных низкоамплитудных веретен.

Бета-активность высокой и средней частоты, амплитудой не выше 10 мкВ. Бета-активность небольшой амплитуды (менее 10 мкВ) умеренно выражена в передних и височных отделах коры.

Медленные волны почти не выражены. Тета- и дельта-активность может регистрироваться в виде единичных диффузных волн небольшой амплитуды (рис. 73).

Целесообразно отнести к этому типу ЭЭГ электроэнцефалограммы с менее упорядоченной структурной и пространственной организацией, основным критерием которых является выраженная альфа-активность (рис. 74).

ЭЭГ, относящиеся к I типу, трактуются как идеальная норма или как легкие изменения в пределах допустимых вариантов нормы.

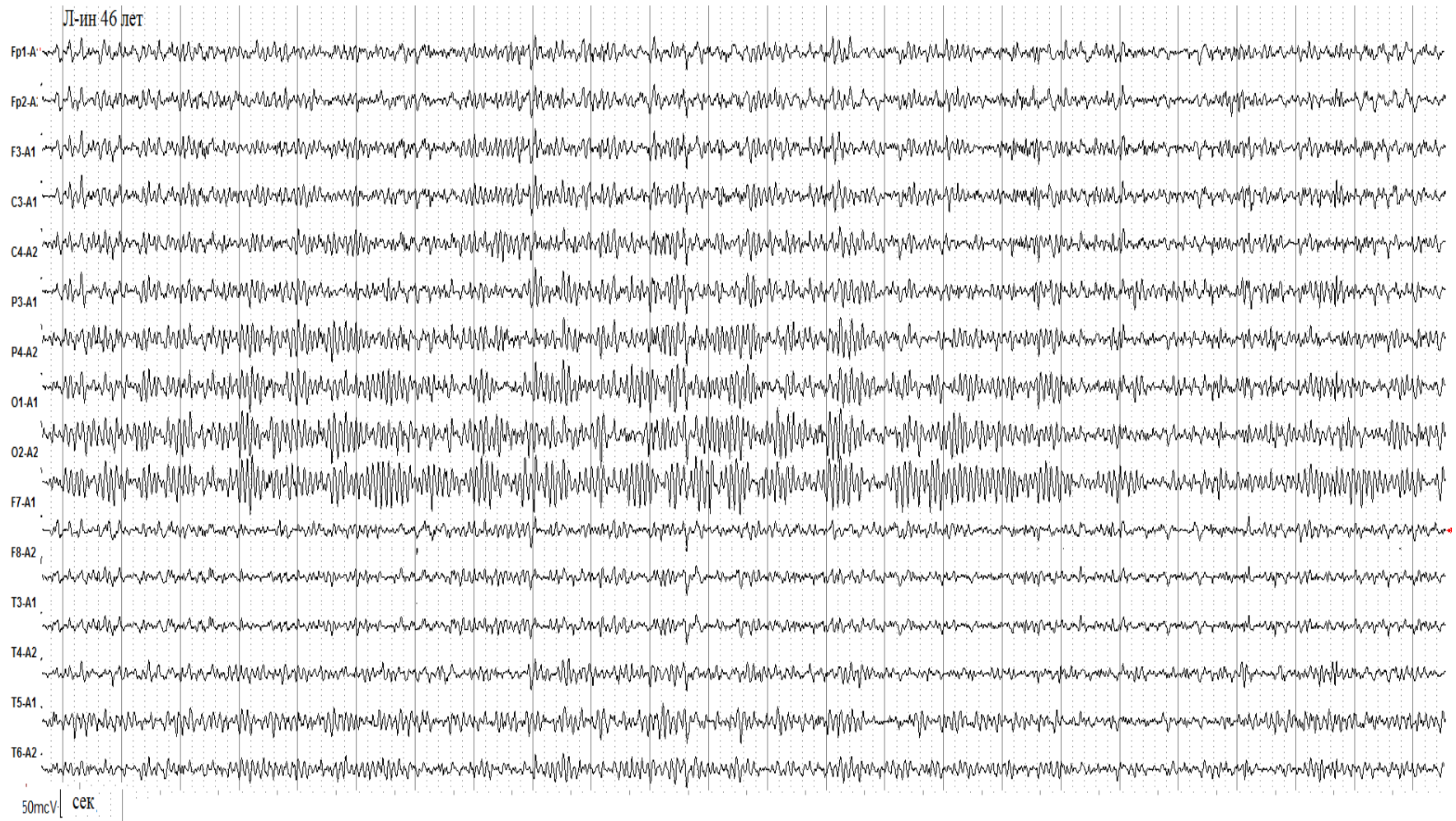


Рис. 73. Мужчина 46 лет. Электроэнцефаграмма в пределах возрастной нормы. Альфа-ритм модулирован, зональные различия отчетливо выражены, в передних отделах регистрируются фрагментарные тета-и дельта-волны

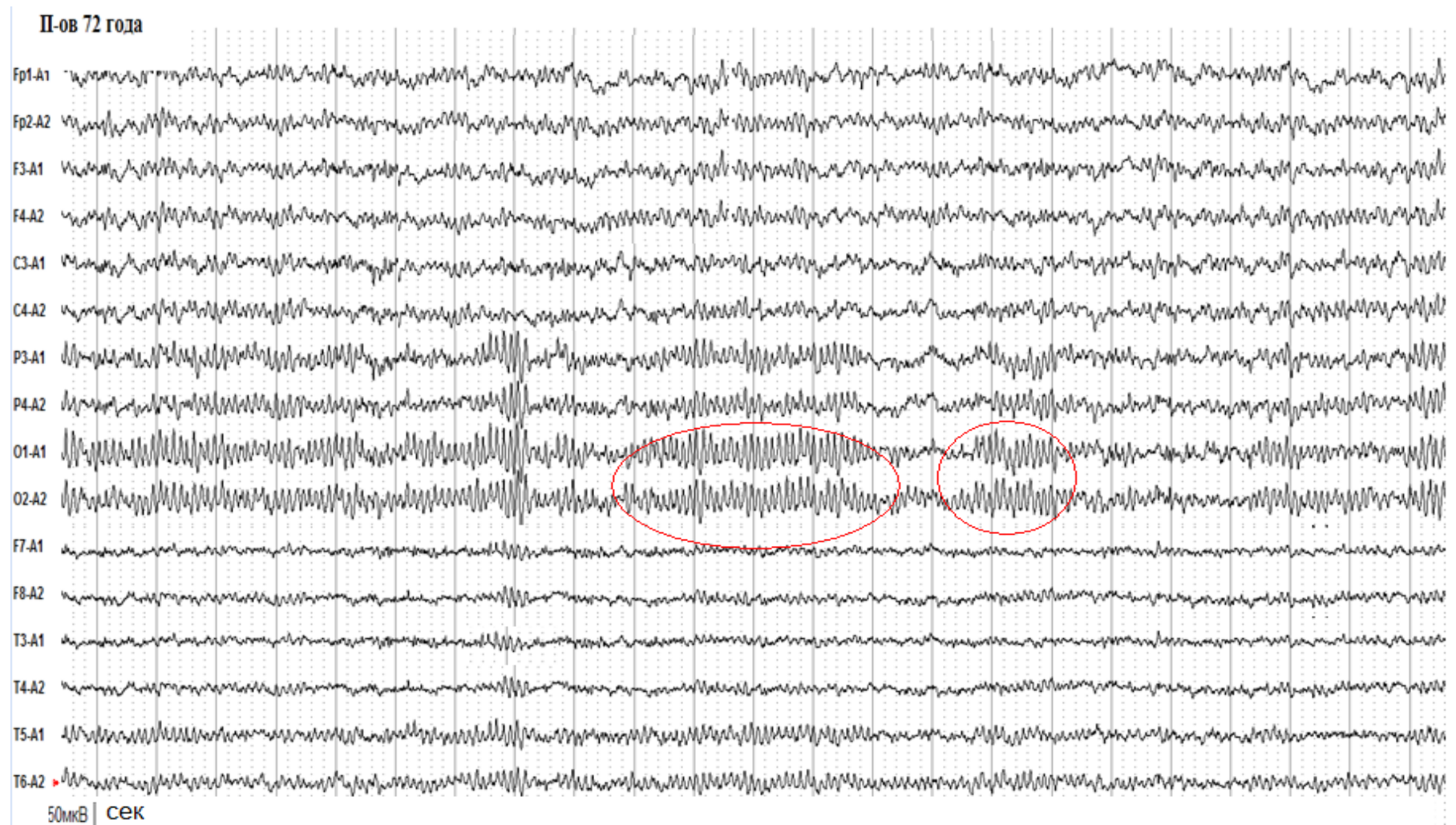


Рис. 74. Мужчина 72 года. Электроэнцефалограмма в пределах возрастной нормы. Альфа-ритм слабомодулирован, зональные различия отчетливо выражены. В лобно-центральных отделах регистрируется диффузная тета- и-дельта-активность

Тип II- гиперсинхронный (моноритмичный). В нем могут быть варианты с преобладанием по всем областям мозга или только альфа-ритма, бета-активности низкой частоты, или ритмизированной тета-активности. Главное в структуре этого типа – высокий индекс регулярных колебаний биопотенциалов при потере их зональных различий.

Возможны разные варианты такого усиления синхронизации активности: с сохранением и даже усилением колебаний альфа-диапазона; с исчезновением альфа-активности и заменой ее бета-активностью низкой частоты или тета-активностью. Основной характеристикой этого типа ЭЭГ является повышенная регулярность колебаний альфа- (реже бета- или тета-) диапазонов с отсутствием зональных различий.

Вариант, когда доминирующим является альфа-ритм, не модулированный или слабо модулированный со слабо выраженными или извращенными зональными различиями и отсутствием быстрой и медленной активности, ЭЭГ относится к умеренно нарушенной (рис. 75, 76).

Когда на преобладает регулярная бета-активность с частотой 14-25 Гц небольшой амплитуды, ЭЭГ также считается умеренно нарушенной. При наличии умеренно высокой или высокой бета-активности, ЭЭГ характеризуются как значительно нарушенные (рис. 77).

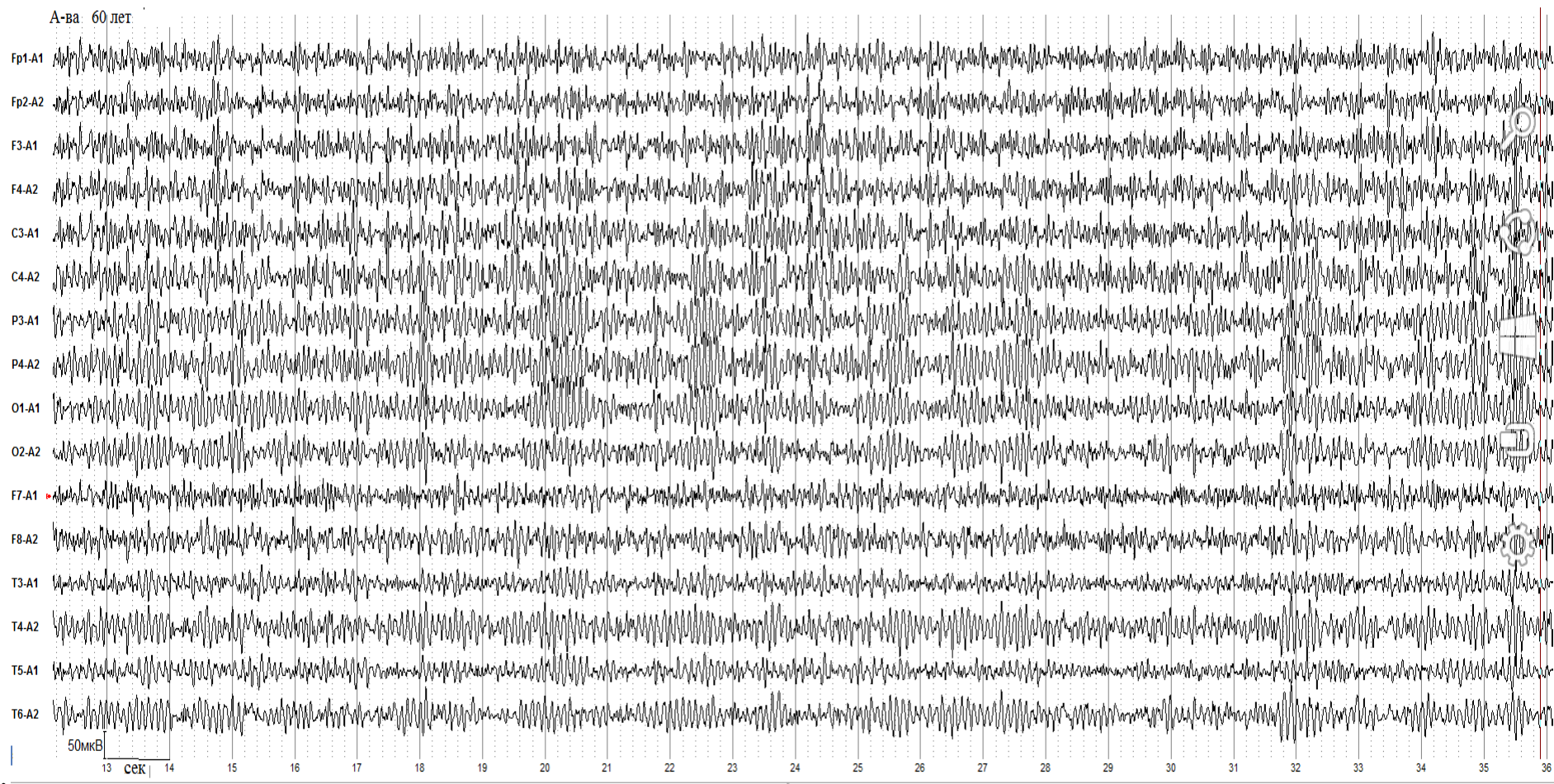


Рис. 75. Женщина 60 лет. Дисциркуляторная энцефалопатия. На ЭЭГ отмечается гиперсинхронный слабо модулированный альфа-ритм, усиленный по всем отведениям, зональные различия снижены

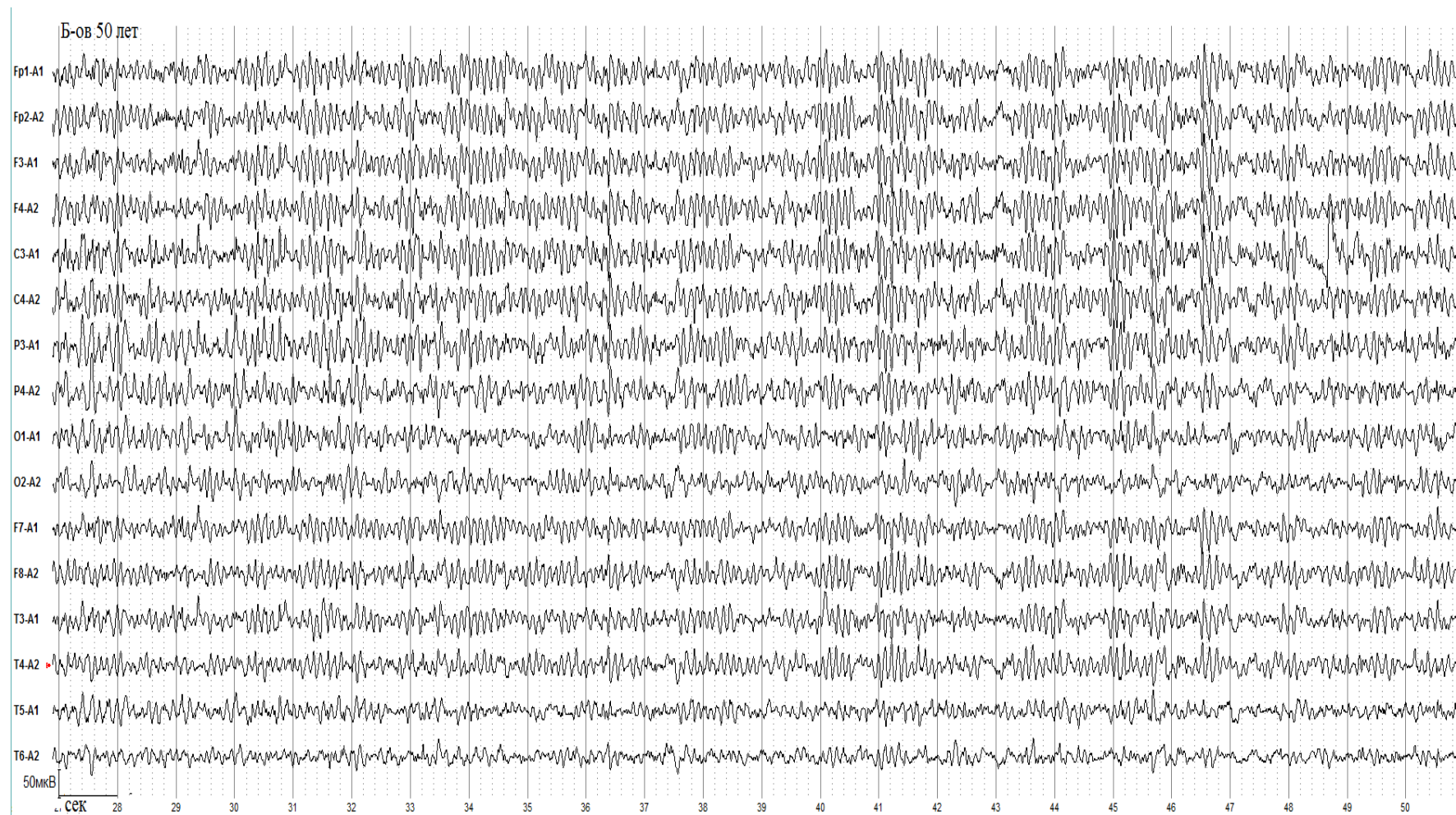


Рис. 76. Мужчина 50 лет. Симптоматическая парциальная эпилепсия. На ЭЭГ отмечается гиперсинхронный слабомулированный альфа-ритм, усиленный в лобно-центрально-теменных отделах головного мозга, зональные различия снижены, периодически возникают синхронные билатеральные разряды комплексов альфа-и дельта-волн

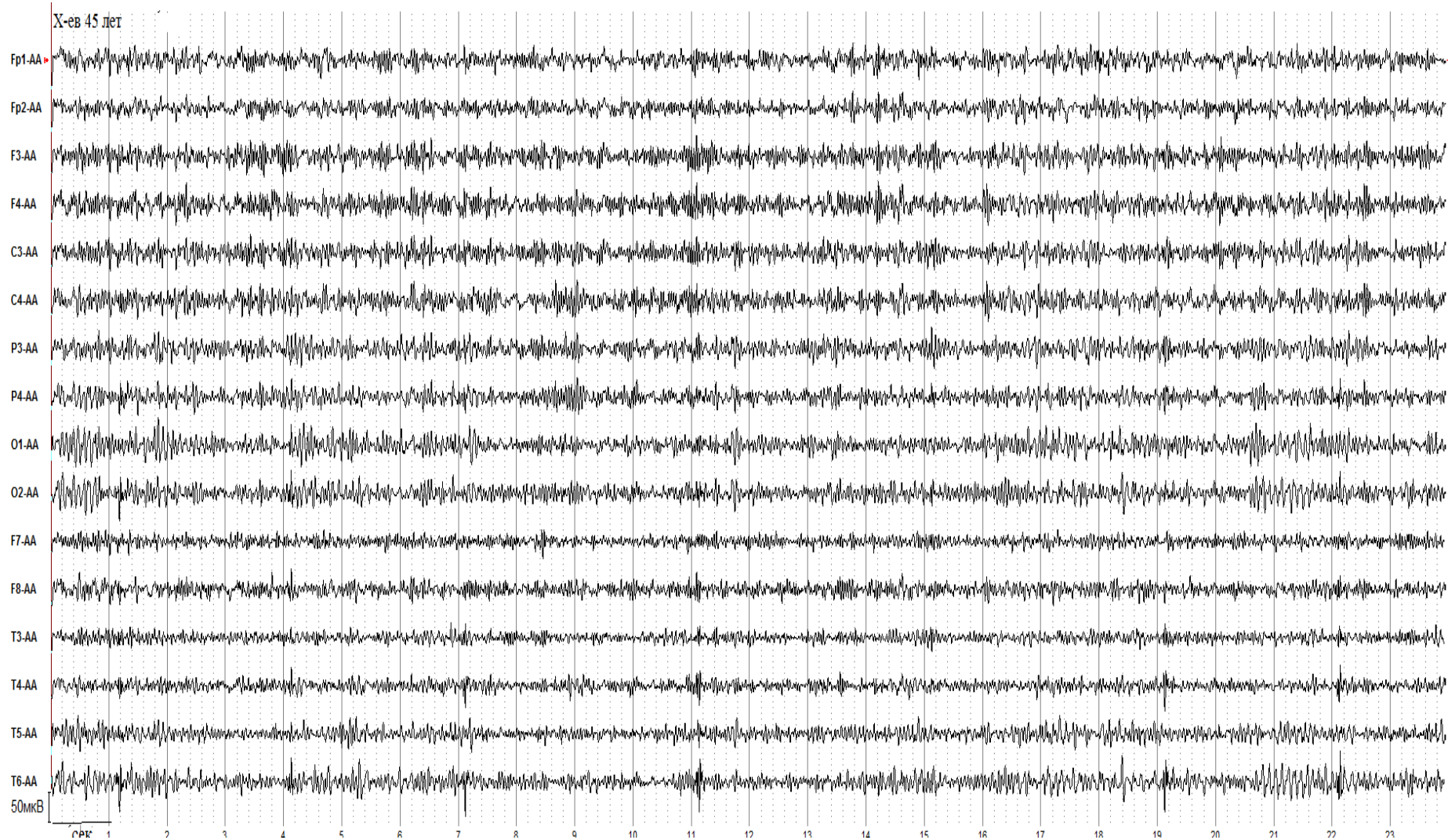


Рис. 77. Мужчина 45 лет. Комплекс функциональных расстройств в кишечнике, чувство дискомфорта, повышенная эмоциональность. На ЭЭГ отмечается гиперсинхронная высокоамплитудная бета-активность, усиленная по всем отведениям

Тип III – десинхронный (вариант нормы). ЭЭГ характеризуется низкоамплитудной биоэлектрической активностью с отсутствием или резким уменьшением количества альфа-волн, бета-активность выражена умеренно, отмечаются диффузные тета- и дельта-волны небольшой амплитуды (рис. 78).



Рис. 78. Мужчина 19 лет. Неврологических жалоб нет. На ЭЭГ отмечается низкоамплитудная биоэлектрическая активность с наличием нерегулярных диффузных тета- и дельта-волн. Альфа-активность фрагментарна, низкоамплитудна. Вариант нормы

ЭЭГ, относящиеся к типам II и III, отражают регуляторные изменения в деятельности мозга. В типе II имеет место ослабление активирующих влияний на кору со стороны ретикулярной формации ствола мозга и усиление дезактивирующих влияний из других отделов лимбико-ретикулярного комплекса.

В типе III, наоборот, отмечается усиление активирующих влияний со стороны ретикулярной формации ствола мозга, что выражается в десинхронизации альфа-активности на ЭЭГ. ЭЭГ, относящиеся к типам II и III, отражают регуляторные изменения в деятельности мозга. Второй и третий типы ЭЭГ могут встречаться у больных неврозами, вегетососудистыми дистониями, шейным остеохондрозом и рядом других заболеваний.

Тип IV – дезорганизованный (с преобладанием альфа-активности).

На ЭЭГ главной является альфа-активность, при этом отмечается значительная дезорганизация альфа-ритма по всем параметрам: частоте, амплитуде, форме волн, извращению зональных различий. Такой дезорганизованный альфа-ритм может доминировать во всех областях мозга. Бета-активность также нередко усилена, часто представлена колебаниями низкой частоты, увеличенной амплитуды, отмечается нарастание индекса тета- и дельта-волн с достаточно высокой амплитудой, появление пиков, острых волн, вспышек и комплексов в разных областях мозга. Этот тип ЭЭГ отражает изменения биопотенциалов при многих заболеваниях, которые можно связать с микроструктурными поражениями в разных отделах мозга, в том числе в коре мозга. К этой категории относятся атеросклероз, преходящие ишемические атаки, нейроинфекции, закрытые черепно-мозговые травмы (рис. 79, 80, 81). Нарушения стенок сосудов головного мозга и микроскопические очаги поражения мозговой ткани, возникающие при этих заболеваниях, сопровождаются изменениями метаболизма и нейродинамическими расстройствами. К этому присоединяется дисфункция в деятельности регулирующих систем мозга.

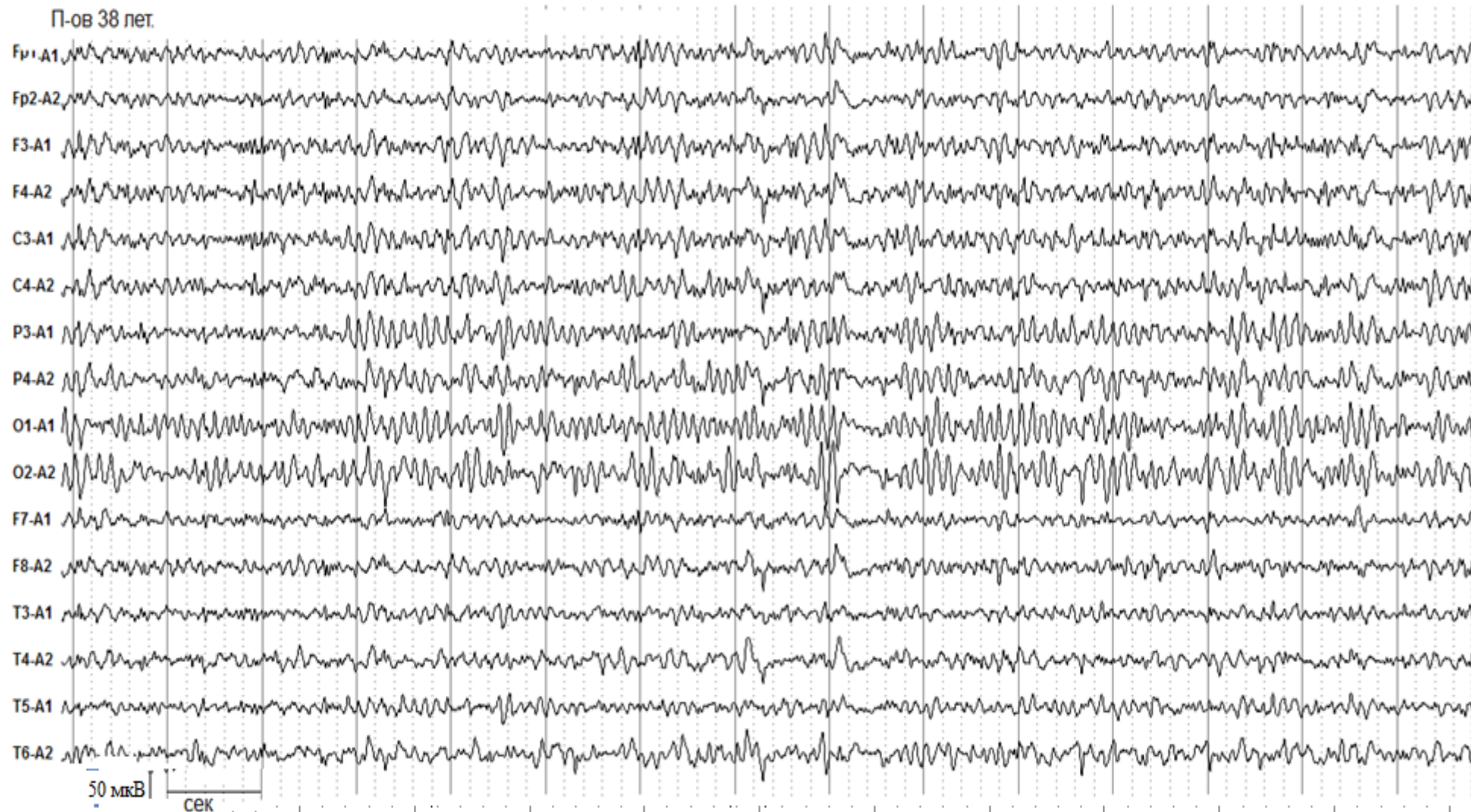


Рис. 79 Мужчина 38 лет. 5 лет назад была тяжелая черепно- мозговая травма с потерей сознания, потерей трудоспособности: нарушение координации движения, замедленность речи. ЭЭГ зарегистрирована на фоне восстановления трудоспособности, отмечается дезорганизованность альфа-ритма по форме и частоте, наличие тета-, дельта-ритма и острых волн

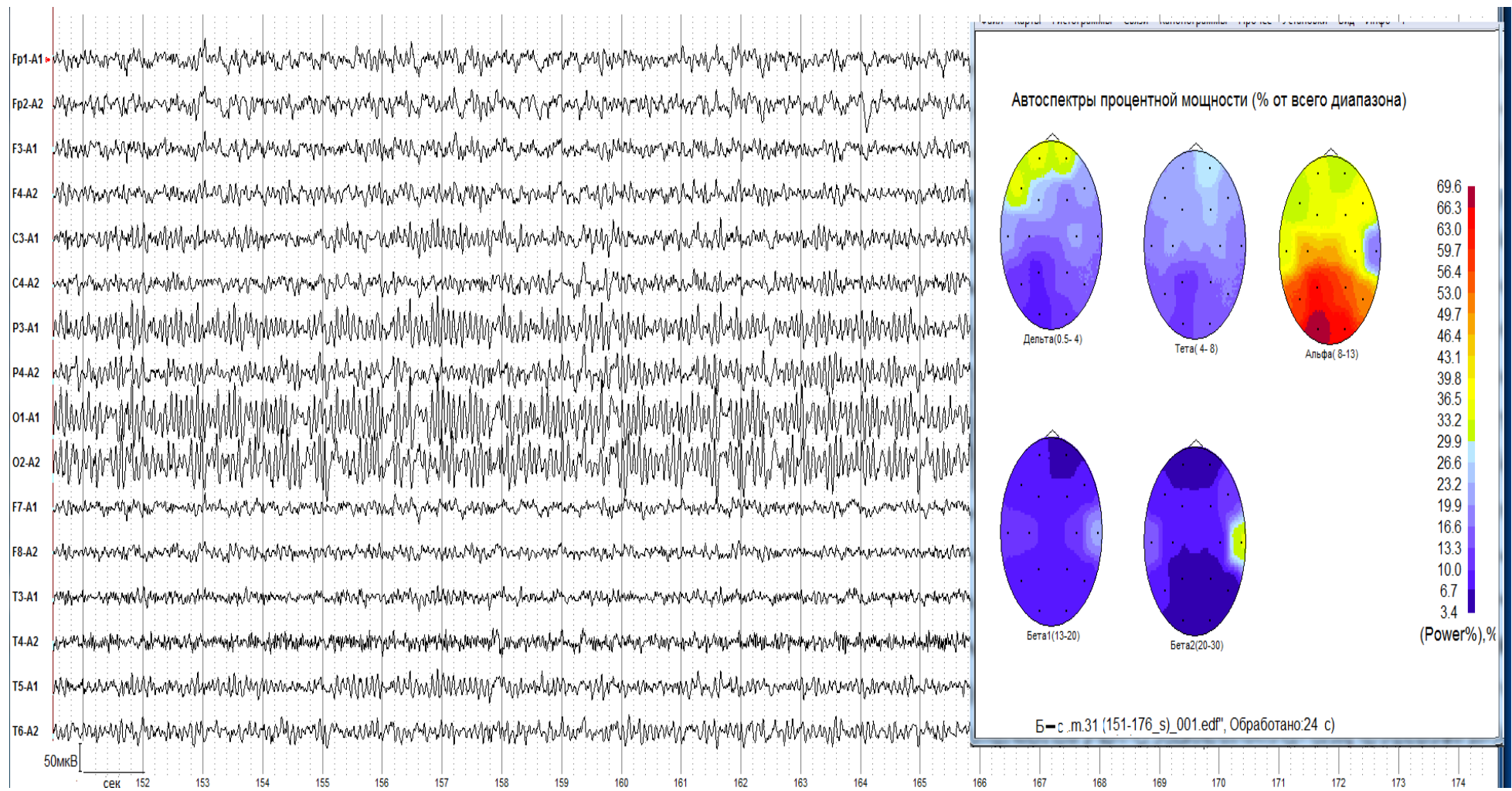


Рис. 80. Мужчина 31 год. Жалобы на утомляемость. На ЭЭГ отмечается дезорганизованность альфа-ритма, наличие острых волн, тета- и дельта-активности в передних отделах и фокус бета-активности в правой височной области

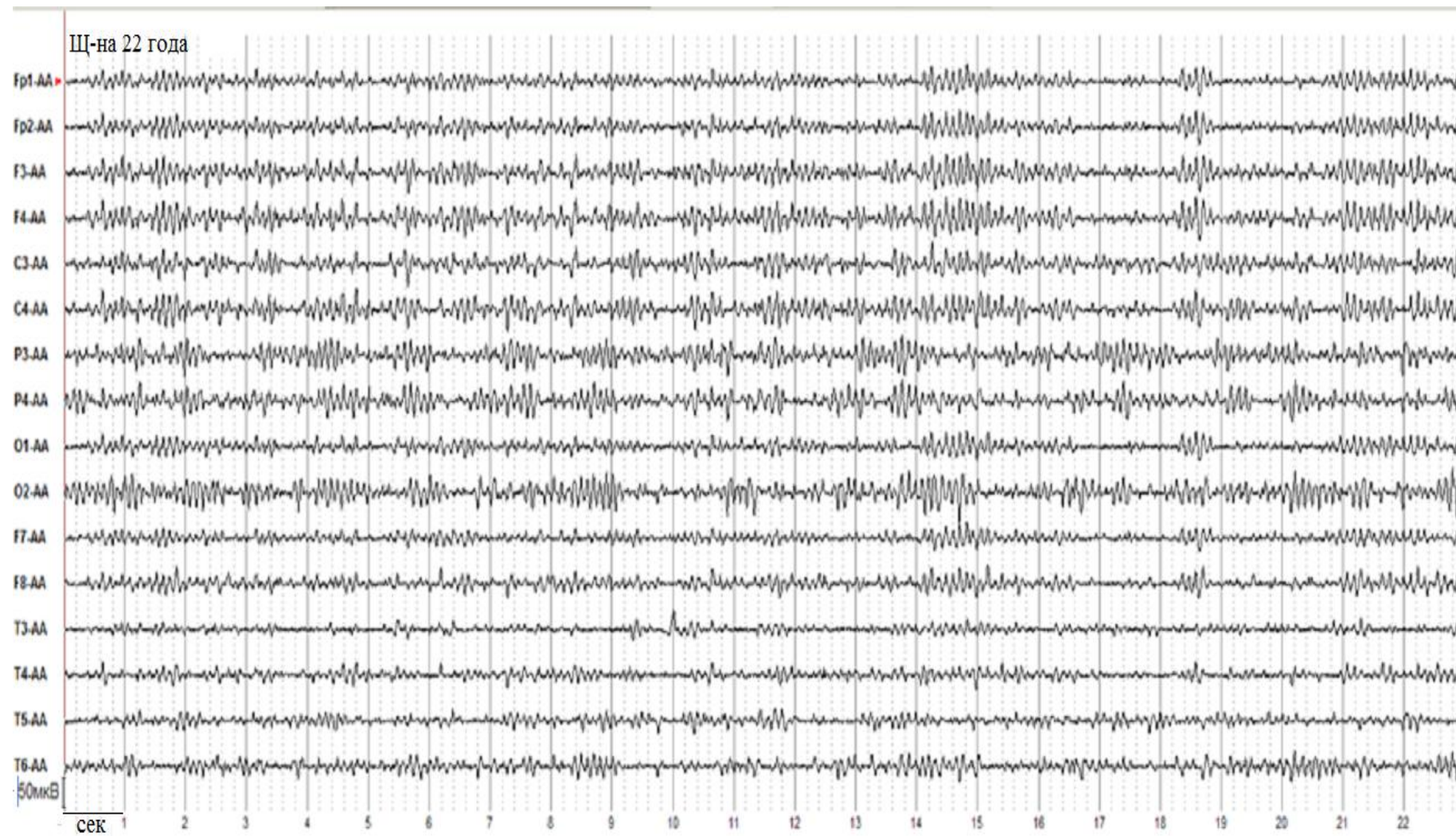


Рис. 81. Женьщина 22 года. Пролактинемия. На ЭЭГ отмечается дезорганизованность альфа-ритма, наличие острых волн, групп тета-активности

Тип V-дезорганизованный (с преобладанием тета- и дельта-активности). Этот тип характеризует слабое наличие альфа-активности. Колебания биопотенциалов альфа-, бета-, тета- и дельта-диапазонов регистрируются без какой-либо четкой последовательности (рис. 82).

Тип V означает, что у пациентов на первый план выступают уже не регуляторные, а микроструктурные поражения в коре головного мозга. При наличии ЭЭГ данного типа есть все основания говорить об органических поражениях мозга. Если на ЭЭГ этого типа выражен четкий очаг патологической активности или отчетливая межполушарная асимметрия, можно предположить наличие грубого макроочагового поражения в одном из полушарий мозга (рис. 83). При наличии локальной патологической активности рекомендуется просмотр электроэнцефалограммы в режиме биполярного монтажа, что позволит уточнить локализацию поражения (рис. 84, 85).

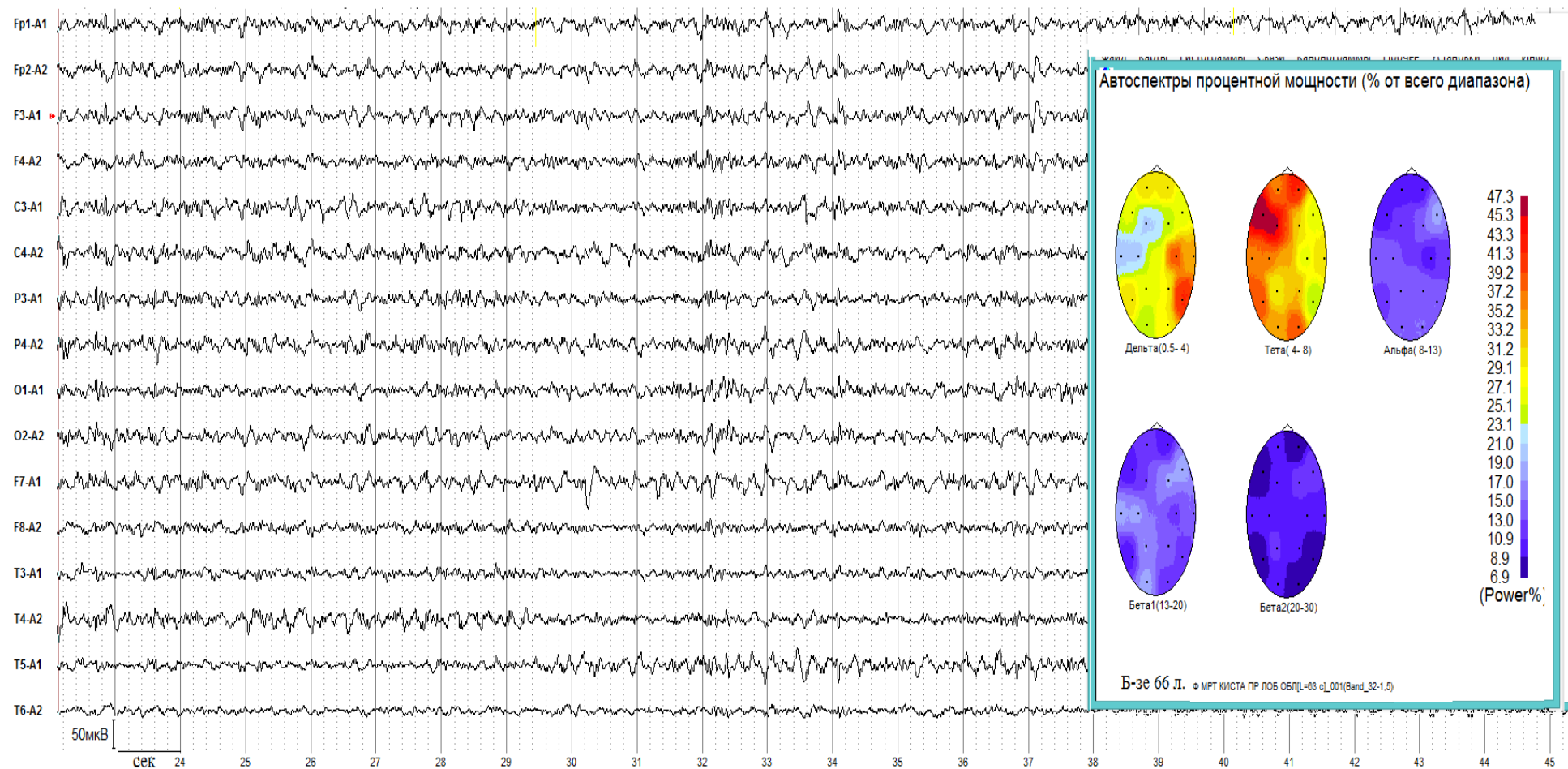


Рис. 82. Женщина 66 лет. ВГСП. Киста прав передней лобной области. На ЭЭГ колебания биопотенциалов альфа-, бета-, тета- и дельта-диапазонов регистрируются без какой-либо четкой последовательности. Выявляется четкий очаг дельта-активности в правой височной области



Рис. 83. Мужчина 24 года. В возрасте 8 лет оперирован по поводу опухоли левой лобно-височной области. В 10 лет – опухоль перекреста зрительного нерва, костная пластика не проводилась. В настоящее время – генерализованные приступы, в ночное время. На ЭЭГ отмечается дезорганизованная биоэлектрическая активность, наличие локальной дельта-активности в лобно-теменно-височной области левого полушария

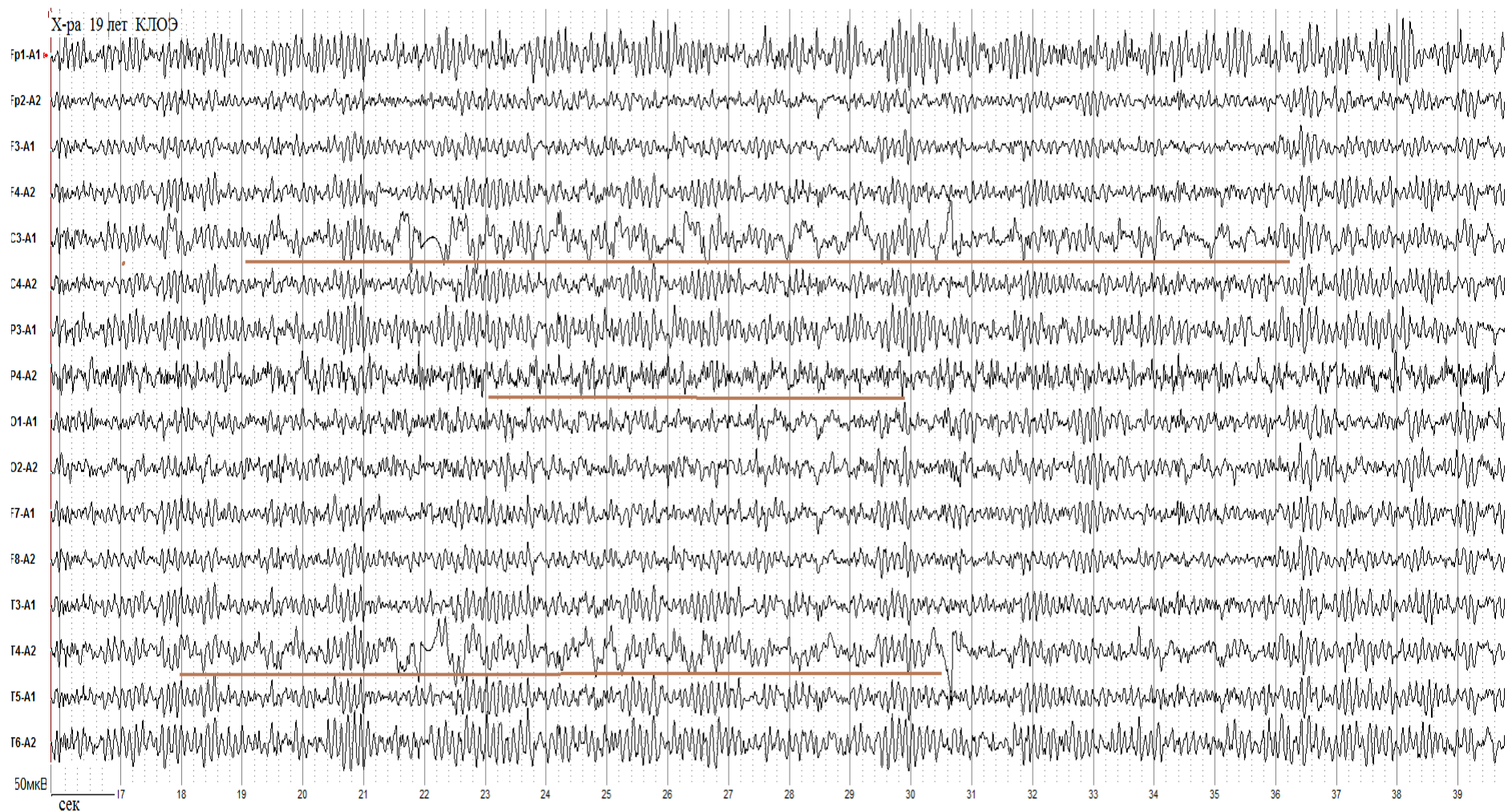


Рис. 84. Женщина 19 лет. Парциальная эпилепсия. На ЭЭГ отмечается дезорганизованная биоэлектрическая активность, наличие локальной дельта-активности в центральной области левого полушария и височной области правого полушария, и очаг бета-активности в теменных отделах правого полушария

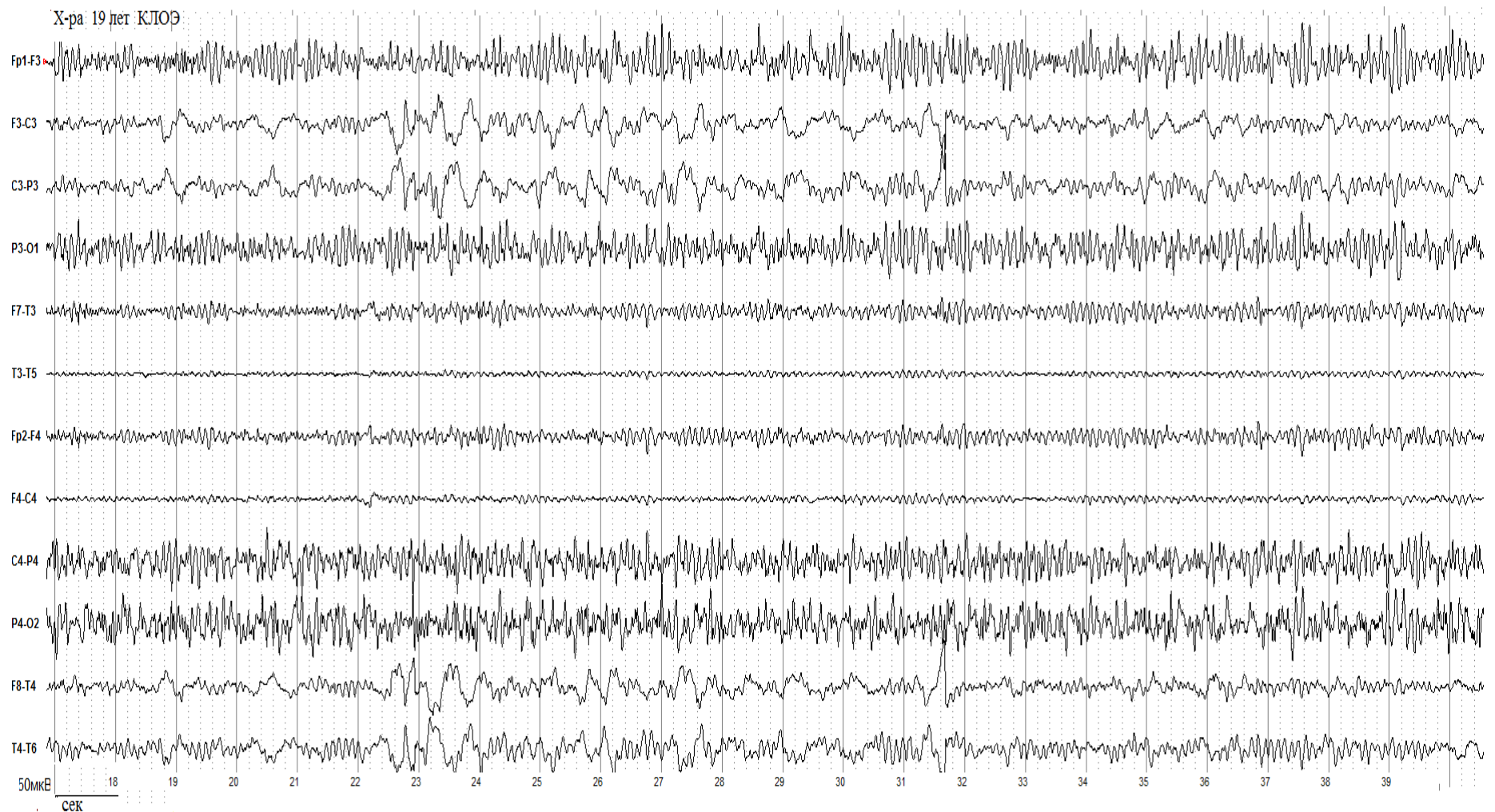


Рис. 85. Женщина 19 лет. Парциальная эпилепсия. При биполярном монтаже представлен тот же отрезок электроэнцефалограммы, что на рисунке 89. Дельта активность в отведениях F3-C3 С3-P3 и в отведениях F8-T4 регистрируется в противофазе, что позволяет предположить наличие очагов поражения соответственно в левой центральной области (С3) и в правой височной области (Т4)

Эпилептиформные паттерны ЭЭГ. Эпилептиформная активность характеризуется появлением на ЭЭГ острых волн или пиков, которые резко отличаются от основной активности фона и возникают преимущественно у лиц, страдающих эпилепсией.

Классификация нарушений ЭЭГ, принятая Американской ассоциацией нейрофизиологов в 2001 году, придерживается строгой терминологии в обозначении патологических феноменов. В классификации общепринят термин «эпилептиформная активность», в связи с его исключительным применением к электроэнцефалографическим феноменам. Согласно классификации нарушений ЭЭГ различают 9 межприступных (интериктальных) и два приступных (иктальных) эпилептиформных паттерна.

Межприступные эпилептиформные паттерны. Гипсаритмия – эпилептиформный паттерн, характеризующийся нерегулярной диффузной продолженной высокоамплитудной (>300 мкВ) медленноволновой активностью (1-3 Гц), на фоне которой регистрируются мультирегиональные пики и острые волны. Типично наблюдается при синдроме Веста (эпилептических спазмах первого года жизни) (рис. 86).

В некоторых случаях (симптоматический вариант синдрома Веста) гипсаритмия доминирует в одной из гемисфер, сочетаясь со стойкими региональными спайками в этой зоне. В отдельных случаях возможно преходящее кратковременное уплощение этой активности (вплоть до биоэлектрического молчания). Данный вариант гипсаритмии назван паттерном «вспышка-угнетение».

Паттерн «вспышка-подавление». Это разновидность периодического паттерна с падением церебральной активности (менее 10 мкВ) между относительно высокоамплитудными компонентами. Паттерн «вспышка–подавление» является характерным признаком при неонатальных приступах при синдроме Отахары в первый год жизни (рис. 87). С возрастом отмечается

эволюция в паттерне гипсаритмии синдрома Веста, затем в паттерне медленных спайк-волн синдрома Леннокса-Гасто (рис. 88).

Следует отметить, что генерализованный паттерн «вспышка-подавление» наблюдается также у взрослых пациентов без при токсической или аноксической энцефалопатии в ступоре или коме (рис. 89). При дальнейшем значительном клиническом ухудшении состояния больного этот паттерн часто может переходить в электроцеребральную инактивность. Если причиной является лекарственная или наркотическая передозировка, то паттерн обычно обратим. Если же после отмены препарата паттерн продолжает регистрироваться на протяжении нескольких часов, то можно говорить о неблагоприятном прогнозе, таком же, как и при электроцеребральной инактивности. Паттерн «вспышка-подавление» может регистрироваться также только в одном полушарии, что свидетельствует об остром глубоком поражении мозга. В целом, наличие паттерна «вспышка-подавление» является несомненным признаком патологии.

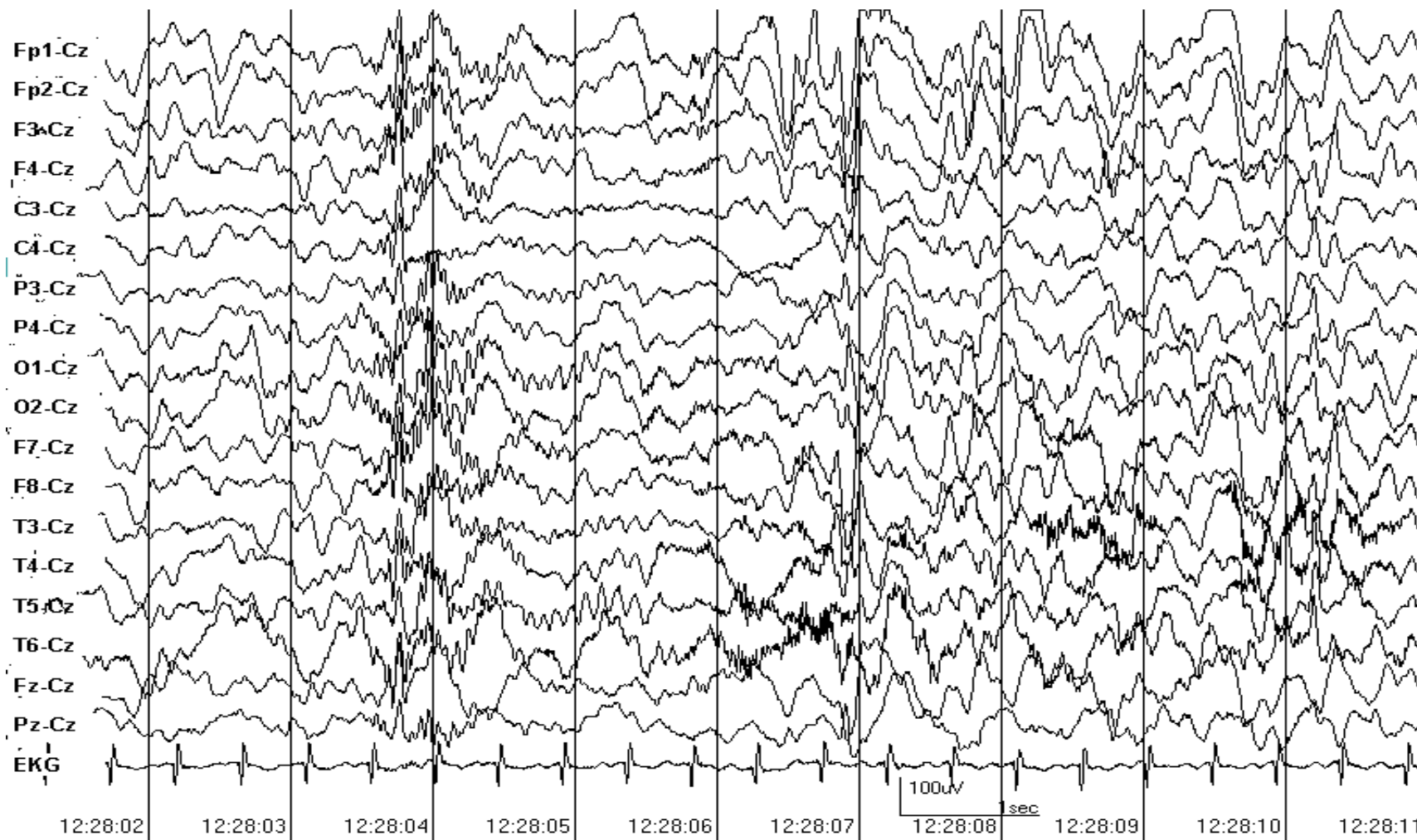


Рис. 86. Девочка 4 года. Эпилептические спазмы. ЭЭГ паттерн гипсаритмия. Клиническим эпизодам спазмов на ЭЭГ соответствует вспышка быстрой активности



Рис. 87. Синдром Отахара. ЭЭГ паттерн «вспышка-подавление» (В.Л.Родригес, 2004)

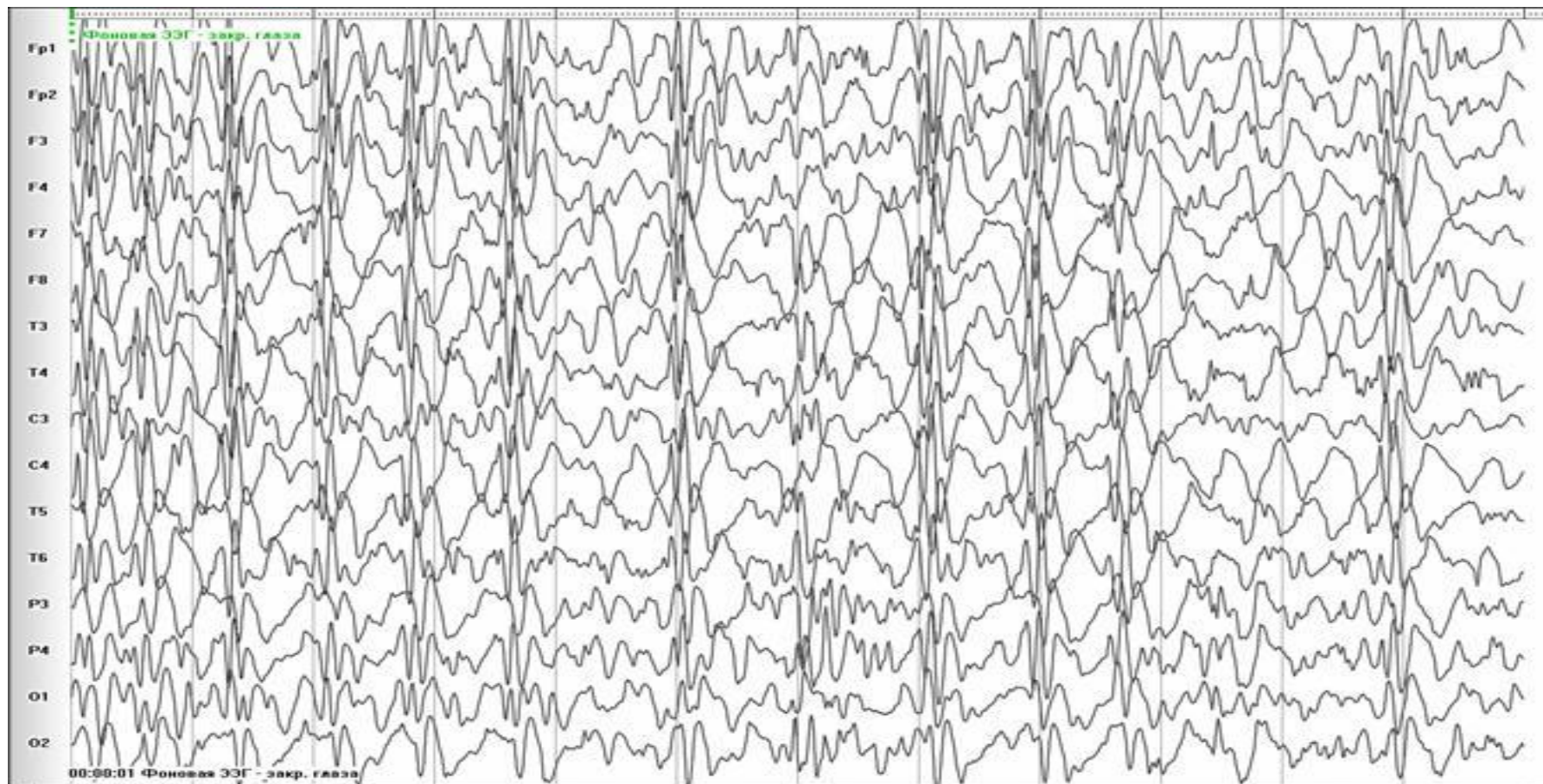


Рис. 88. Синдром Леннокса-Гасто. На ЭЭГ медленные комплексы пик-волна 1,5-2,5 Гц (В.Л.Родригес, 2004)

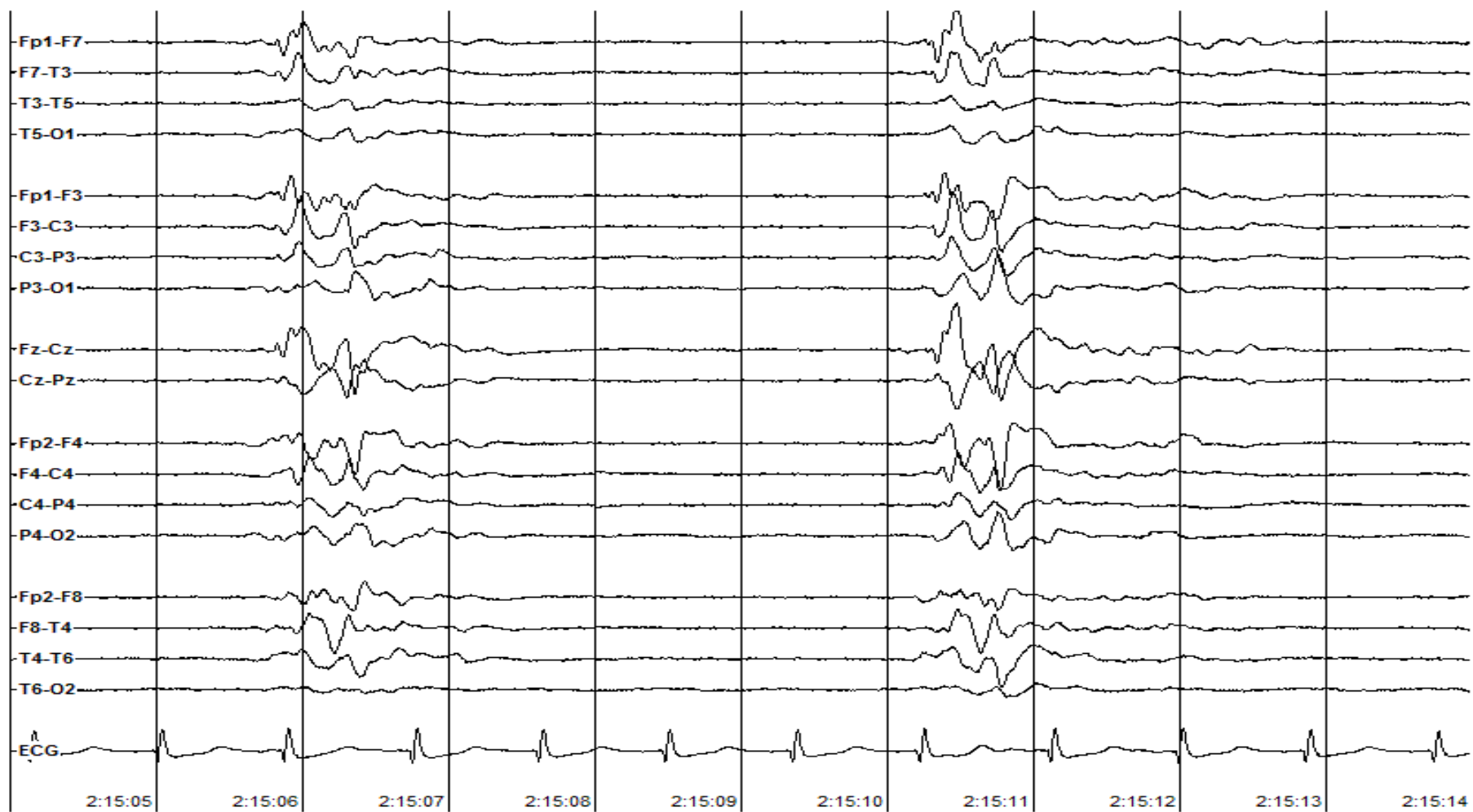


Рис. 89. Пациент 22 года. Аноксическая энцефалопатия после остановки сердца. Паттерн «вспышка-подавление»

Иктальные эпилептиформные паттерны: ЭЭГ приступа, ЭЭГ статуса. ЭЭГ приступа – внезапное изменение биоэлектрической активности, ассоциированное с эпилептическим приступом. ЭЭГ паттерн приступа может возникать как генерализованно, так и регионально (рис. 90,91).

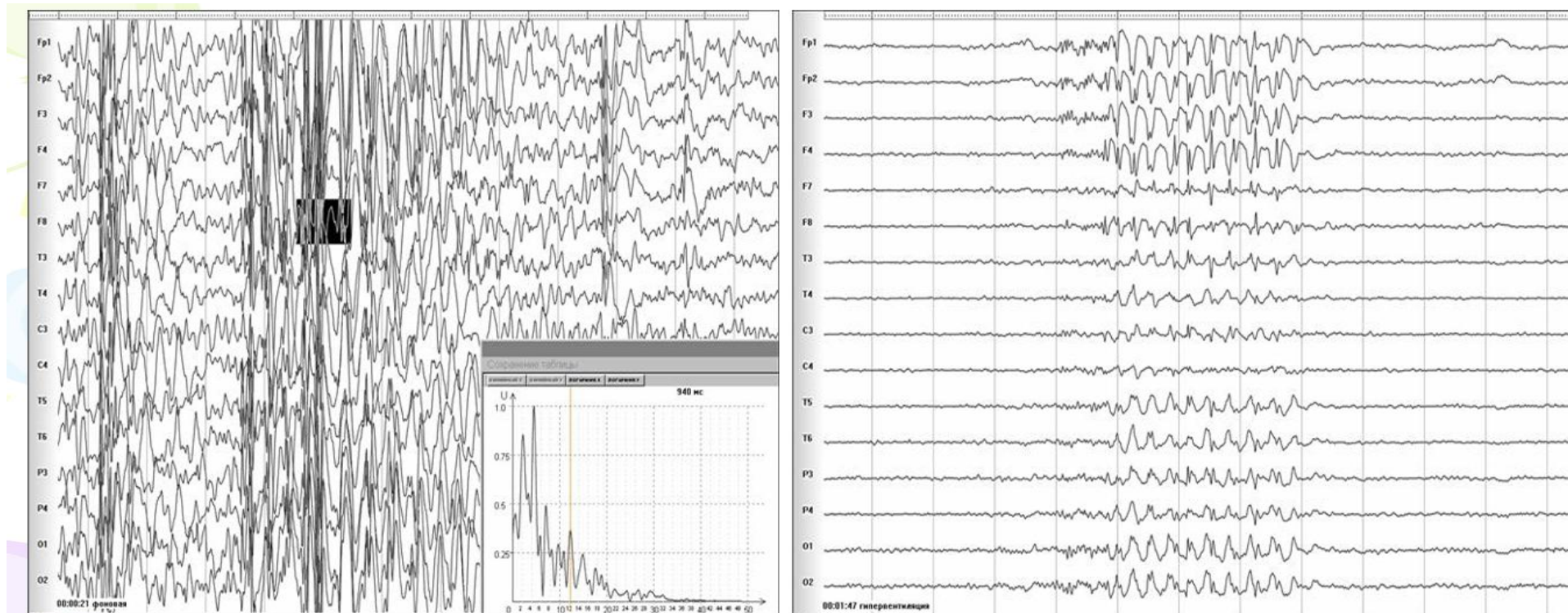


Рис. 90. Паттерн ЭЭГ характерный для типичного абсанса. Слева: Разряд высокоамплитудной пароксизмальной активности ЭЭГ с пиком на частотах кратных 3 Гц. Справа: Тот же отрезок ЭЭГ, уменьшение усиления в 4 раза. Отчетливо видно синхронное возникновение и окончание пароксизмальной активности по всем отведениям

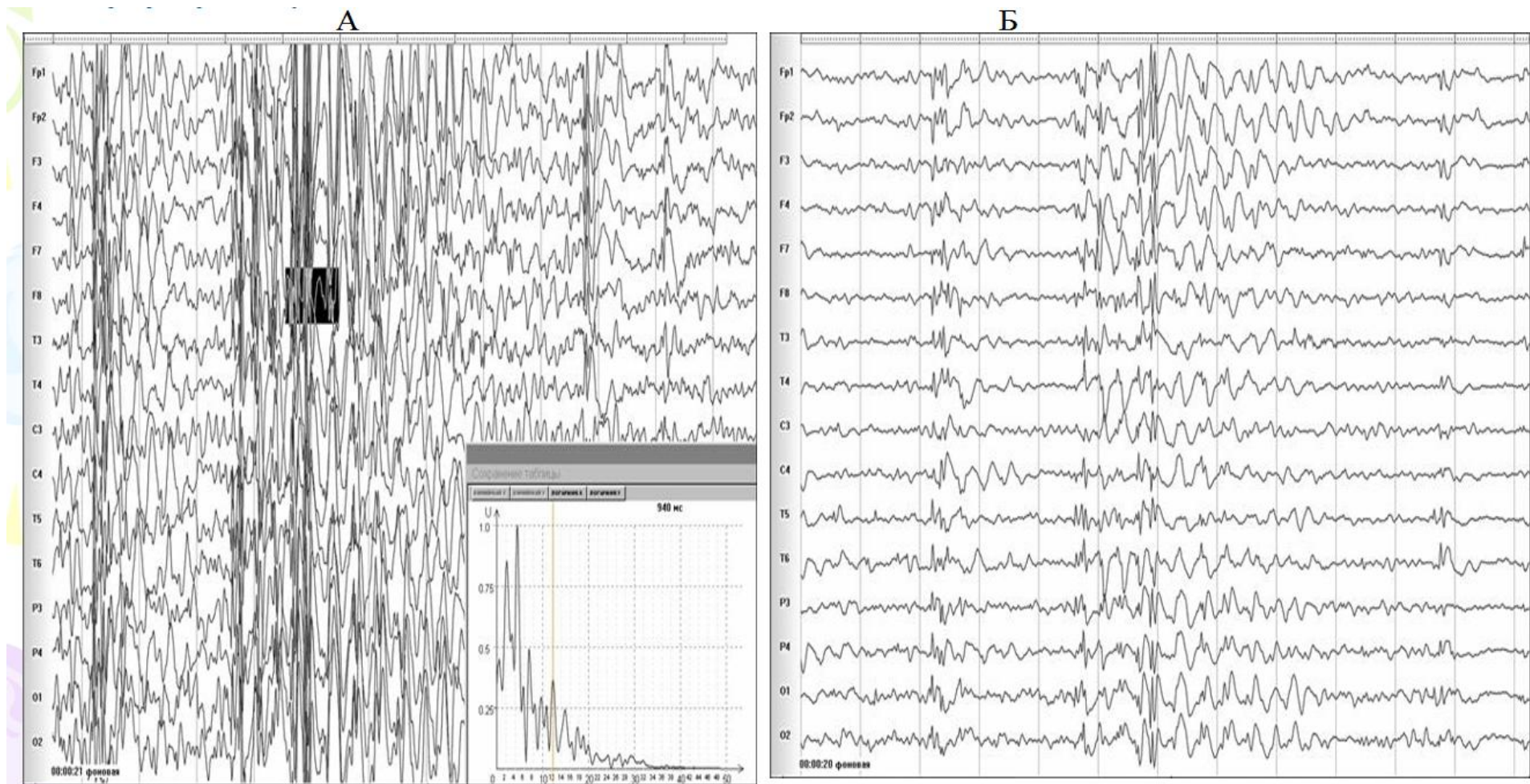


Рис. 91. Паттерн ЭЭГ, характерный для атипичного абсанса. А – разряд высокоамплитудной пароксизмальной активности ЭЭГ с пиком на частотах не кратных 3 Гц. Б – тот же отрезок ЭЭГ, уменьшение усиления в 4 раза. Отчетливо видно различие по времени окончания пароксизмальной активности

ЭЭГ статуса определяется в случае продолженных эпилептиформных паттернов ЭЭГ приступа или часто повторяющихся паттернов ЭЭГ приступа без восстановления нормального ритма фоновой записи между ними. Следует отметить, что ЭЭГ статуса может не коррелировать с клиническими симптомами эпилептического статуса (рис. 92). Классический пример – электрический эпилептический статус медленного сна; тяжелая форма эпилепсии с выраженными когнитивными нарушениями, при которой частота и выраженность эпилептических приступов может быть минимальна или приступы отсутствуют. Таким образом, даже высокоспецифичные паттерны ЭЭГ приступа и ЭЭГ статуса, следует рассматривать в контексте с клиническими данными.

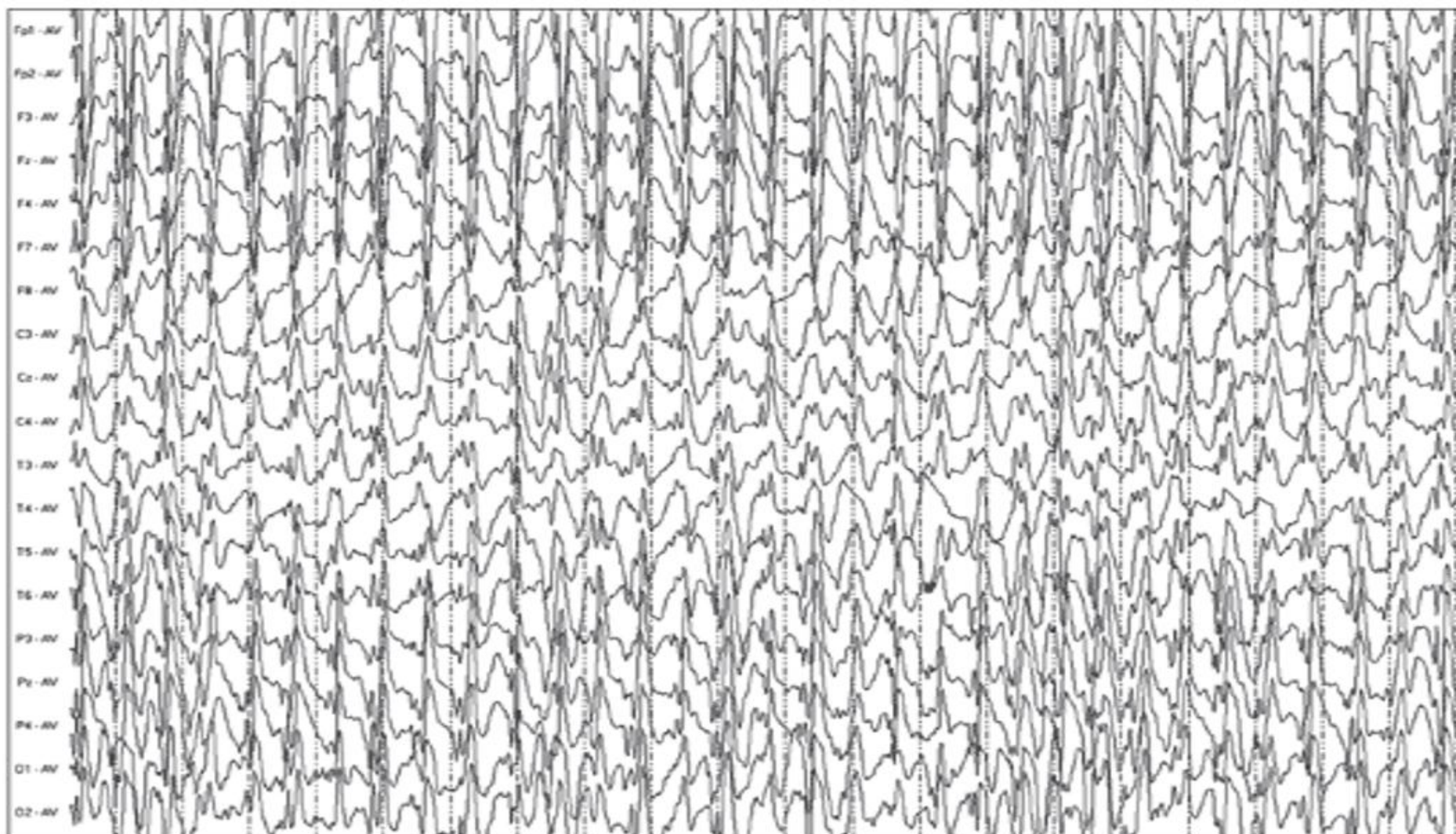


Рис. 92. Синдром Леннокса-Гасто. Электрический эпилептический статус сна (В.Л.Родригес, 2004)

Контрольные вопросы:

1. Что такое паттерны ЭЭГ?
2. Назовите основные виды активности электроэнцефалограммы.
3. Опишите критерии нормы и патологии при оценке альфа – активности.
4. Опишите критерии нормы и патологии при оценке бета – активности.
5. Опишите критерии нормы и патологии при оценке тета – активности.
6. Опишите критерии патологии при оценке дельта – активности.
7. Охарактеризуйте эпилептическую активность.

ГЛАВА 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭЭГ. АЛГОРИТМ ОПИСАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭЭГ-ДАННЫХ

Применение математического анализа позволяет более полно охарактеризовать отдельные составляющие электроэнцефалограммы человека. Среди математических методов анализа ЭЭГ привлекают внимание метод вычисления спектров мощности, взаимных спектров и комплексной функции когерентности.

Широкое применение получили такие методы, как частотный, спектрально-когерентный и корреляционный анализ, позволяющие оценить пространственно-временные параметры электрической активности. Когерентность отражает степень синхронности изменений ЭЭГ в двух различных точках в частотной области, а кросскорреляция – во временной. С помощью вычисления когерентности ЭЭГ определяется статистическая связь между колебаниями биопотенциалов, протекающих в различных отделах мозга. Средние уровни когерентности ЭЭГ здоровых людей в состоянии бодрствования стабильны при повторных исследованиях через разные интервалы времени. Многочисленные исследования различных методов анализа ЭЭГ позволили сделать заключение, что наиболее информативные параметры функционирования мозга могут быть получены на основании

функции когерентности, позволяющей охарактеризовать мозаику межцентральных отношений.

Однако, ни один из имеющихся в арсенале методов анализа ЭЭГ не может в полной мере осветить всех сторон такого сложного процесса, как электрическая активность головного мозга человека. Только комплекс разных методов позволяет проанализировать закономерности ЭЭГ, описать и количественно оценить совокупность всех её составляющих.

Частотный анализ позволяет разложить сложную кривую электрической активности мозга на составляющие её частотные компоненты и получить спектр биоэлектрических колебаний мозга, выделить и количественно оценить частотные составляющие ЭЭГ, которые при визуальной оценке оказываются маскированными доминирующими колебаниями. Например, на ЭЭГ больных с поражениями мозга, когда медленные волны достигают большой амплитуды и полностью исключают возможность судить о наличии или отсутствии других составляющих ЭЭГ.

Спектральный анализ близок по смыслу к описанию частотных характеристик при визуальном анализе. С помощью спектрального анализа можно определить не только индивидуальную выраженность различных ритмических составляющих в сложной ЭЭГ, но и их соотношение. Метод спектрального анализа позволяет получить информацию о суммарной мощности спектра ЭЭГ и его частотных составляющих. Результаты спектрального анализа представляются в виде графиков спектральной плотности мощности, графиков амплитудных спектров, топографических карт, а также различных количественных показателей в табличном виде. В основе большинства современных компьютерных программ лежит спектральный анализ ЭЭГ на базе дискретного преобразования Фурье с графическим представлением и картированием результатов обработки для всех физиологически значимых диапазонов частот.

Пространственные отношения электрической активности мозга человека в норме и при различной патологии исследуются по методу

пространственных отношений ЭЭГ в форме «топографических карт» головы. В норме эти карты имеют большую симметричность между полушариями и определенный тип рисунка по распределению альфа-ритма (рис. 93, 94).

Топографические карты в наглядной и сжатой форме показывают пространственное распределение различных параметров. Использование спектрограмм и количественных спектральных показателей снижает степень субъективности при описании и интерпретации ЭЭГ при оценке наличия и выраженности амплитудной и частотной асимметрии, при анализе структуры частотных составляющих, их выраженности в различных областях мозга, а также при выявлении фокальных проявлений (рис. 95, 96).

Спектральный анализ ЭЭГ позволяет определить индекс частотных диапазонов ЭЭГ для стандартных и выделенных диапазонов частот (рис. 97). Индекс ритма – время наличия определенного ритма (активности) по отношению ко всему времени регистрации ЭЭГ, выраженное в процентах. В норме альфа-ритм составляет 75-95%, снижение индекса альфа-активности ниже 50% расценивается, как признак патологических изменений.

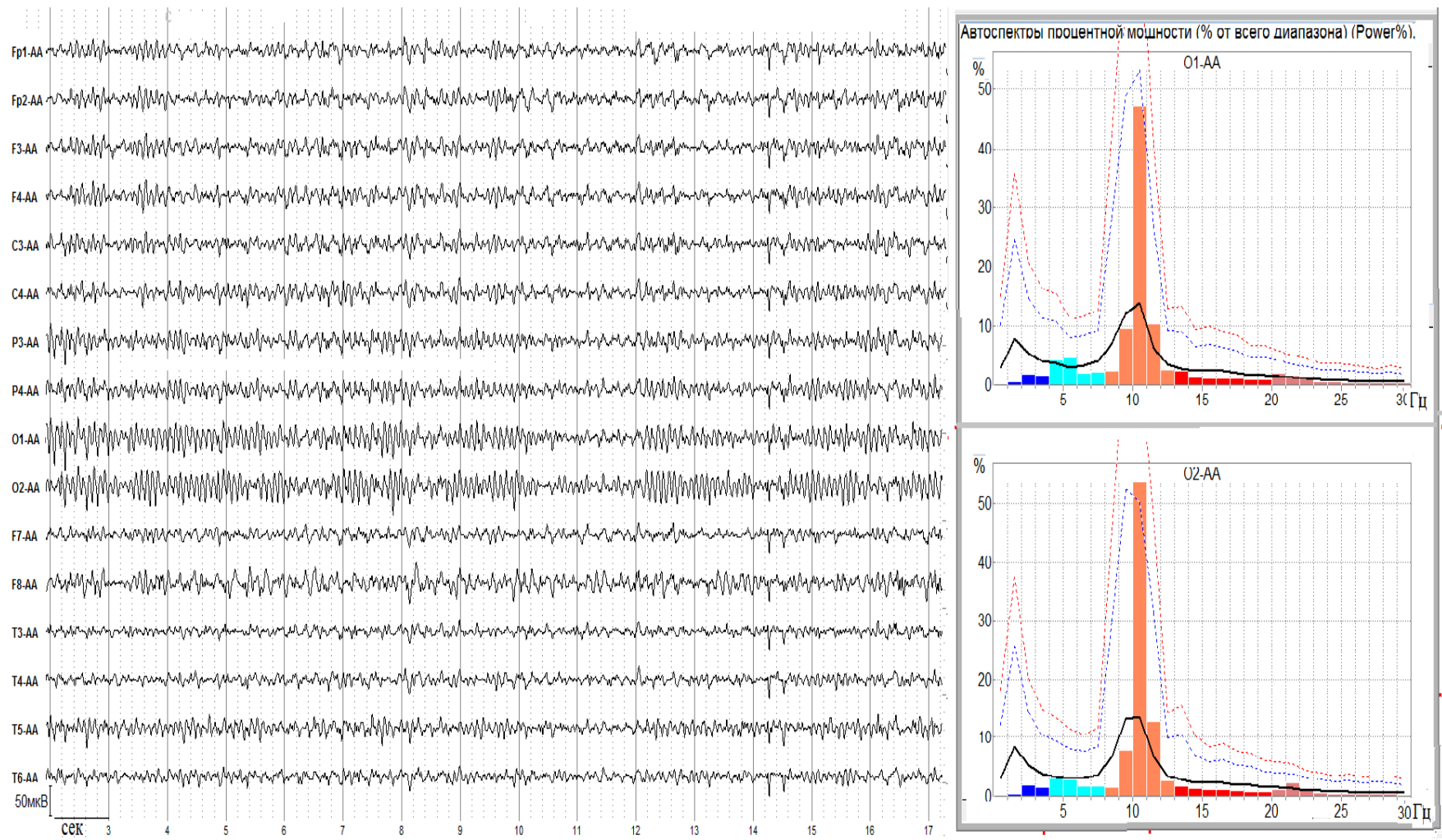


Рис. 93. Мужчина 44 года. Вариант нормы. Электроэнцефалограмма и гистограмма спектра мощности затылочных отведений: O1-левое полушарие, O2-правое полушарие. По оси абсцисс – диапазон частот в Гц, по оси ординат – мощность спектра в % от всего диапазона частот. Пик мощности спектра альфа-активности в обеих гемисферах находится в диапазоне 10 Гц

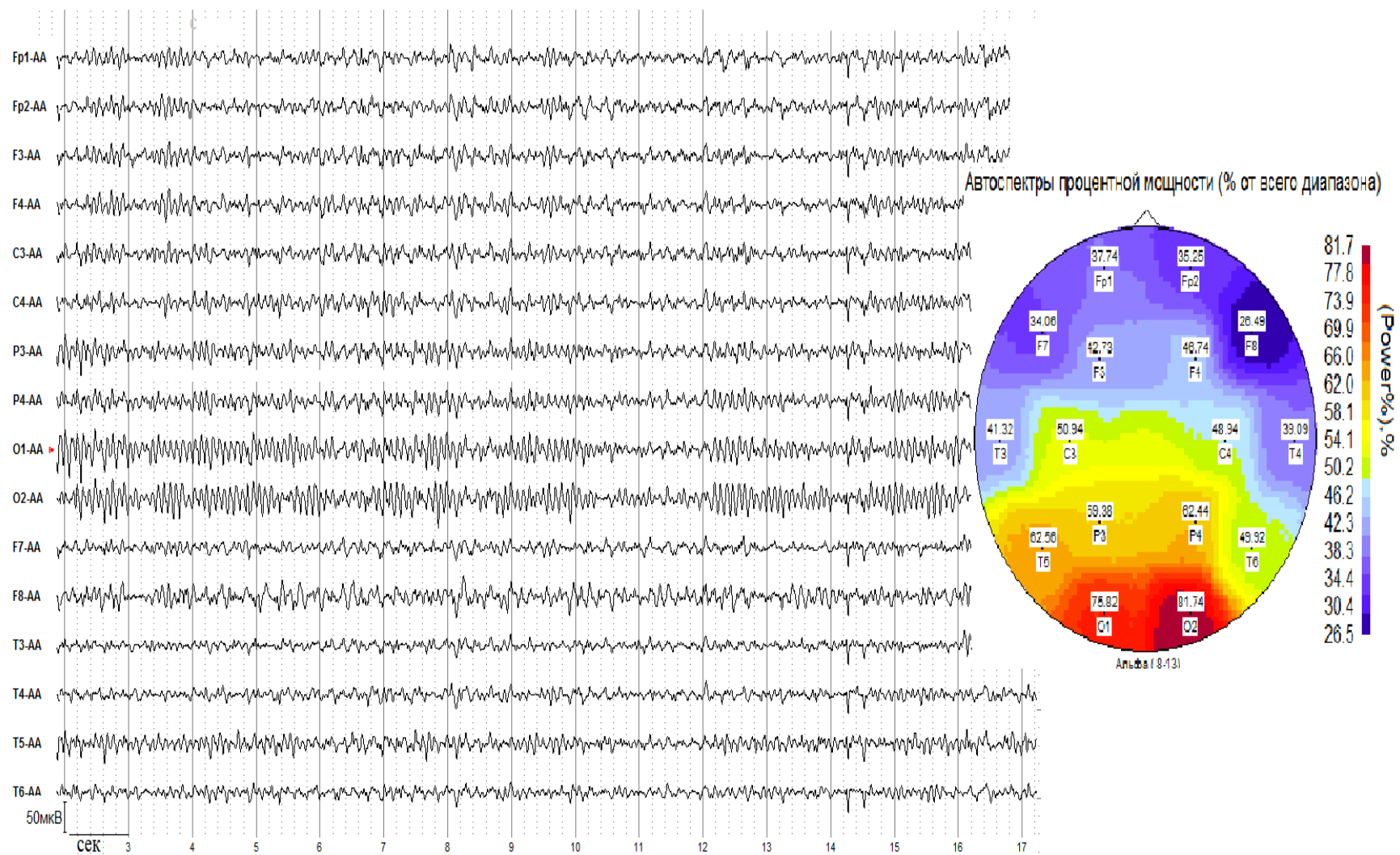


Рис. 94. Тот же отрезок ЭЭГ. Электроэнцефалограмма и карта спектра мощности альфа-ритма. Основная зона регистрации альфа-ритма располагается в затылочно-теменных отделах головного мозга с фокусом в затылочных отделах правого полушария

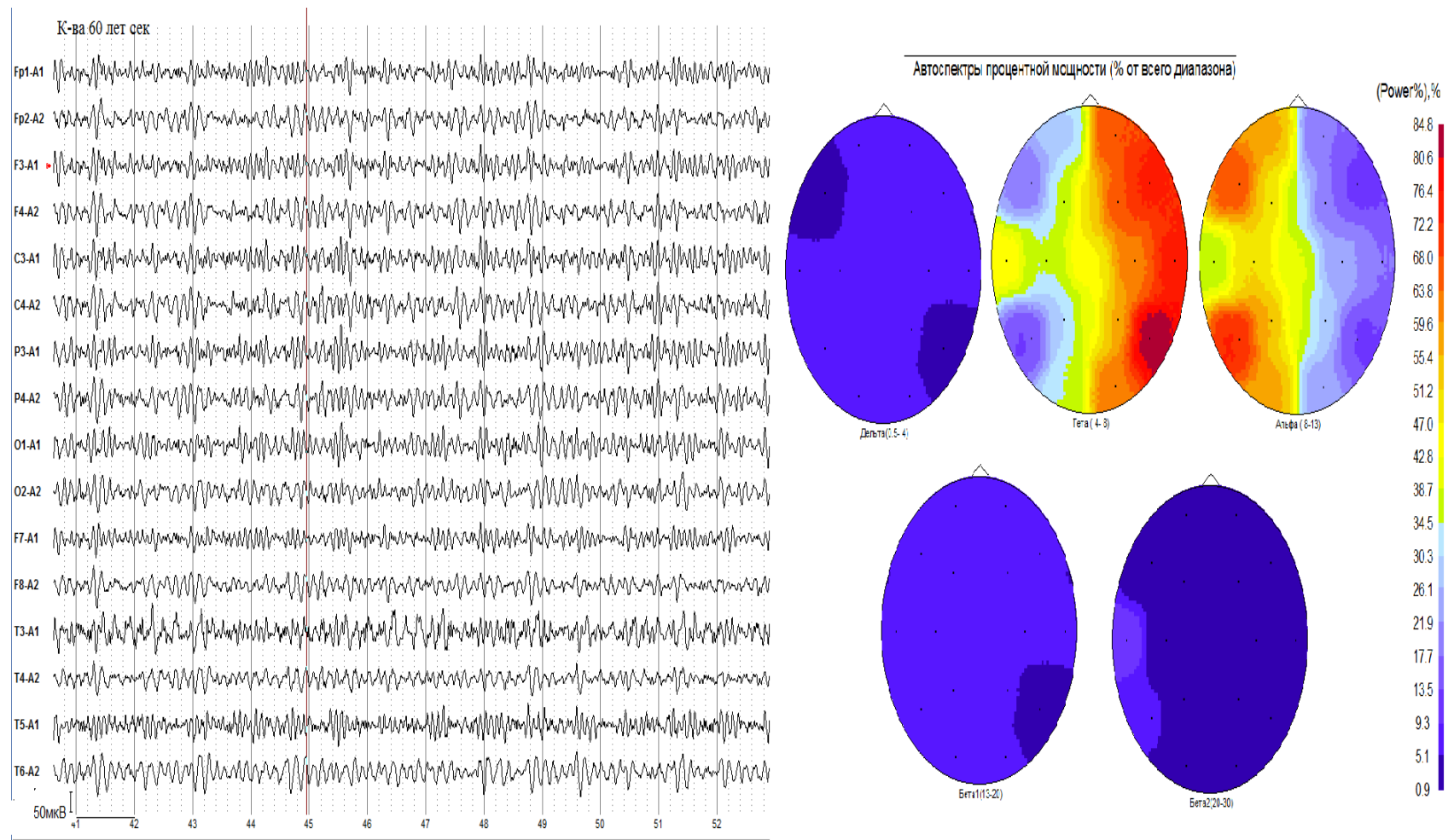


Рис. 95. Женщина 60 лет. Головные боли (обследование). Электроэнцефалограмма и карты спектра мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ. На спектрограммах тета- и альфа-активности выявляется резкая асимметрия с отчетливым преобладанием альфа-активности по всем отведениям левого полушария, а тета-активности - по всем отведениям правого полушария с фокусом в средне-височной области

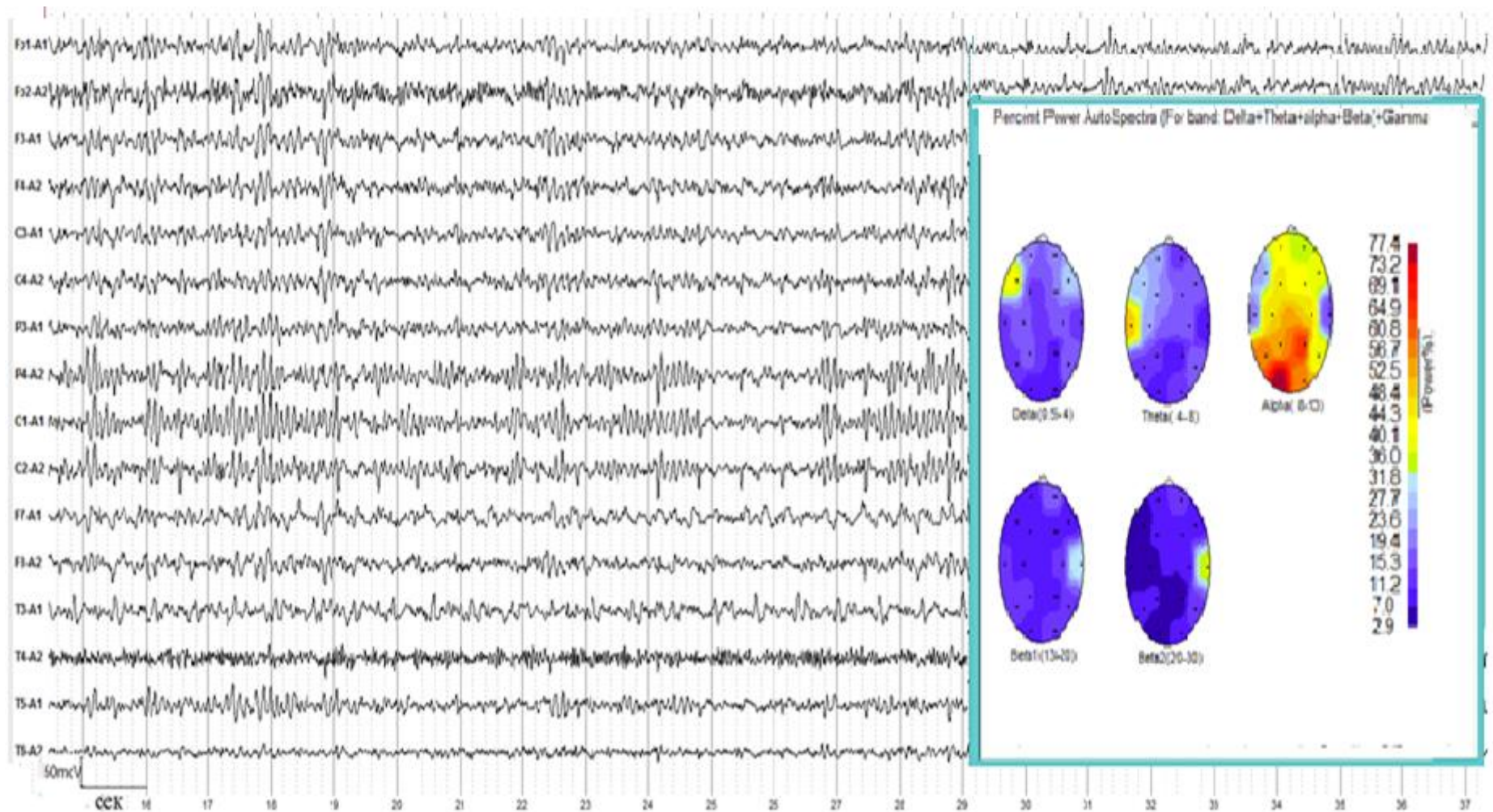


Рис. 96. Мужчина 69 лет. ОНМК левой средне-мозговой артерии. Электроэнцефалограмма и карты спектра мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ. На спектрограммах выявляется очаг дельта-активности в левой передне-височной области и тета-активности в средневисочной области. В контрлатеральном полушарии в средневисочной области выявляются очаги бета-активности

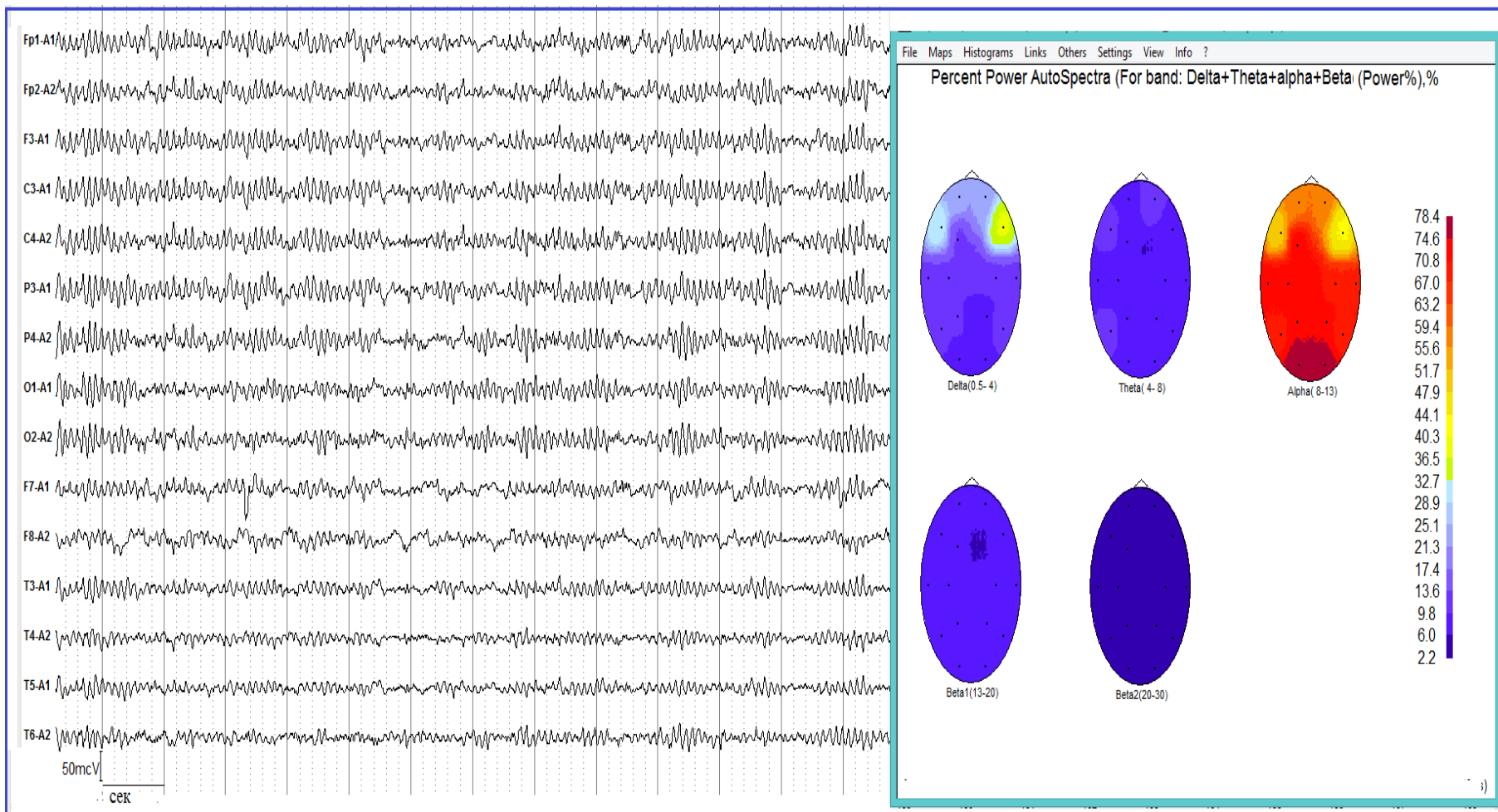
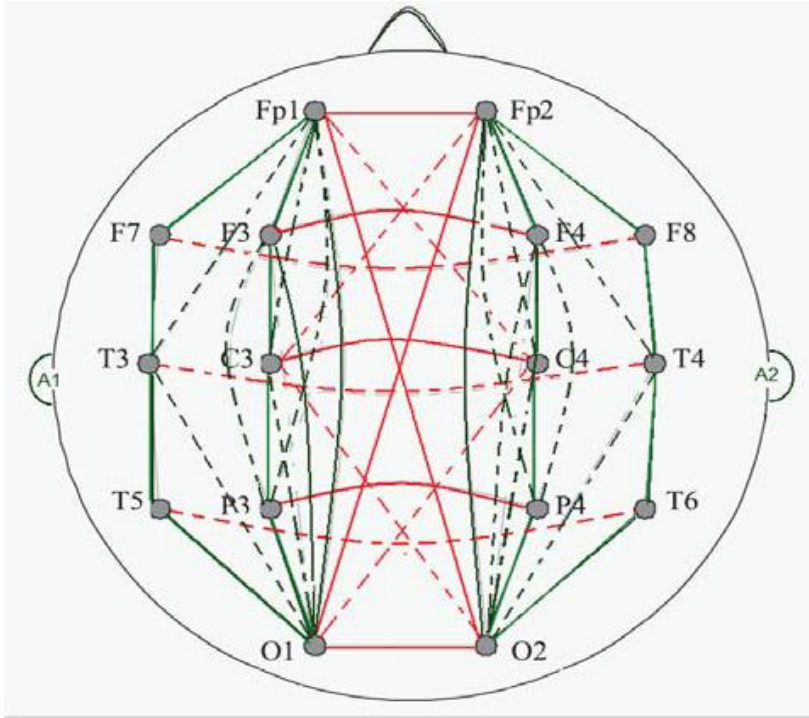


Рис. 97. Электроэнцефалограмма и карты спектра мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ. На шкале процентной мощности спектрограмм ЭЭГ максимальное значение индекса 78,4 % отмечается в диапазоне альфа-активности в затылочных отделах мозга

Когерентный анализ.



Показатели мощности и когерентности ЭЭГ отражают различные аспекты функциональной активности мозга. Мощность ЭЭГ характеризует локальную активность нейронных ансамблей в определенной области коры, а когерентность показывает степень связанности и согласованной работы нейронных ансамблей различных отделов головного мозга. Когерентный анализ проводится для близлежащих и удаленных областей мозга в пределах каждого из полушарий и для одноименных областей мозга правого и левого полушарий, что позволяет характеризовать короткие и длинные внутри- и межполушарные связи соответственно. Полная схема анализируемых связей представлена на рисунке 98.

Рис. 98. Схема анализируемых когерентных связей ЭЭГ.

Когерентность (КОГ) отражает степень синхронности изменений ЭЭГ в двух различных точках. Использование различных методов анализа ЭЭГ позволило сделать заключение, что на основании функции когерентности возможно охарактеризовать мозаику межцентральных отношений. С помощью вычисления когерентности ЭЭГ определяется статическая связь между колебаниями биопотенциалов, протекающих в различных отделах головного мозга. Средние уровни когерентности ЭЭГ здоровых людей в состоянии бодрствования стабильны при повторных исследованиях через разные интервалы времени.

Значения коэффициентов когерентности (КК) варьируют от 0 до 1. Чем выше значение когерентности, тем согласованнее активность данной области с другой, выбранной для измерения. КК может оказаться сниженным или избыточным. Однако, это не обеспечивает нормальное взаимодействие мозговых структур и сопровождается нарушением функционального состояния мозга. Анализ межцентральных отношений электрических процессов головного мозга здоровых людей показал, что средние уровни межполушарных когерентностей, независимо от типа ЭЭГ, характеризуются наличием переднезаднего градиента когерентности (максимальные значения КОГ наблюдаются в передних отделах коры с постепенным убыванием к затылочным областям). Наименее сочетанными являются ЭЭГ височных отделов вследствие их наибольшей удаленности друг от друга (Рис. 99).

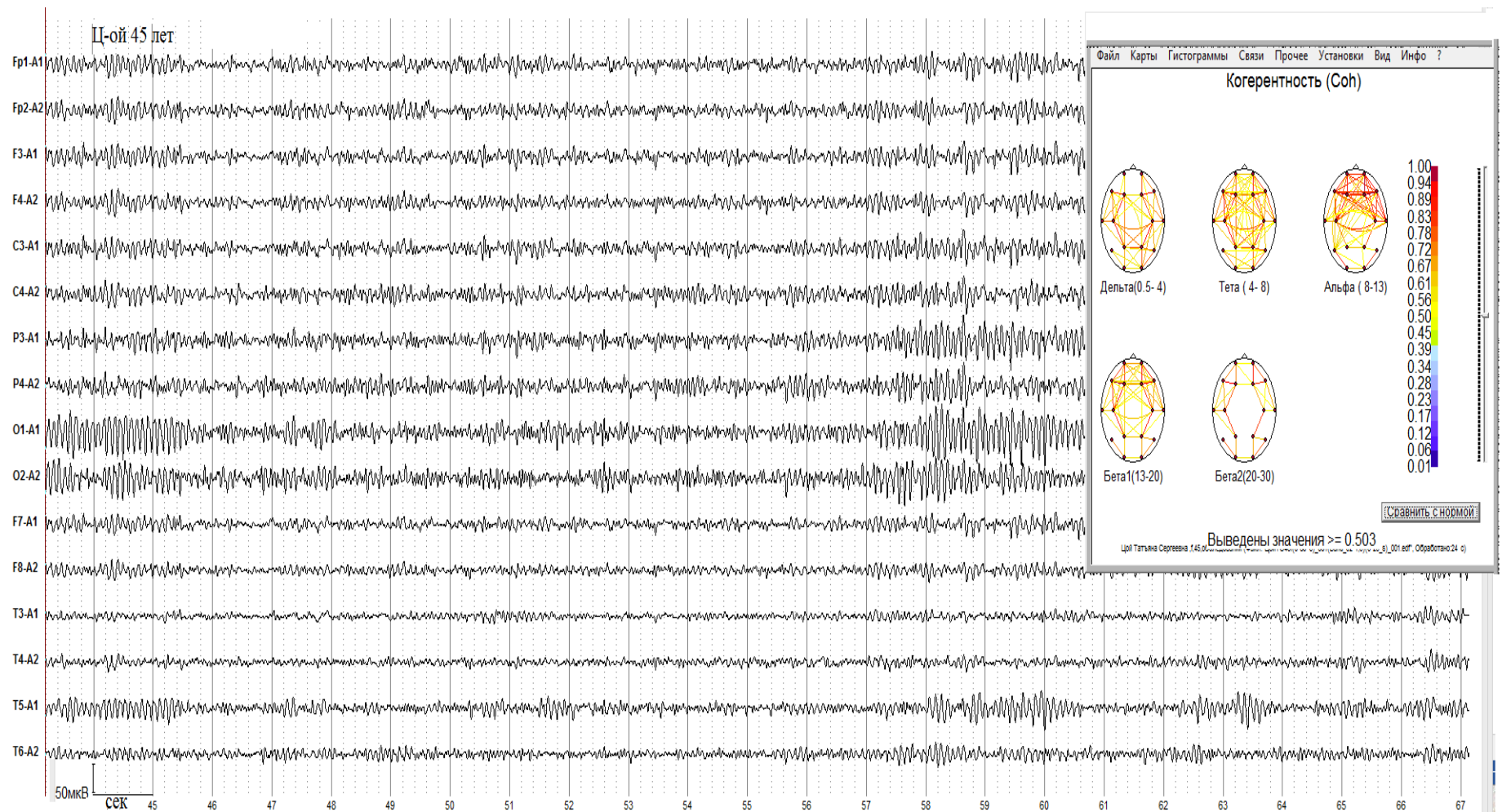


Рис. 99. Мужчина 45 лет. Электроэнцефалограмма и особенности организации внутрислоушарных и межполушарных отношений по показателям КОГ. ЭЭГ в пределах нормы. По средним показателям КОГ отмечается высокий уровень межполушарных связей в диапазоне альфа- активности в передних отделах со снижением градиента в затылочных отделах.

Основным преимуществом когерентного анализа является независимость коэффициента когерентности (КК) от амплитуды колебаний сигналов различных областей мозга (Рис. 100).

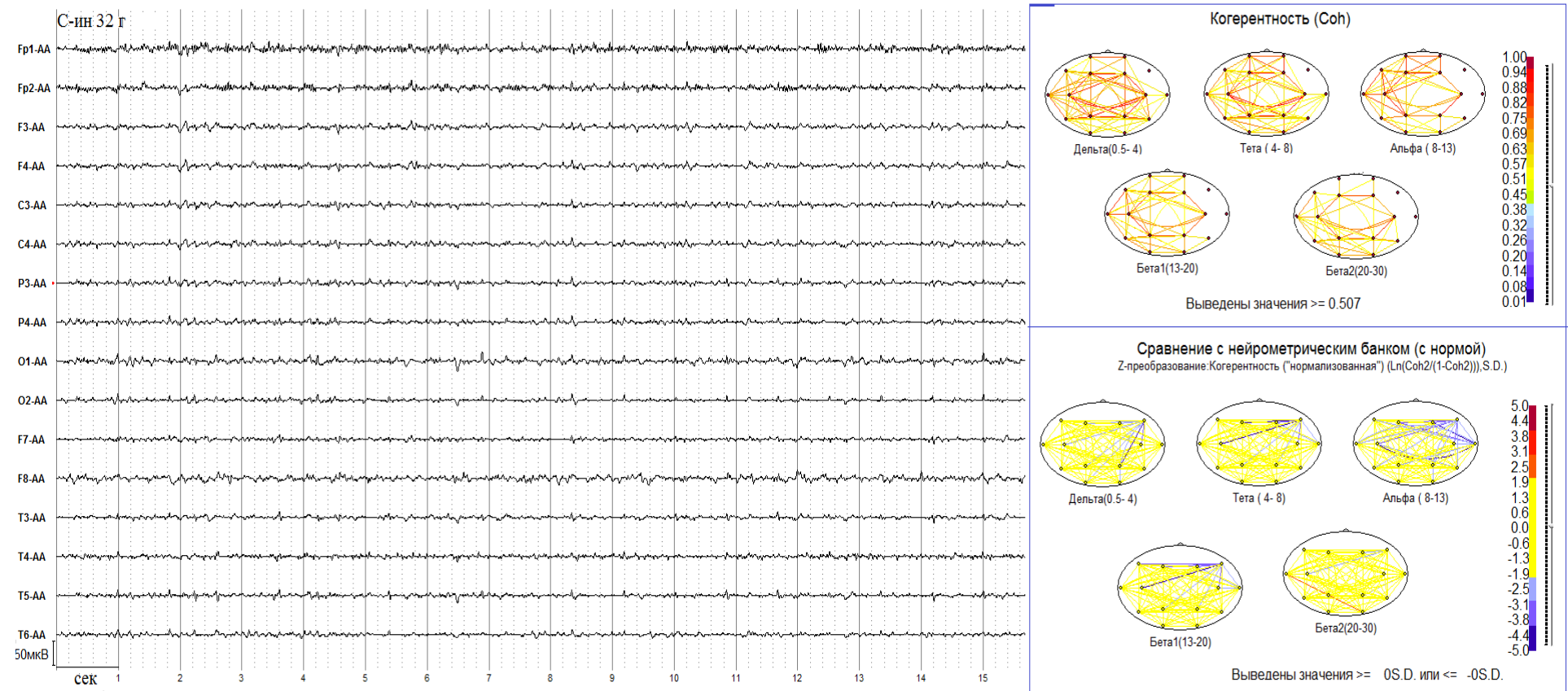


Рис. 100. Мужчина 32 года. Неврологических жалоб нет. Электроэнцефалограмма и особенности организации внутриполушарных и межполушарных отношений по показателям КОГ. Плоский тип ЭЭГ (вариант нормы). По средним показателям КОГ отмечается высокий уровень межполушарных связей в диапазоне альфа- и тета- активности в передних отделах. Отмечается снижение меж- и внутриполушарных связей в правой лобно-височной области.

При вовлечении в патологический процесс корковых очагов отмечается падение внутрислошарных связей в полосе тета- и альфа-частот в зоне проекции поражения с возможностью усиления связей медленных патологических волн. Избирательное усиление КОГ центральных областей по отдельным частотным составляющим тета- или замедленного альфа-диапазона наблюдается при поражении диэнцефальных структур. Такая форма изменений проявляется при нарушении пространственной организации альфа-ритма в коре в виде его генерализации или смещения фокуса в передние отделы и отражает усиление синхронизирующего влияния вовлеченных в патологический процесс диэнцефальных структур на корковую зону их проекции.

Межполушарная когерентность является показателем интенсивности интегративных процессов между гомологичными участками коры и снижается при различных патологических процессах в мозге, протекающих с вовлечением синхронизирующих структур лимбико-ретикулярного комплекса (Рис. 101,102,103, 104).

Когерентность может быть использована в качестве предикторов эффективности лечения, а также для оценки действия препаратов с целью построения дифференцированных клинико-диагностических и терапевтических программ, направленных на оптимизацию помощи больным. Однако, применение когерентного метода обработки ЭЭГ до сих пор ограничивается преимущественно научными целями.

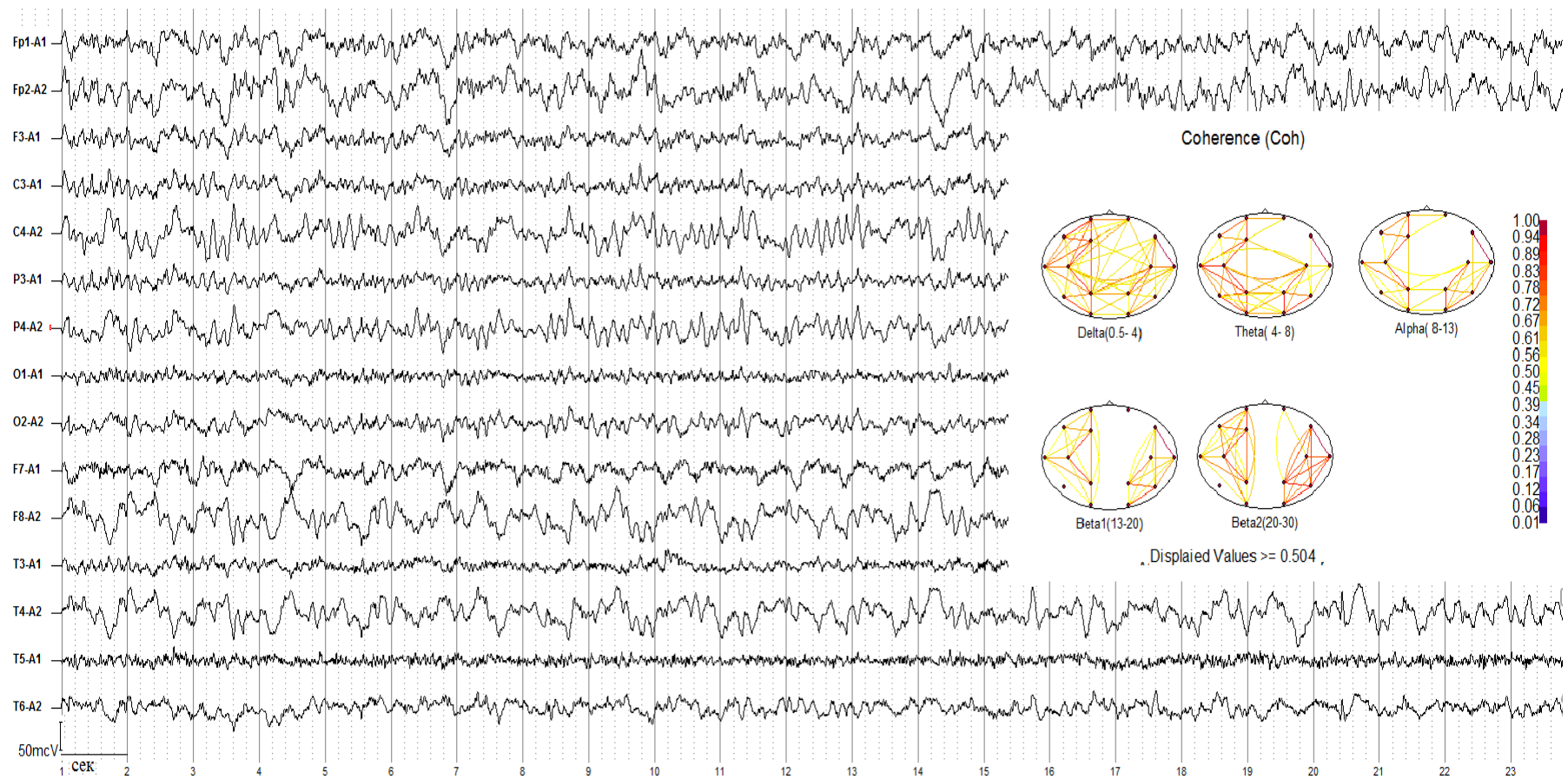


Рис.101. Мужчина 51 год. Киста правой лобно-теменно-височной области. Электроэнцефалограмма и особенности организации внутриполушарных и межполушарных отношений по показателям КОГ. Характерно значительное снижение межполушарных связей в диапазоне альфа- и бета-активности и усиление внутриполушарных тета- и дельта- в левом полушарии и бета-активности – в правом полушарии.

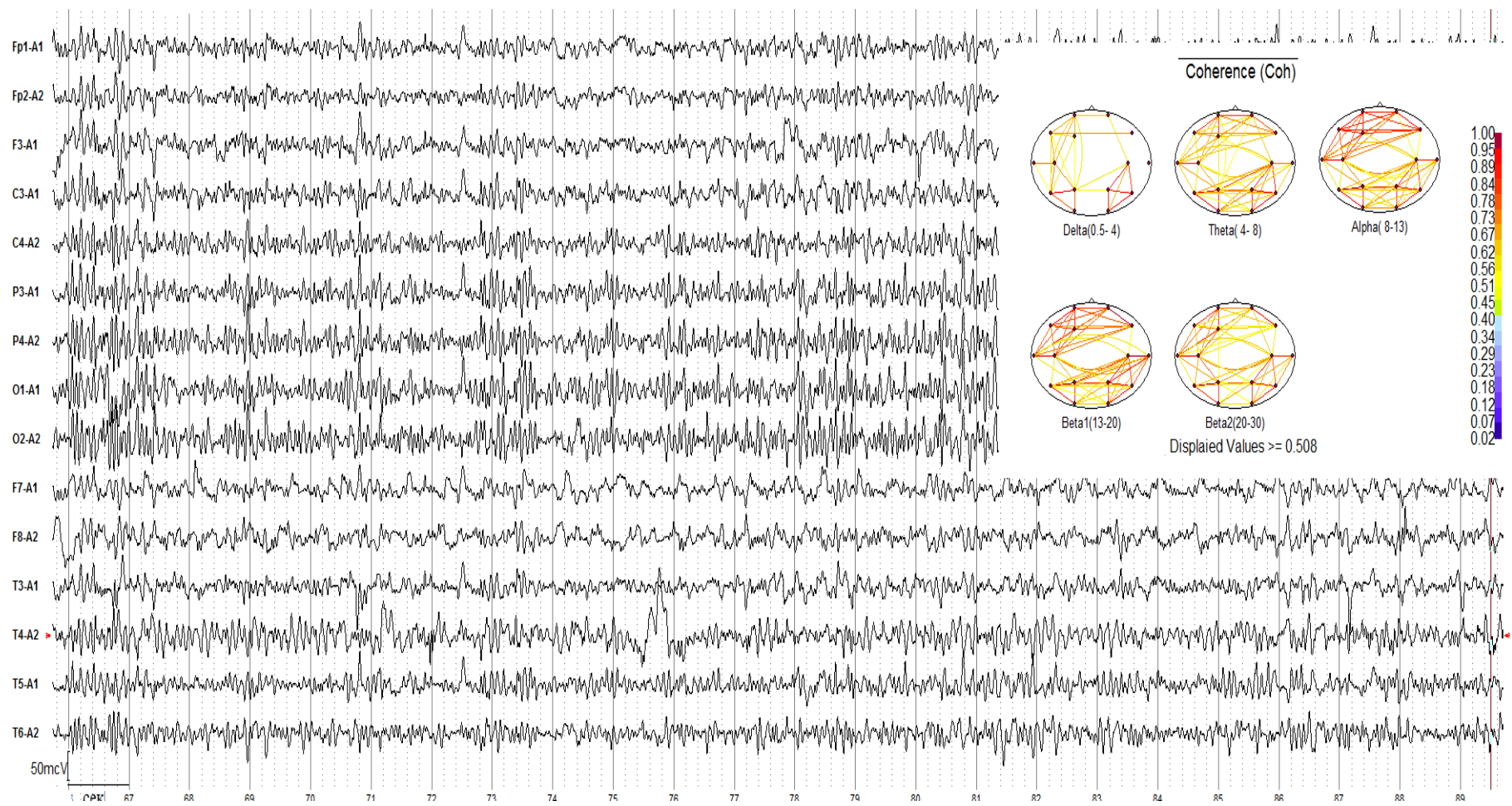


Рис.102. Женщина 23 года. Киста эпифиза. Дезорганизация ЭЭГ с наличием пароксизмальных разрядов острых волн, усиление дельта- активности в височных отделах. Значительное усиление межполушарных связей в диапазоне альфа- и бета 1-активности в передних и задних отделах мозга, снижение межполушарных связей центральных отделов.

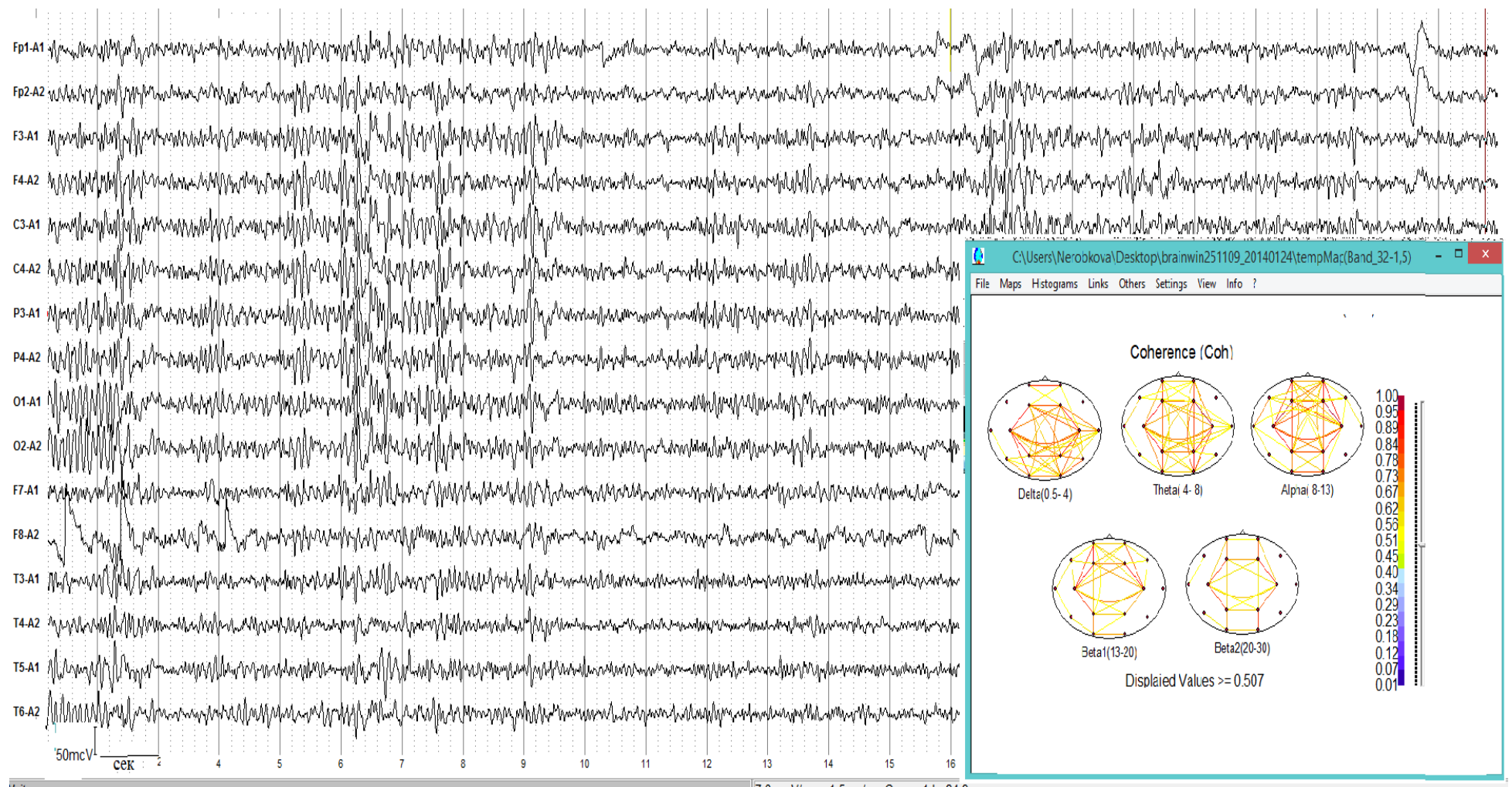


Рис. 103. Женщина 68 лет. Мигрень. Дезорганизация ЭЭГ с наличием пароксизмальных разрядов острых волн и медленных волн, наличие очага дельта-активности в правой лобно-височной области. Характерно значительное усиление межполушарных связей в диапазоне альфа-, тета- и дельта-активности, снижение внутрислошарных связей для всех диапазонов частот в височных отделах обоих полушарий.

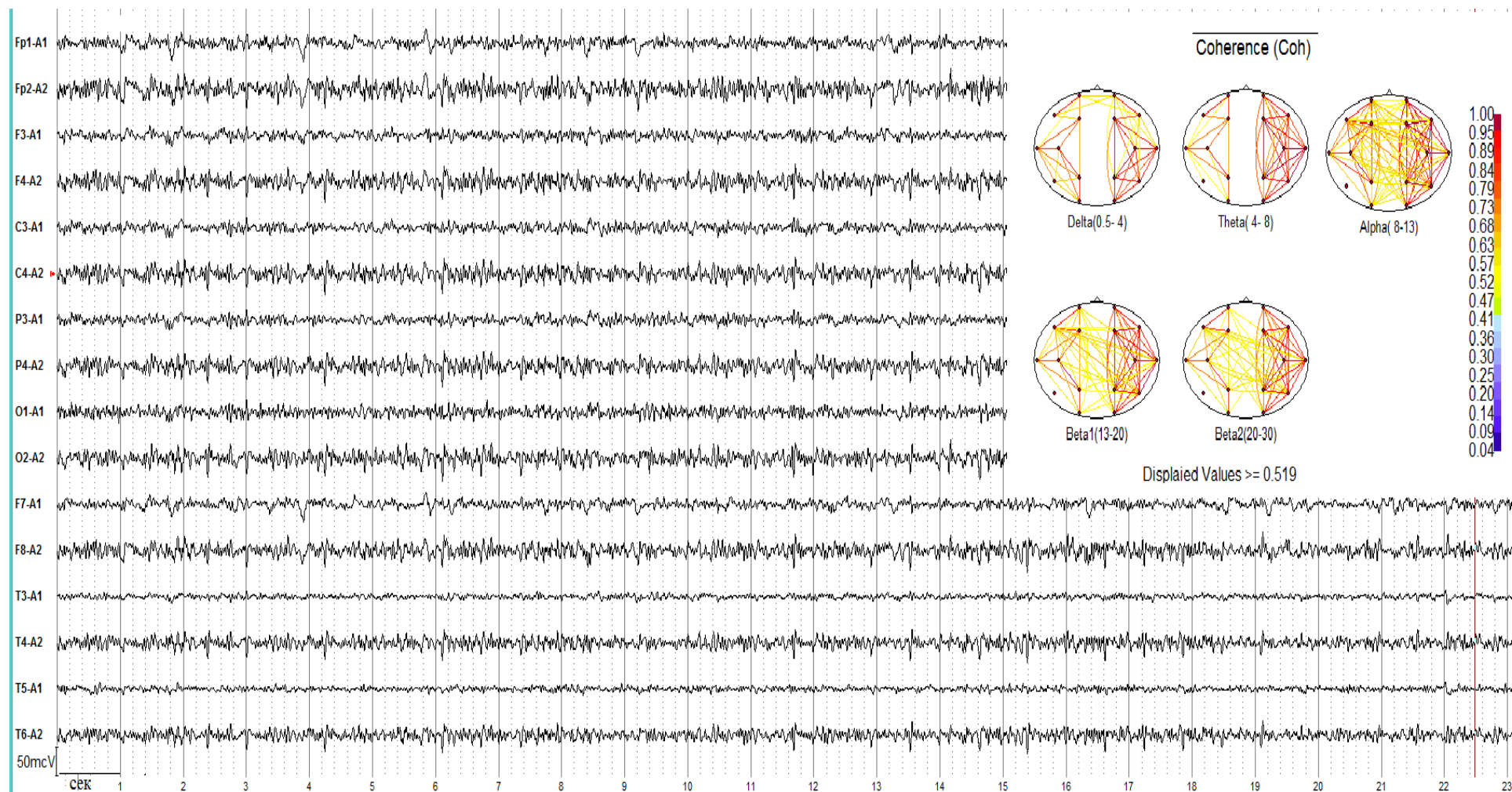


Рис. 104. Женщина 56 лет. Болезнь Паркинсона. Дезорганизация ЭЭГ с резко выраженной асимметрией, с усилением бета-активности по всей конвексальной поверхности левого полушария. Характерно значительное снижение межполушарных связей в диапазоне тета- и дельта-активности и усиление внутрислошарных связей для всех диапазонов частот в правом полушарии.

Зарекомендовав себя в качестве надежного метода в диагностике заболеваний, сопровождающихся фокальной или/и пароксизмальной биоэлектрической активностью мозга, ЭЭГ оказалась, на первый взгляд, менее эффективной в распознавании других заболеваний ЦНС, сопровождающихся более тонкими нарушениями фоновой активности (интеллектуальное отставание, деменция, шизофрения, болезнь Паркинсона и других). Структурно-функциональные взаимоотношения являются важным аспектом при изучении эпилептогенеза при поражениях структур мозга.

Спектрально – когерентный анализ ЭЭГ позволяет врачу получить дополнительную информацию, которая при обычном визуальном анализе ЭЭГ, трудно доступна. Когерентность может быть использована в качестве предикторов эффективности лечения, а также для оценки действия препаратов с целью построения дифференцированных клинко-диагностических и терапевтических программ, направленных на оптимизацию помощи больным.

Метод локализации дипольных источников ЭЭГ

Одним из методов анализа пространственной организации ЭЭГ является метод определения локализации источников ЭЭГ на основе модели эквивалентного диполя. Метод локализации дипольных источников биоэлектрической активности использует многослойную модель головы и позволяет учитывать неоднородности в электропроводности наружных оболочек мозга. Этот метод предназначен для определения и отслеживания в объеме мозга человека центров электрической активности, представляемых для каждого момента времени, в виде одного или двух эквивалентных дипольных источников. Сущность метода трехмерной локализации заключается в последовательном поиске такого пространственного положения токового диполя в объеме головного мозга и такого вектора его активности, при которых максимально точно воспроизводится распределение потенциалов на поверхности скальпа.

Для каждого анализируемого момента времени определяются трехмерные координаты и расположение патологических очагов в глубине головного мозга соответственно стереотаксическим атласам. Этот метод применяется в отношении таких патологических феноменов, как спайки, острые волны, комплексы спайк-волна и острая - медленная волна с целью более точной оценки расположения возможных очагов эпилептиформной активности. С помощью рассматриваемого метода в ряде случаев возможно уточнение локализации очагов эпилептиформной активности, зоны первичной генерации ритмических разрядов не только на поверхности, но и в глубине головного мозга, что может иметь существенное значение при определении лечебной тактики, прогноза, уточнения локализации зоны предстоящего оперативного вмешательства.

Результаты локализации могут быть представлены на трех ортогональных проекциях головы и восьми аксиальных схематических срезах и обозначены точками, располагающимися на срезах мозга, изображенных в соответствии с анатомическим атласом Гамбарелли (Рис. 105, 106).

При интерпретации результатов следует иметь в виду, что вычисляемый для анализируемых одномоментных сечений ЭЭГ токовый диполь является эквивалентным, результирующим источником для электрически активной в данный момент времени области мозга. Эквивалентный диполь характеризует суммарную электрическую активность нервных клеток, вовлеченных в текущий момент времени в процесс электрического возбуждения, и расположен в электрическом центре этой области.

Программа позволяет увидеть место расположения патологических очагов в глубине мозга, проследить пути движения центров электрической активности в структурах мозга при различных воздействиях, при изучении генераторов ритмической активности в различных частотных диапазонах. На рисунках 107 и 109 представлен фрагмент записи электроэнцефалограммы и

локализация источников пароксизмальной активности пациента без неврологических жалоб. При его плановой диспансеризации на ЭЭГ выявлена общая дезорганизованность с наличием пароксизмальных разрядов комплекса острых и медленных волн в передних отделах с акцентом в правом полушарии. Локализации источников пароксизмальной активности методом эквивалентных диполей в диапазонах бета- и дельта- активности выявила различные источники её генерации.

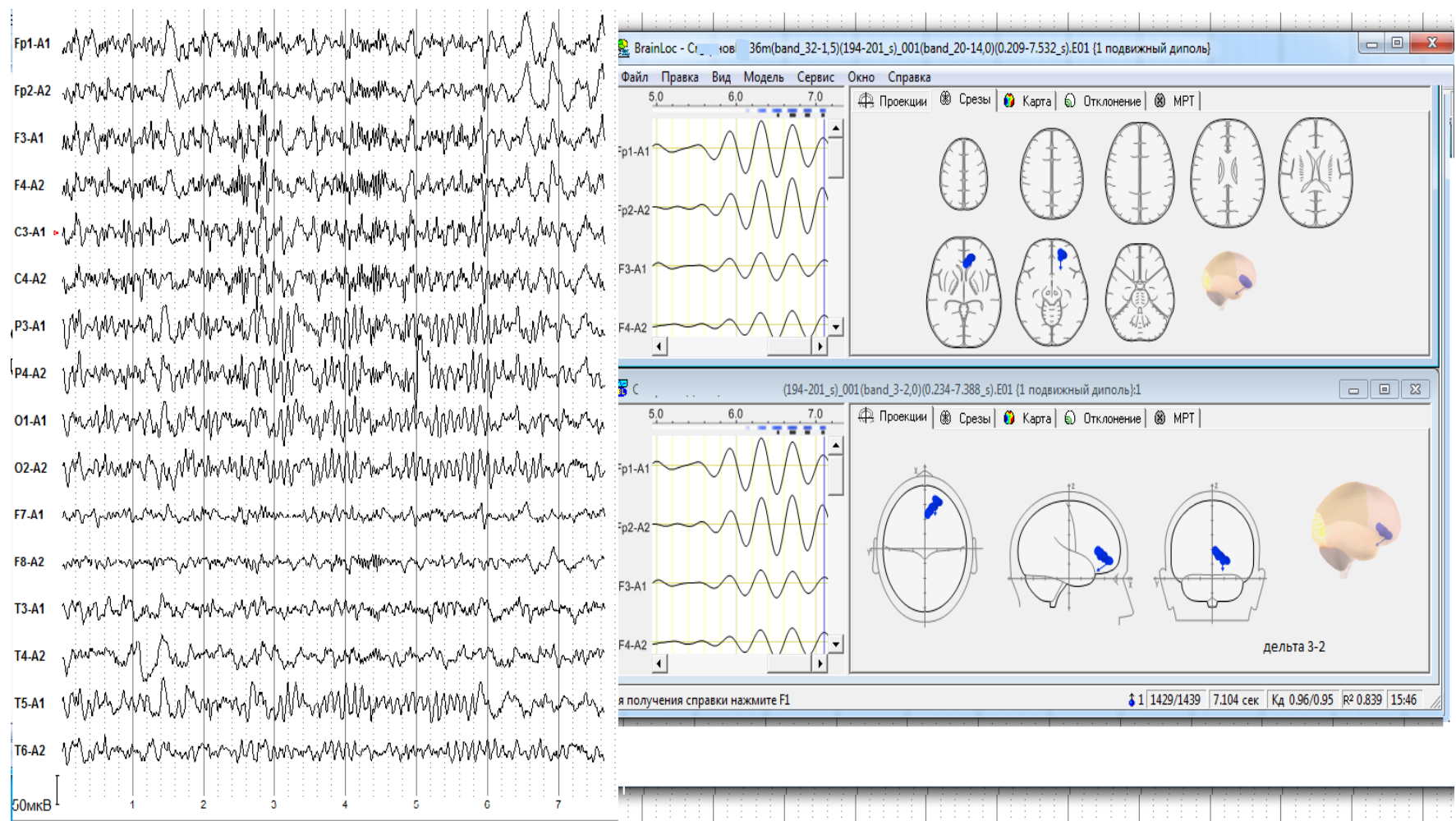


Рис. 105. Мужчина 36 лет. Неврологически здоров. Головные боли, утомляемость. Слева - электроэнцефалограмма, справа - локализации дипольных источников дельта – активности в лобных отделах справа. На MPT - картина асимметрии A1-сегментов передних мозговых артерий и сужение просвета по обеим задним соединительным артериям. Снижение венозного оттока по правым поперечному и сигмовидному синусам и внутренней яремной вене.

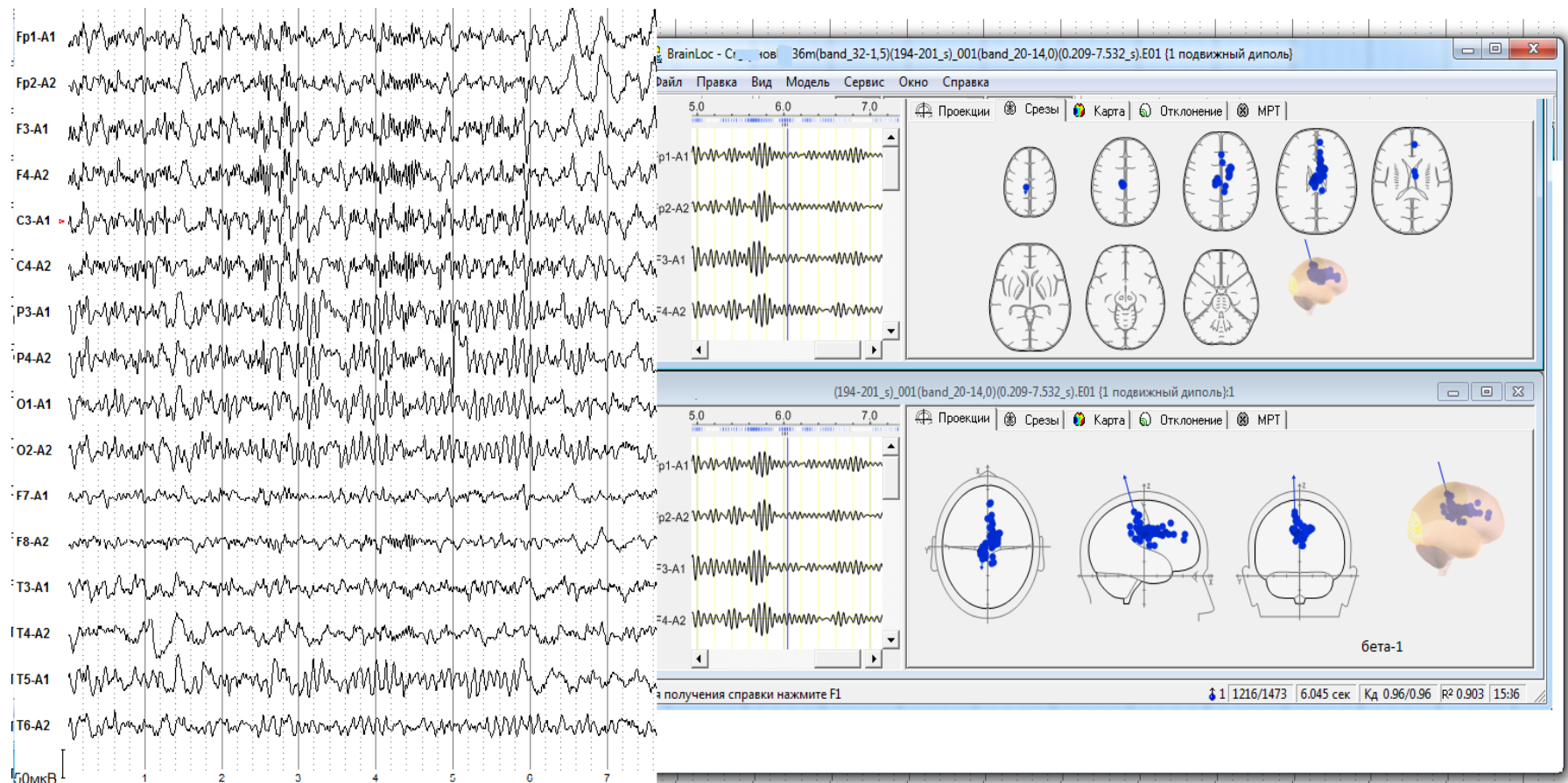


Рис. 106. Мужчина 36 лет. Жалобы на повышенную утомляемость, головные боли. Слева – электроэнцефалограмма. Справа – локализации дипольных источников бета - активности в области мозолистого тела и боковых желудочков. На МРТ- картина асимметрии А1- сегментов передних мозговых артерий и сужение просвета по обеим задним соединительным артериям. Снижение венозного оттока по правым поперечному и сигмовидному синусам и правой внутренней яремной вене.

Результаты трехмерной локализации патологического очага возбуждения в значительном проценте случаев хорошо согласуются с данными КТ и МРТ (Рис. 107).

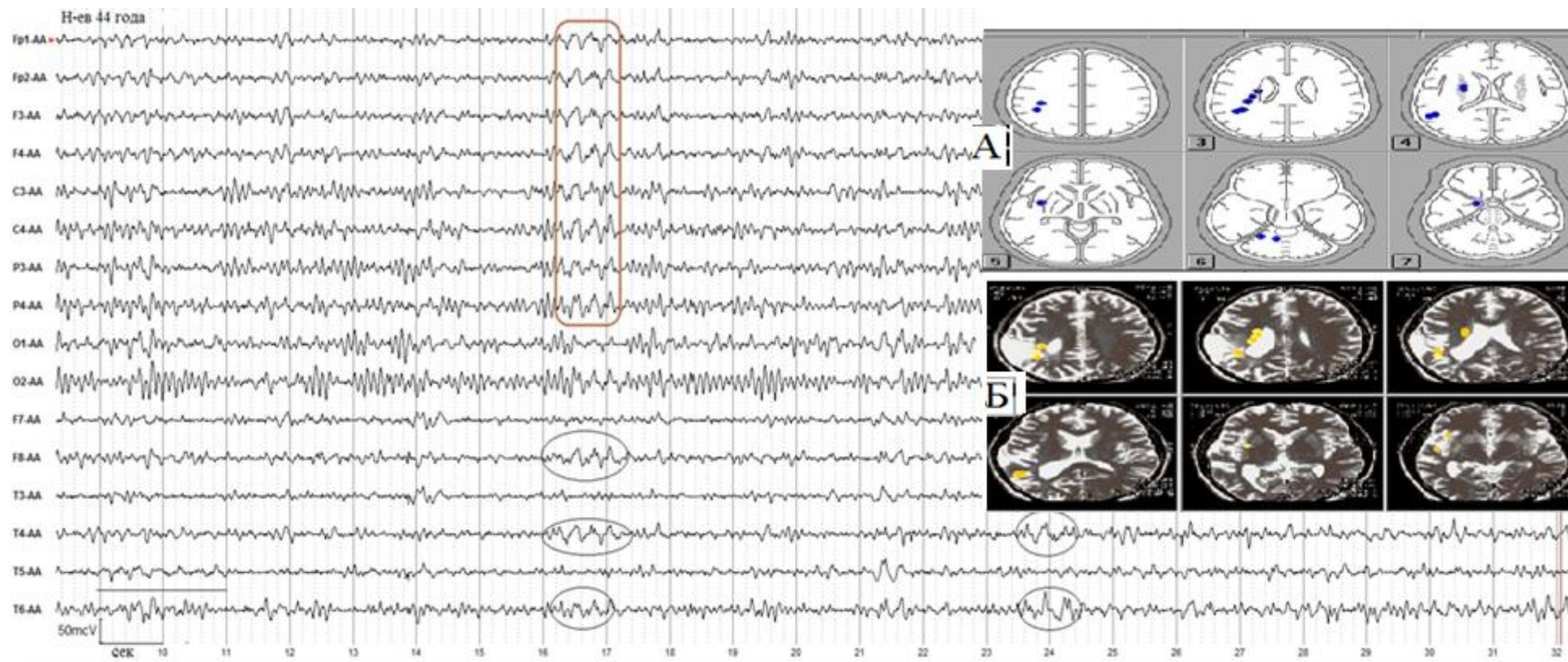


Рис. 107. Электроэнцефалограмма больного, 47 лет. Парциальные приступы. Наличие дельта – активности, представленной в виде отдельных групп в височных отделах правого полушария и синхронных билатеральных разрядов. А-дипольная локализация источников дельта-активности. Источники обозначены точками на срезах мозга. Б - данные КТ: множественные кисты в височно-теменных отделах (желтыми точками нанесены источники дипольной локализации дельта - активности).

Благодаря широкому внедрению компьютерных технологий в медицинскую практику, появилась возможность комплексной оценки изменений гомеостаза головного мозга. Все вышеописанное позволяет по-новому оценить патогенез формирования и развития патологии. Определение спектрально-когерентных показателей патологического процесса на основе выявления межзональных связей ЭЭГ и их соотношения с топографическим картированием и определением эквивалентных дипольных источников отдельных компонентов ЭЭГ позволяют выявить топографические особенности нарушения структурно-функциональных взаимосвязей с образованием многоуровневых патологических нейронных сетей с вовлечением в них интактных нейронных популяций. Структурно-функциональные взаимоотношения являются важным аспектом при изучении эпилептогенеза при поражениях структур мозга.

Достижению успеха в этом направлении способствует появление новых компьютерных технологий для обработки ЭЭГ, что позволяет выявить высокоспецифичные ЭЭГ-паттерны у больных с разными анатомотопографическими вариантами очаговых поражений мозга, что важно при формировании экспертного заключения.

Заключение является основным документом по ЭЭГ, которое должно быть сформулировано в соответствии с использованием определенной международной терминологии.

Первая часть вступительная, в которой раскрываются условия записи, на фоне каких препаратов производилась запись, в каком состоянии находился больной, открыты или закрыты глаза, в условиях привлечённого внимания или в пассивном расслабленном состоянии бодрствования, в состоянии сна и т.д.

Вторая часть описательная, в которой описываются все виды активности. Описание ЭЭГ должно включать все характеристики записи, включая нормальные и аномальные. Описание главных, наиболее выраженных компонентов, выделение отдельных типов биоэлектрических

потенциалов, описание их характера, определение локализации их источников в головном мозге. Целью является полный и объективный отчет, который позволит другим ЭЭГ-специалистам прийти к выводу относительно нормальности или степени аномальности записи по описанию, без необходимости просматривать исходную ЭЭГ. Хорошо и полно описанная электроэнцефалограмма дает возможность врачу-эксперту объективно оценить, как функциональное состояние мозга, так и локализацию очагов ирритации или медленноволновой активности. Предварительно следует просмотреть всю запись ЭЭГ, чтобы составить общее впечатление, выявить артефакты и наличие пароксизмальной активности. Описание начинается с фоновой и доминирующей активности. Обязательные характеристики, которые должны быть указаны, это частота, амплитуда, степень проявления и зональные различия. При описании альфа-ритма важно учитывать форму волн, модуляцию, асимметрию, склонность к формированию вспышек. Аналогичным образом описываются и другие ритмы: бета-ритм, тета-колебания, дельта-активность.

Далее должно идти описание нарушений, не относящихся к фоновой активности. Наличие различных вспышек, пароксизмальных разрядов, состоящих из бета-, тета-, дельта-волн или комплексов пиков, острых и медленных волн различной амплитуды и длительности, распространенность (диффузные, локальные), топография или локализация, симметрия/асимметрия, синхронность (внутри- или межполушарная), амплитуда, временные характеристики (непрерывная, периодическая, эпизодическая, пароксизмальная), количество аномальных паттернов. Описываются эффекты гипервентиляции и фотостимуляции, включая нормальные и аномальные ответы. Если гипервентиляция или фотостимуляция не проводились, необходимо указать причину.

При оценке электроэнцефалограммы следует принимать во внимание известные положения, принятые на основе многочисленных исследований. Генерализованные сдвиги, захватывающие все отделы больших полушарий

мозга, и изменения, возникающие синхронно в симметричных областях обоих полушарий, обычно связывают с дисфункцией стволовых структур, с поражением гипоталамической области и некоторых других мезодиэнцефальных образований.

Важным является выявление и оценка локальных патологических знаков, их характера, локализации. Фокус патологической активности обычно выражается в виде дельта- или тета-активности, превышающей по амплитуде фоновую активность, и локального усиления бета- активности.

Определенные паттерны ЭЭГ являются подтверждающими для более или менее специфических клинических ситуаций. Дельта фокус может говорить о структурном поражении, определенные типы спайков или острых волн подтверждают потенциальный эпилептогенез. Если присутствуют несколько видов нарушений, желательно ограничиться списком из двух или трех главных нарушений, которые наиболее характерны для данной записи.

Текстовые заключения, составляемые электрофизиологом, представляют собой основной результат ЭЭГ-исследования и требуют учета, как имеющихся нейрофизиологических представлений, так и особенностей клинического состояния для каждого обследуемого.

При наличии данных предыдущих ЭЭГ записей, необходимо включать их сравнение с результатами проведенного исследования. При этом важно не упустить ряд существенных деталей. Эту возможность дает система правил (алгоритм) описания ЭЭГ.

Заключение ЭЭГ обследования должно включать: время и дату записи, фамилию, имя, отчество и возраст обследуемого, клинический диагноз.

Описание ЭЭГ покоя. Описание главных, наиболее выраженных компонентов - альфа, бета, тета, дельта: по степени выраженности, частоте, амплитуде (очень низкая - до 10 мкВ, низкая - до 20 мкВ, средняя- 40-45 мкВ, высокая -до 70-80 мкВ, очень высокая - выше 80 мкВ), по зональным

различиям. Кроме того, отмечается: наличие локальных патологических знаков, пароксизмальной активности, эпи-активности.

Описание главных, наиболее выраженных ответов на функциональные пробы (реакция активации, гипервентиляция, реакция на РФС).

Клинический случай 1. ЭЭГ от 17.03.2016 испытуемая А, 24 года. Обследование. Неврологические жалобы отсутствуют (Рис.107).

Альфа-ритм регулярен, доминирует в затылочных отделах мозга, симметричный, слабомодулирован, с частотой 9 – 10 кол/с, с амплитудой до 80 мкВ, индекс до 75 %. Бета-активность низкоамплитудная, диффузная. Тета - активность незначительно представлена в лобно-центральных отделах. Дельта-активность слабо выражена.

Реакция активации выраженная (депрессия альфа ритма). Ритмическая фотостимуляция: диапазон усвоения ритма 8 – 10 Гц. Усвоение ритма не выше фоновой активности, длительное, симметричное, выражено только в затылочной области. Гипервентиляция незначительно изменяет паттерн ЭЭГ. Заключение: ЭЭГ в пределах нормы.

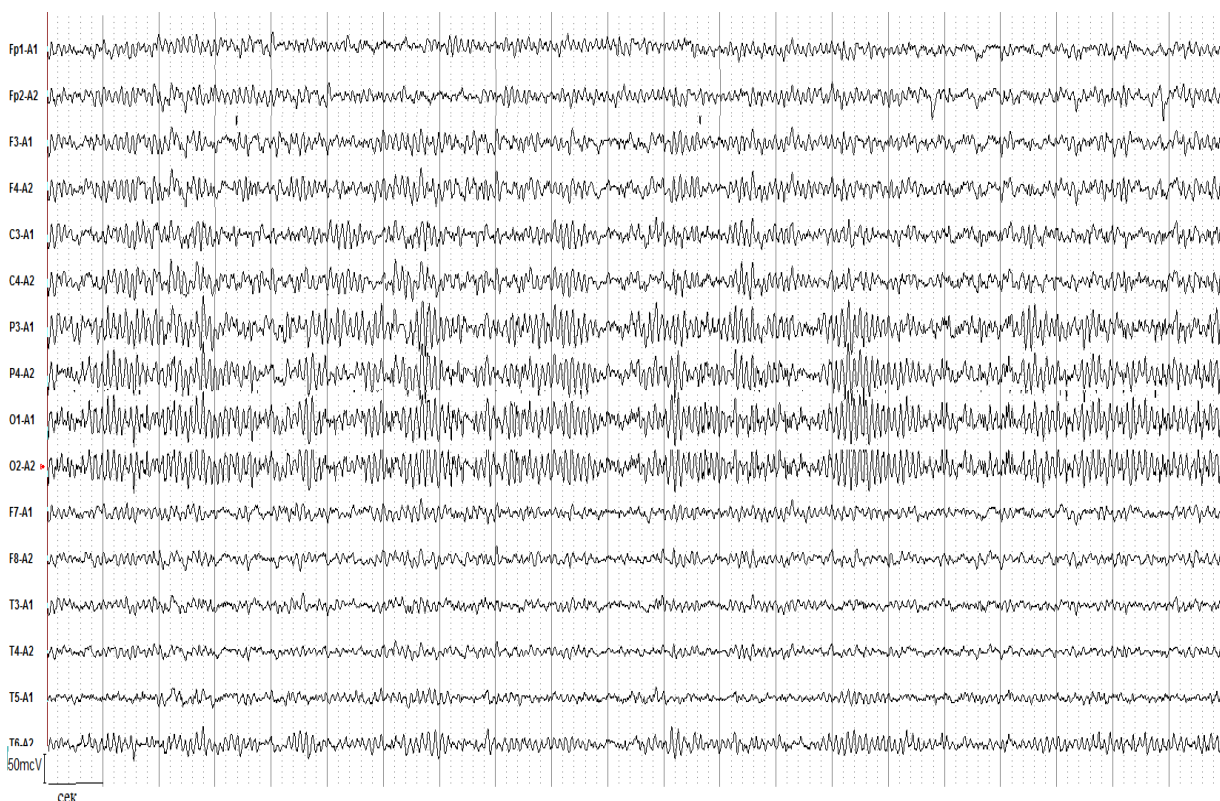


Рисунок 107. Электроэнцефалограммы испытуемой А - вой. Заключение: ЭЭГ в пределах нормы

Выявление признаков выраженных нарушений ЭЭГ является тревожным сигналом, определяющим обязательность консультации у врача - невролога. Можно рекомендовать дополнительные исследования, например, МРТ головного мозга.

Клинический случай 2.

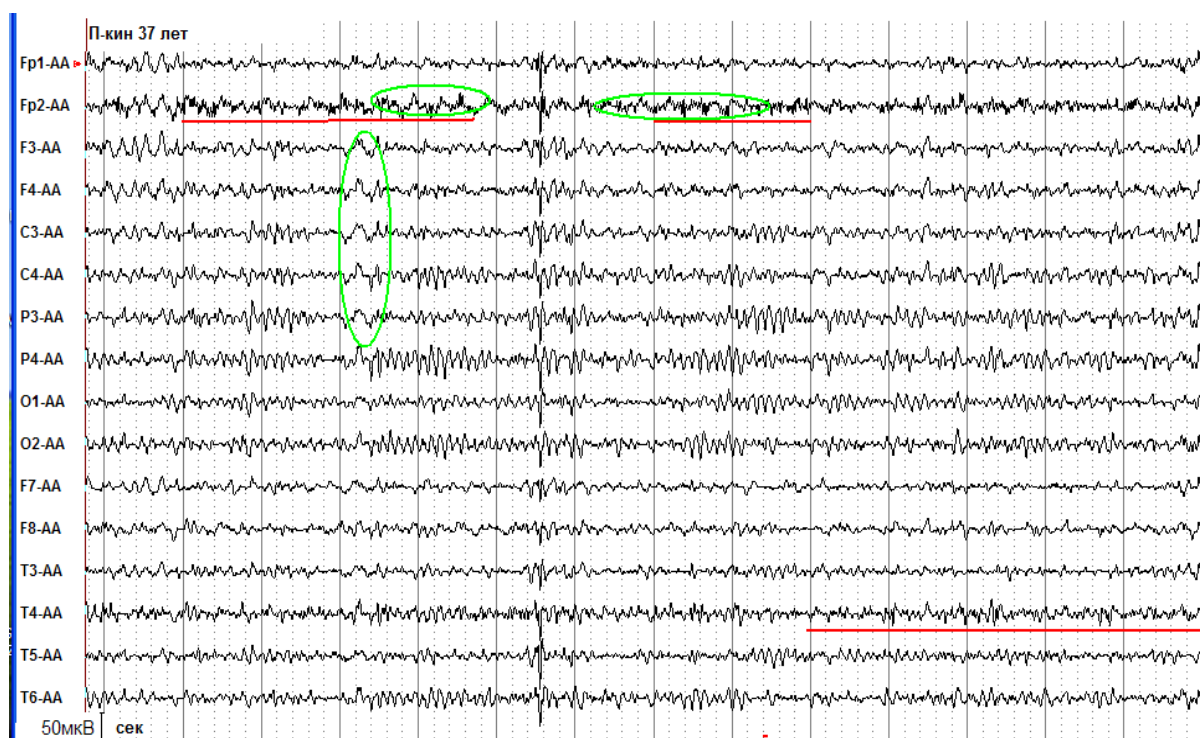


Рис. 108. ЭЭГ пациента, 37 лет. В анамнезе развернутый однократный тонико-клонический приступ на фоне интоксикации парами лака при покраске пола.

На ЭЭГ альфа-ритм слабомультиплицирован, фрагментарный, неустойчив по частоте, с амплитудой до 50 мкВ, с преобладанием в теменных отделах правого полушария.

Отмечается выраженный очаг дельта- и бета - активности в правой лобно-височной области. Тета - активность незначительно представлена в лобно-центральных отделах.

Пароксизмальная активность представлена синхронными генерализованными разрядами комплекса острых и медленных волн.

Гипервентиляция вызывает незначительное усиление дезорганизации ЭЭГ.

Заключение. Данные ЭЭГ обследования свидетельствуют о наличии очага парциальной эпилептиформной активности в лобно-височной области

правого полушария. Рекомендуются дополнительные исследования (Рис. 108).

Не менее важным является анализ пароксизмальной активности.

Клинический случай 3. ЭЭГ больного 60 лет. Диагноз – парциальная эпилепсия (в анамнезе черепно-мозговая травма и длительная алкогольная интоксикация). Бессудорожные приступы с кратковременной потерей сознания, спутанность сознания. Псевдоабсансы. (Рис. 109).

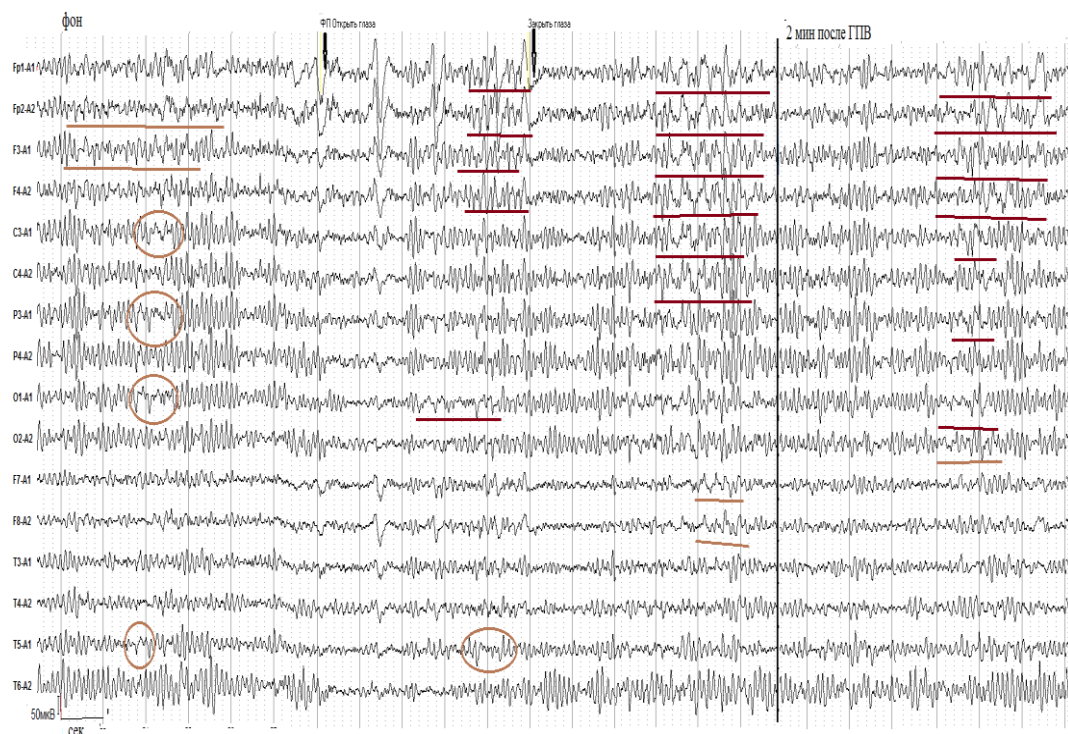


Рис. 109. ЭЭГ больного 60 лет. Два фрагмента записи ЭЭГ: до и после гипервентиляции.

На ЭЭГ альфа-ритм слабомодулирован с частотой 9-10 кол/сек, с амплитудой до 70 мкВ, зональные различия сглажены. Бета-активность низкоамплитудная. Тета - активность выражена умеренно, представлена в височных отделах. Дельта - активность отчетлива, в основном в составе пароксизма. Пароксизмальная активность представлена синхронными генерализованными разрядами комплекса острых и медленных волн, усиливается при функциональных пробах и сохраняется при их отмене.

Заключение. Данные ЭЭГ- обследования свидетельствуют о наличии выраженных общемозговых изменениях, эпилептиформность.

В ряде клиник для стандартизации заключений ЭЭГ- обследования разработаны бланки, которые можно использовать как макет, куда следует вносить конкретные данные.

Образец бланка.

Компьютерное ЭЭГ-исследование

Дата исследования _____

Фамилия, имя, отчество _____ Возраст _____ диагноз _____

Общая характеристика электрической активности

1. Организована. 2. Дезорганизована. 3. Гиперсинхронна. 4. Упложена. 5. Учащена. 6. Замедлена.

Альфа-ритм:

Частота: 7-8, 9-11, 11-13 Гц, неустойчивая.

Регулярность: регулярен, нерегулярен, в виде групп волн, отсутствует. По данным спектрального анализа ЭЭГ индекс альфа составляет:

Амплитуда: снижена, повышена, нормальна

Зональные различия: сохранены, снижены

Форма альфа-волны: синусоидальная, заостренная, аркообразная, слабomodулированная

Межполушарная асимметрия: нет, слабая, отчетливая

Бета-активность: Частота, амплитуда, локализация, индекс

Тета-активность: Частота, амплитуда, локализация, индекс

Дельта –активность: Частота, амплитуда, локализация, индекс

Пароксизмальная активность: острые волны и пики, множественные пароксизмы, пик-волна, билатер. синхр. вспышки-альфа, тета, дельта.

Функциональные пробы:

Реакция активации (проба с открыванием глаз): реакция отсутствует, слабая, выраженная, провокация пароксизмальной активности, или иной патологической активности

Гипервентиляция: не изменяет, усиливает альфа, тета, дельта-актив., нарастание дизритмии, синхронные пароксизмы тета или дельта, генерализованные разряды, локальные пик-волны

Ритмическая фотостимуляция:

депрессия, РУР в узком, широком диапазоне низких, высоких частот, межпол. асим., провоцирование эпи-разрядов.

Звуковые раздражения: реакция нормальна, усилена, ослаблена

На основании картирования спектров мощности ЭЭГ выявлено:

Локальные проявления: неотчетливые, асимметрия, преобладание, фокус, очаг.

Топография: правая, левая, асимметрия затылочная, теменная, центральная, лобная, височная.

Стволовые знаки: незначительные, умеренные, выраженные, срединные, передние отделы.

Данное заключение не является клиническим диагнозом, а наряду с результатами других исследований является одним из оснований для вынесения диагноза в работе врача клинициста.

Контрольные вопросы и задания:

1. Какова область применения частотного анализа ЭЭГ?

2. Какова область применения когерентного анализа ЭЭГ?

3. Какова область применения метода локализации источников ЭЭГ на основе модели эквивалентного диполя?

Тестовые задания для самоконтроля

Инструкция. Выберите один правильный ответ из нескольких.

1. Ритм ЭЭГ – это:
 - А. Спонтанная электрическая активность мозга: состоящая из волн, имеющих относительно постоянный период
 - Б. Комплексы спайк-волна
 - В. Полиспайки
 - Г. Острые волны
 - Д. Любое изменение разницы потенциалов между парой электродов в ЭЭГ записи

2. В норме на ЭЭГ взрослого человека в состоянии покоя регистрируется:
 - А. Альфа-ритм
 - Б. Низкочастотный бета-ритм амплитудой выше 15 мкВ
 - В. Дельта- ритм
 - Г. Тета-ритм
 - Д. Гипсаритмия

3. Метод биологической калибровки нейроусреднителей заключается в:
 - А. Наличии "зануления" остаточного шума при увеличении числа усреднений
 - Б. Подаче калибровочного сигнала 50 мкВ на вход усилителей
 - В. При подаче адекватного ВП калибровочного сигнала на вход усилителей
 - Г. Подаче одного и того же биологического сигнала на все входы усилителей
 - Д. Подаче калибровочного сигнала 70 мкВ на вход усилителя

4. Система установки электродов "10-20" названа:
 - А. По процентному соотношению расстояний от основных опорных точек I и N
 - Б. В честь Джаспера
 - В. В честь «Лиги клинических нейрофизиологов», предложившей ее
 - Г. В честь Юнга
 - Д. По предложению Международной ассоциации

5. У больного диагноз височная эпилепсия. Оптимальными отведениями для выявления эпилептиформной активности являются:
 - А. Биполярное с участием височных электродов
 - Б. Отведение с усредненным электродом
 - В. Референтное с ипсилатеральным ушным электродом
 - Г. Вертексное отведение
 - Д. Референтное с объединенным ушным электродом

6. ЭЭГ формируется полностью к:
 - А. 4 годам
 - Б. 5 годам
 - В. 12 годам
 - Г. 16 годам

Д. 20 годам

7. Где можно ожидать наиболее точную локализацию очага по результатам ЭЭГ:

- А. При локализации очага на поверхности коры
- Б. При глубинном очаге
- В. При субтенториальном очаге
- Г. При медиально-височном очаге
- Д. В лобных отделах

8. Патологическую медленноволновую активность (очаговую) генерирует зона:

- А. Зона опухоли
- Б. Перифокальная зона очага
- В. Воздействия на желудочки
- Г. Зона отека
- Д. Зона некроза

9. Признаками наиболее близкой зоны к очагу по ЭЭГ являются:

- А. Дельта-ритм с максимальной амплитудой и длительностью
- Б. Экзальтированный альфа-ритм
- В. Локальная бета-активность
- Г. Билатеральные пароксизмы
- Д. Пароксизмы

10. Усиление альфа-ритма при открывании глаз является показателем:

- А. Активного бодрствования
- Б. Реакции напряжения в ЭЭГ
- В. Реакции перехода к расслаблению
- Г. Задремывания
- Д. Состояния перехода от дремоты к бодрствованию

11. Выберите ЭЭГ-признак, отличающий вторичную от первичной генерализованную эпилептическую активность:

- А. Частота меньше 3 Гц, сложная полифазная форма, наличие асимметрии
- Б. Однотипность проявления
- В. Независимость от фона
- Г. Слабая активность при отсутствии депрессии
- Д. Усиление при ГВ

12. Дельта волны генерируются:

- А. Перифокальной зоной очага
- Б. Воздействием на белое вещество мозга
- В. Воздействием на серое вещество мозга
- Г. Средней частью очага (зоной некроза)
- Д. Дистантными источниками

13. Запись с депривацией сна проводят при:

- А. Мигрени
- Б. У всех лиц, имевших эпизоды головокружения
- В. Наличии эпилептиформных знаков при ГВ
- Г. При фотоконвульсивном ответе
- Д. У детей с нарушениями поведения в ночное время

14. Затылочный депрессирующийся ритм появляется у ребенка в возрасте:
- А. 3 месяца
 - Б. 5 месяцев
 - В. 1 год
 - Г. После 2 лет
 - Д. После 7 лет
15. Комплексные парциальные припадки характеризуются следующими признаками:
- А. Односторонний или билатеральный фокус в височной или лобной области
 - Б. Локальные разряды строго в одной зоне коркового представительства
 - В. Генерализованные вспышки с фокальным началом
 - Г. Миоклонические подергивания с разрядами
 - Д. Коррелятом абсанса
16. Благоприятными признаками при коме по ЭЭГ являются:
- А. Наличие сигма веретен
 - Б. К-комплексы
 - В. Ареактивный альфа-ритм
 - Г. Мономорфная тета-активность
 - Д. Диффузная дельта
17. Реакция при пробе с гипервентиляцией служит для:
- А. Оценки состояния коры
 - Б. Выявления скрытой эпилептиформной активности
 - В. Оценки РФ
 - Г. Оценки таламической активации
 - Д. Выявления дизритмии
18. Артефакты «сосудистых волн» являются результатом:
- А. Изменения импеданса при изменении кровенаполнения под электродом прижимающего сосуд
 - Б. Влияния ЭКГ
 - В. Волнения пациента
 - Г. Пульсации кожи головы
 - Д. Асистолии в ЭКГ
19. Артефакт электроокулограммы (ЭОГ) можно устранить из ЭЭГ следующим образом:
- А. Открыть глаза
 - Б. Дать миорелоксанты
 - В. Успокоить больного
 - Г. Зафиксировать пальцами глазные яблоки
 - Д. Сжать и расслабить зубы
20. Сигнал ЭКГ регистрируется в ЭЭГ вследствие:
- А. Наложения потенциалов полей сердца на голову
 - Б. Активности сосудистого центра в продолговатом мозгу
 - В. Смещения электродов ЭЭГ при сердечном сокращении
 - Г. Результата распространения толчка грудной клетки
 - Д. Баллистокардиограммы
21. Реакция при пробе с гипервентиляцией служит для:

- А. Выявления скрытой эпилептиформной активности
- Б. Оценки состояния коры
- В. Оценки РФ
- Г. Оценки таламической активации
- Д. Выявления дизритмии

Эталоны ответов:

1	А
2	А
3	А
4	А
5	А
6	Г
7	А
8	Б
9	А
10	Д
11	А
12	А
13	Д
14	А
15	А
16	А
17	Б
18	А
19	Г
20	А
21	А

Заключение

В условиях реформы здравоохранения и перехода к медицинскому страхованию граждан становится чрезвычайно актуальной задача разработки и внедрения в практику новых медицинских технологий, в том числе диагностических систем и комплексов, позволяющих повышать эффективность лечебно-диагностического процесса и сокращать экономические и трудовые потери. В этой связи возрастает роль и значение функциональных методов исследования, которые широко применяются с целью раннего выявления патологии, дифференциальной диагностики различных заболеваний и контроля эффективности лечебно-оздоровительных мероприятий.

С каждым годом метод ЭЭГ становится всё более востребованным для дифференциальной диагностики ряда заболеваний ЦНС, при оценке эффективности медикаментозной терапии, оценке пригодности контингента при некоторых видах профессиональной деятельности (вождение автомобиля, управление самолётом и другие). Необходимость применения ЭЭГ – исследования обусловлена тем, что эти данные должны учитываться, как при обследовании здоровых людей при профессиональном отборе, особенно у лиц, работающих в стрессовых ситуациях или с вредными условиями производства, так и при обследовании пациентов с наличием различных патологических состояний для решения дифференциально-диагностических задач, что особенно важно на ранних стадиях заболевания, для выбора наиболее эффективных методов лечения и контроля за проводимой терапией. С развитием количественной электроэнцефалографии возросла ее роль в ранней диагностике заболеваний, в основе которых лежит дисбаланс нейромедиаторных систем (болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и другие).

Настоящее учебное пособие предназначено для врачей функциональной диагностики, делающих первые шаги в освоении довольно сложного и, вместе с тем, одного из важнейших методов объективного тестирования и оценки функционального состояния центральной нервной системы. С помощью ЭЭГ можно оценить степень нарушения работы головного мозга у пациентов, для которых клинически дисфункция мозга очевидна, но структурные методы исследования показывают, что мозг «нормален», например, при метаболической энцефалопатии. Метод ЭЭГ позволяет следить за динамикой действия лекарственных препаратов, помогает оценить скорость и полноту исчезновения или нарастания признаков нарушения работы головного мозга.

В настоящее время ЭЭГ – исследование относится к процедурам, которые входят в страховой полис медицинского страхования. Получение

страхового полиса входит в комплекс мер по реализации права гражданина на оказание бесплатной услуги на территории Российской Федерации.

Принят закон об обязательном ЭЭГ - обследовании всех лиц, допускаемых к ношению оружия, работников общественного транспорта, машинистов электропоездов, авиаторов, высотников, рабочих в горячих цехах. Это привело к значительному увеличению числа обследований ЭЭГ - исследований. Значительно возросла не только нагрузка на врачей функциональной диагностики, но и ответственность за строгое выполнение правил проведения и анализа данных ЭЭГ. В этом плане следует отметить, что хорошее знание основ компьютерной электроэнцефалографии позволит улучшить качество ЭЭГ - исследований. Среди очевидных преимуществ метода количественной электроэнцефалографии можно назвать следующие ее возможности:

- многократное воспроизведение записи ЭЭГ с разным усилением и разной временной разверткой;
- прямое и обратное сканирование отдельных фрагментов записи для определения фокусов патологической активности;
- преобразование фрагмента ЭЭГ, записанного в референциальном монтаже в любые биполярные монтажи;
- автоматическое или ручное устранение артефактов, что особенно важно при ЭЭГ - обследовании детей младшего возраста, пожилых беспокойных лиц и психически больных.

При решении вопросов качественной регистрации, анализа и интерпретации ЭЭГ в различных учреждениях здравоохранения страны на первом месте должна стоять качественная подготовка грамотных специалистов занимающихся клинической электроэнцефалографией.

В учебном пособии представлены наиболее современные технологии регистрации и анализа ЭЭГ. Контрольные вопросы разделов с документированием по каждому из разделов учебного пособия отражают ключевые положения данной темы. Авторы надеются, что представленное

учебное пособие окажется полезным и своевременным для широкого круга практических врачей, аспирантов, ординаторов и студентов медицинских вузов.

Глоссарий.

Абсанс / Absence/ Термин предполагает наличие комплексов пик-волна, острая-медленная-волна с частотой 3 в секунду. Не рекомендуется использовать при описании ЭЭГ паттерна.

Активация / Arousal/ Изменение ЭЭГ с нижнего на более высокий уровень активности/Активация, процедура / Activation/ Любая процедура, которая предназначена для вызова, усиления нормальной или аномальной ЭЭГ активности, в особенности пароксизмальной. К таким процедурам относятся, в частности, гипервентиляция, фотостимуляция, сон, инъекция конвульсантов. В российской литературе часто используется термин функциональная проба.

Активность, ЭЭГ / Activity, EEG/ Волна или серия волн ЭЭГ

Альфа варианты / Alpha variant rhythms/ Определенные характерные ЭЭГ ритмы, которые регистрируются в задних отделах, отличаются по частоте, но сходны по реактивности с альфа-ритмом. Иногда можно наблюдать субгармоники альфа частоты при отсутствии самого альфа-ритма.

Альфа волна / Alpha wave/ Волна длительностью от 1/8 до 1/13 секунды.

Альфа диапазон / Alpha band/ Частотный диапазон 8-13 Гц.

Альфа-ритм / Alpha-rhythm/ Ритм 8-13 Гц, возникающий во время бодрствования в задних отделах мозга, с максимумом в затылочных отделах. Амплитуда варьирует, у большинства взрослых составляет менее 50 мкВ. Более выражен при закрытых глазах, в состоянии расслабленного бодрствования. Блокируется или уменьшается при внимании, или выполнении мыслительной задачи. Использование термина должно соответствовать вышеуказанным критериям. Активность в альфа-диапазоне, которая отличается от альфа-ритма по топографии и/или реактивности, должна иметь другое специфическое название (например, мю-ритм) или же определяться, как ритм альфа частоты или альфа активности.

Амплитуда / Amplitude/ Величина ЭЭГ волн, выраженная в микровольтах (uV). Размер волны ЭЭГ зависит от вольтажа, разделенного на чувствительность дисплея. ЭЭГ измеряет разность потенциалов между двумя электродами. Следовательно, амплитуда зависит от отведения и не отражает

напрямую реальное количество церебральной активности. ЭЭГ колебания, записанные с поверхности головы, уменьшаются по амплитуде, искажаются и рассеиваются подлежащими структурами в особенности костями черепа.

Аналого-цифровое преобразование АЦП / Analog-to-digital conversion ADC/ Преобразование непрерывной или аналоговой ЭЭГ в цифровое представление (серия дискретных амплитудных измерений). АЦП описывается частотой дискретизации или отбора (sampling rate). Сигнал преобразовывается в число, при этом цифровые значения, их точность выделяются в пределах динамического диапазона системы.

Апериодический / Aperiodic/ Применяется к описанию (1) серии волн или комплексов ЭЭГ, возникающих с нерегулярной частотой, (2) преходящих волн или комплексов ЭЭГ, возникающих с нерегулярным интервалом.

Аритмическая активность / Arrhythmic activity/ Серия волн с непостоянным периодом.

Артефакт / Artifact/ (1) Разность потенциалов экстрацеребрального происхождения, регистрируемая в ЭЭГ отведениях, (2) Изменение ЭЭГ, вызванное экстрацеребральными факторами, например, окружающей среды, инструментальными проблемами, ошибками оператора.

Асимметрия / Asymmetry/ Различная амплитуда ЭЭГ активности над гомологичными областями противоположных сторон головы.

Асинхрония / Asynchrony/ Неодновременное возникновение активности ЭЭГ в пределах того же или противоположного полушария.

Аттенуация / Attenuation/ (1) Уменьшение вольтажа ЭЭГ активности. Может возникать преходяще в ответ на физиологические или другие стимулы, такие как электрическая стимуляция мозга, или результат патологических условий, (2) Уменьшение вольтажа, как результат изменения чувствительности ЭЭГ канала, использования определенных фильтров.

Атипичный комплекс спайк-медленная волна / Atypical spike-and-slow-wave complex/ Пароксизмы, состоящие из последовательности комплексов спайк-медленная-волна, которые возникают билатерально, однако, не соответствуют критериям 3-Гц комплексов спайк-медленная волна.

Аугментация / Augmentation/ Увеличение амплитуды электрической активности.

Базальный электрод / Basal electrode/ Любой электрод, расположенный вблизи основания черепа.

БДГ / REM/ Быстрые движения глаз.

Бета диапазон / Beta band/ Частотный диапазон от 14 Гц до 40 Гц.

Бета ритм / Beta rhythm/ Любой ЭЭГ ритм между 14 Гц и 40 Гц. Характерно преобладание в лобно-центральных отделах во время бодрствования. Амплитуда лобно-центрального бета ритма варьирует, однако в основном ниже 30 μV . Блокируется или редуцируется контралатеральными движениями или тактильной стимуляцией, что особенно заметно на электрокортикограмме. Другие бета ритмы распределяются в других зонах или имеют диффузный характер.

Билатеральный / Bilateral/ Регистрируемый с обеих сторон.

Биполярное отведение / Bipolar derivation/ Запись между двумя электродами.

Биполярный монтаж / Bipolar montage/ Множество биполярных отведений, в котором отсутствует общий для всех отведений электрод. В большинстве случаев биполярные отведения "сцеплены", то есть соседние отведения имеют в составе один общий электрод, при этом он соединен со входом 2 для одного отведения, и со входом 1 для другого отведения.

Блокирование / Blocking/ (1) Полное, но временное, исчезновение ЭЭГ ритмов в ответ на физиологические или другие стимулы, такие как электрическая стимуляция мозга. (2) Состояние временной невосприимчивости ЭЭГ усилителя, вызванное большой перегрузкой.

Быстрая активность / Fast activity/ Активность с частотой выше, чем альфа, т.е. бета и гамма активность.

Быстрая волна /Fast wave/ Волна длительностью меньше, чем альфа-волна, т.е. менее 1/13 секунды.

Веретено/Spindle/ Группа ритмических волн, которая характеризуется прогрессирующим нарастанием, затем постепенным уменьшением амплитуды.

Веретена сна / Sleep spindles/ Вспышки волн частотой 11-15 Гц (как правило, 12-14 Гц), обычно диффузных, но с большей амплитудой в центральных областях, возникающие во время сна. Амплитуда варьирует, составляя у взрослых обычно менее 50 μV . Характерно постепенное нарастание амплитуды с ее последующим убыванием ("веретено").

Вертексная острая волна / Vertex sharp wave/ Использование данного термина не рекомендуется при описании физиологического вертексного острого компонента.

Вертексный острый компонент / Vertex sharp transient/ Острый потенциал, максимальный в области вертекса, негативный по отношению к другим областям, возникающий спонтанно во время сна или в ответ на сенсорный стимул во время сна или бодрствования. Может быть одиночным или повторяющимся. Амплитуда в целом редко превышает 250 μV .

Волна / Wave/ Любое изменение разницы потенциалов между парой электродов в ЭЭГ записи. Может возникать в мозге (ЭЭГ волна) или вне его (экстрацеребральный потенциал).

Вспышка / Burst/ Группа волн, которые появляются или резко исчезают, отличаются от фоновой активности по частоте, форме и/или амплитуде. (1) термин не означает обязательно патологию. (2) Не является синонимом пароксизма.

Вспышка-подавление / Burst suppression/ Паттерн, характеризующийся вспышками тета и/или дельта волн, иногда с наложением более быстрых колебаний, с наступлением периодов низкой амплитуды (менее 20 μV). Это ЭЭГ паттерн, который указывает либо на серьезную дисфункцию мозга, либо на воздействие ряда анестетических препаратов при определенной глубине анестезии.

Вторичная билатеральная синхрония / Secondary bilateral synchrony/ Синоним: вторичная генерализация. Распространение изначально фокального (регионального) эпилептиформного разряда, который становится генерализованным. Вторичная билатеральная синхрония часто возникает из источников со средне-фронтальной локализацией.

Wicket ритм / Wicket rhythm/ Использование термина не рекомендуется. Предлагается: мю ритм.

Wicket спайки / Wicket spikes/ Похожие на спайк одиночные негативные волны или серии таких волн, возникающие в височных отделах в состоянии дремоты, имеющие аркообразную форму или напоминающие мю ритм. В основном наблюдаются у пожилых людей и представляют из себя доброкачественный вариант, который не имеет большого клинического значения.

Гамма диапазон / Gamma band/ Частотный диапазон выше 40 Гц. На практике большинство электроэнцефалографов редуцируют частоты выше 70 Гц. Графическое разрешение компьютерных мониторов ограничивает отображение высокочастотных колебаний. Тем не менее, это не оправдывает

чрезмерное ограничение высокочастотной характеристики каналов ЭЭГ, поскольку может неблагоприятно сказаться на отображении таких компонентов, как спайки и острые волны, которые могут иметь частоту 50 Гц.

Гамма ритм / Gamma rhythm/ Ритм ЭЭГ с частотой выше 40 Гц. Обычно регистрируется при записи интракраниальными электродами.

Генерализованный / Generalized/ Наблюдаемый над всеми областями головы, обычно с фронтальным максимумом, реже окципитальным.

Генерализация / Generalization/ Распространение ЭЭГ активности с ограниченного участка на все области головы.

Герц / Hertz/ Единица частоты. Аббревиатура: Гц. Синоним: циклы в секунду.

Гипервентиляция / Hyperventilation, overbreathing/ Глубокое и регулярное дыхание, выполняемое на протяжении нескольких минут. Применяется, как процедура активации (функциональная проба).

Гипсаритмия / Hypsarrhythmia/ Паттерн, состоящий из диффузных высокоамплитудных (>300 uV) нерегулярных медленных волн, "усеянных" мультирегиональными спайками и острыми волнами с обеих сторон.

Дезорганизация / Disorganization/Выраженное нарушение частоты, формы, топографии и/или количества физиологических ЭЭГ ритмов (1) в сравнении с предыдущей записью у одного и того же субъекта или с ритмами гомологичных областей противоположного полушария, (2) в сравнении с нормативными значениями соответствующей возрастной группы при том же уровне бодрствования.

Дельта волна / Delta wave/ Волна длительностью менее 1/4 секунды.

Дельта диапазон / Delta band/ Частотный диапазон до 4 Гц. Для практических задач используется нижний предел в 0.5 Гц, поскольку очень медленные потенциалы и потенциалы постоянного тока обычными системами ЭЭГ не отображаются.

Дельта ритм / Delta rhythm/ Ритм с частотой менее 4 Гц.

Депрессия / Depression/ Не рекомендуется использовать при описании ЭЭГ паттернов.

Десинхронизация / Desynchronization/ Использование термина не рекомендуется при визуальном описании изменений ЭЭГ. Предлагается:

блокирование, аттенуация, снижение. Исключение: термин десинхронизация допустим для описания уменьшения мощности частотного диапазона при спектральном анализе.

Десинхронизированный / Desynchronized/ Использование термина не рекомендуется в описании ЭЭГ паттерна.

Дизритмия / Dysrhythmia/ Использование термина не рекомендуется.

Диполь / Dipole/ Теоретический точечный источник ЭЭГ с разделением негативного и позитивного зарядов. Используется обычно для описания коркового источника, который генерирует такое поле ЭЭГ, когда можно зарегистрировать оба максимума - негативный и позитивный, например, "горизонтальный диполь" так называемых роландических спайков.

Дисковый электрод / Disk electrode/ Металлический диск, который накладывается на скальп с адгезивным проводящим элементом, таким как паста, коллодий.

Диффузный / Diffuse/ Регистрируемый над большими областями с одной или обеих сторон головы.

Длительность / Duration/ (1) Интервал между началом и окончанием отдельной волны или комплекса. Длительность цикла отдельных компонентов последовательности регулярно повторяющихся волн или комплексов, обозначается обычно, как период волны или комплекса. (2) Время, в течение которого во время записи длится последовательность волн, комплексов или других феноменов.

Доброкачественные эпилептиформные разряды детства / Benign epileptiform discharges of childhood BEDC/ Называют также доброкачественные эпилептиформные нарушения детства или ДЭНД. Региональные или мультирегиональные острые волны, за которыми обычно следует негативная волна меньшей амплитуды, чем негативный пик острой волны, и которые обычно имеют биполярное распределение с позитивным "воронкой" в среднелобном регионе. Эти острые волны часто носят мультирегиональный характер и легко распознаются по типичной морфологии. Если они возникают в центровисочной области, они называются также "роландические спайки". Как правило, они усиливаются во сне и имеют тенденцию группироваться в серии.

Доброкачественные эпилептиформные компоненты сна / Benign epileptiform transients of sleep BETS/ Небольшие острые спайки (small sharp spikes SSS) очень короткой длительности и низкой амплитуды, за которыми часто следует небольшая тета волна, возникающие в височных областях в

состоянии дремоты или поверхностного сна. Этот паттерн не имеет большого клинического значения.

10-10 система / 10-10 system/ Система стандартизованного расположения скальповых электродов. В соответствии с этой системой дополнительные скальповые электроды располагаются на половине дистанции между стандартными электродами по системе 10-20 (см. система 10-20, близко расположенные электроды). Использование дополнительных электродов показано, например, для мониторинга эпилепсии и более точной локализации эпилептиформных разрядов.

10-20 система / 10-20 system/ Система стандартизованного расположения скальповых электродов, рекомендованная Международной федерацией клинической нейрофизиологии (IFCN). В соответствии с этой системой место электродов определяется измерением головы между внешними ориентирами и взятием 10 или 20% от этих измерений. В некоторых ситуациях показано использование дополнительных скальповых электродов, например, передний височный электрод.

Запись / Record, recording/ (1) Процесс получения записи ЭЭГ. (2) Конечный результат регистрации ЭЭГ.

Затылочная перемежающаяся ритмическая дельта активность / Occipital intermittent rhythmic delta activity/ Довольно регулярные, синусоидальные волны, в основном регистрируемые, как вспышки 2-3 Гц в затылочных отделах одного или обоих полушарий. Аббревиатура: OIRDA. Часто блокируется или уменьшается открытием глаз.

Земляное соединение / Ground connection/ Проводящий путь между субъектом и электроэнцефалографом, и электроэнцефалографом и землей.

Игольчатый электрод / Needle electrode/ Небольшая игла, которая вводится подкожно.

Изолиния, изоэлектрическая линия / Baseline/ Строгое определение: линия ЭЭГ, когда на два входа усилителя подается одинаковый вольтаж, или когда прибор находится в состоянии калибровки, однако калибровочный сигнал не подается.

Изолированный / Isolated/ Возникающий, как одиночный элемент.

Изоэлектрический / Isoelectric/ (1) Запись от двух эквипотенциальных электродов. (2) Использование термина не рекомендуется при описании записи электроцеребральной инактивности.

Инактивность, электроцеребральная, запись / Inactivity, record of electrocerebral/ Отсутствие над всеми областями головы идентифицируемой электрической активности церебрального происхождения, ни спонтанной, ни вызванной физиологическими стимулами или фармакологическими препаратами. Определение электроцеребральной инактивности требует особой предосторожности и технических возможностей. Трасы электроцеребральной инактивности должны четко отличаться от низкоамплитудной ЭЭГ и записи дельта активности низкой амплитуды.

Индекс / Index/ Процент времени присутствия определенного вида ЭЭГ активности за определенный период времени.

Индифферентный электрод / Indifferent electrode/ Использование термина не рекомендуется. Предлагается: референтный электрод.

К-комплекс / K complex/ Разряд, появляющийся непостоянно, состоящий в основном из высокоамплитудной негативной медленной волны, за которой следует меньшая позитивная медленная волна. К-комплекс часто возникает в паре с сонными веретенами. Амплитуда, как правило, максимальна в передней вертексной области. К-комплексы возникают во время NREM-сна, спонтанно или в ответ на неожиданные сенсорные стимулы, и не являются специфическими для какой-либо сенсорной модальности.

Калибровка / Calibration/(1) Процедура тестирования и записи ответов каналов ЭЭГ на изменение вольтажа, приложенного на входы соответствующих каналов усилителя. Комментарий: в этой процедуре используется магнитуда вольтажа сравнимого с амплитудами ЭЭГ волн. (2) Процедура тестирования точности скорости развертки ЭЭГ при помощи маркера времени.

Канал / Channel/Полная система для детекции, усиления и отображения разницы потенциалов между двумя электродами. Аналоговые приборы ЭЭГ имеют множество ЭЭГ каналов. Цифровые ЭЭГ приборы симулируют многоканальный дисплей, отображая трасами на дисплее множество измеренных разниц потенциалов.

Каппа ритм / Kappa rhythm/ (Использование термина не рекомендуется). Ритм, состоящий из вспышек альфа и тета частоты, возникающих над височными областями скальпа у лиц во время умственной задачи. (1) наиболее отчетливо регистрируется между электродами, расположенными латеральнее внешнего угла глазной щели с обеих сторон. (2) Церебральное происхождение этого ритма не доказано. Возможно, он является окулярным артефактом, вызванным дискретными латеральными осцилляциями глаз.

Комплекс / Complex/ Последовательность двух и более волн, имеющих характерную форму или повторяющихся с довольно стойкой формой, выделяющаяся из фоновой активности.

Компонент ЭЭГ / Transient, EEG/ Любая изолированная волна или комплекс, отличающиеся от фоновой активности.

Коронарный биполярный монтаж / Coronal bipolar montage/ Монтаж, состоящий из цепочки отведений, расположенных в коронарном (поперечном) порядке. Синоним: поперечный биполярный монтаж.

Латерализованный / Lateralized/ Вовлекающий преимущественно левую либо правую сторону головы.

Лобная перемежающаяся ритмическая дельта активность / Frontal intermittent rhythmic delta activity/ Довольно регулярные, приблизительно синусоидальные или пилообразные (saw-tooth) волны, в основном регистрируемые, как вспышки 1.5-2.5 Гц в лобных отделах одного или обоих полушарий. Аббревиатура: FIRDA.

Лямбда волна / Lambda wave/ Дифазный острый компонент, возникающий в затылочных отделах в состоянии бодрствования во время зрительного обследования. Главный компонент позитивен по отношению к другим областям.

Малые острые спайки / Small sharp spikes, SSS/ Аббревиатура: SSS. Синоним доброкачественных эпилептиформных компонентов сна, BETS.

Медленная активность / Slow activity/ Активность с частотой ниже альфа, т.е. тета и дельта активность.

Медленная волна / Slow wave/ Волна длительностью больше, чем альфа волна, т.е. более 1/8 секунды.

Медленный спайк-волна, комплекс / Slow spike-and-wave complex/ Использование термина не рекомендуется. Предлагается: комплекс острая-медленная-волна.

Межполушарное отведение / Interhemispheric derivation/ Запись между двумя электродами, расположенными на противоположных сторонах головы.

Межэлектродное расстояние / Inter-electrode distance/ Расстояние между парой электродов.

Множественные спайки-медленная-волна, комплекс / Multiple spike-and-slow-wave complex/ Последовательность из двух и более спайков, связанная с

одной или двумя медленными волнами. Предпочтительней использовать синоним: полиспайк-медленная-волна.

Множественные спайки, комплекс / Multiple spike complex/ Последовательность из двух и более спайков. Предпочтительней использовать синоним: полиспайк комплекс.

Монопольярный / Monopolar/Использование термина не рекомендуется. Предлагается: референциальный.

Монофазная волна / Monophasic wave/. /Волна, которая полностью лежит выше, либо ниже изолинии.

Монтаж / Montage/Порядок одновременного отображения определенного количества отведений записи ЭЭГ.

Мультирегиональный / Multiregional/ Три и более региональных фокусов.

Мультифокальный / Multifocal/ Более 2-х пространственно разделенных фокусов.

Мю ритм / Mu rhythm/ Ритм с частотой 7-11 Гц, состоящий из аркообразных волн, регистрируемых в центральных или центрально-теменных отделах головы в состоянии бодрствования. Амплитуда варьирует менее 50 μV . Ритм блокируется или редуцируется наиболее отчетливо при контрлатеральных движениях, мысленном представлении движений, готовностью к движению или тактильной стимуляцией.

Независимый / Independent/ Синоним: асинхронный.

Нерегулярный / Irregular/ Применяется к ЭЭГ волнам и комплексам с непостоянным периодом и/или непостоянной формой.

Низкоамплитудная ЭЭГ / Low voltage EEG/ Запись бодрствования, характеризующаяся активностью с амплитудой не более 20 μV во всех областях головы. При достаточной чувствительности прибора можно показать, что эта активность состоит в основном из бета, тета и, в меньшей степени, дельта волн, альфа активность может присутствовать в задних отделах. Необходимо внимательно дифференцировать низкоамплитудную ЭЭГ от электроцеребральной инактивности.

Острая волна / Sharp wave/ Компонент, четко выделяющийся из фоновой активности, с отчетливым пиком и длительностью 70-200 мс, т.е. более 1/4-1/5 в секунду. Амплитуда переменна. Термин должен быть ограничен эпилептиформными разрядами и не должен применяться к отдельным физиологическим событиям, таким как острые вертексные компоненты,

лямбда волны и позитивные окципитальные острые компоненты сна. Острые волны необходимо дифференцировать от спайков, т.е. компонентов, имеющих схожие характеристики, однако меньшую длительность, необходимо учитывать, что это различие довольно условное, и имеет в основном описательное значение.

Острая-медленная-волна / Sharp-and-slow-wave/ Комплекс, состоящий из последовательности острой и медленной волн.

Пароксизм / Paroxysm/. Феномен, который начинается внезапно, быстро достигает максимума, и внезапно прекращается. Четко выделяется из фоновой активности. Широко используется при описании эпилептиформных паттернов и паттернов приступа.

Паттерн / Pattern/ Любая характерная ЭЭГ активность.

Паттерн приступа ЭЭГ / Seizure pattern, EEG/ Феномен, состоящий из повторяющихся ЭЭГ разрядов с относительно внезапным началом и окончанием длительностью в несколько секунд. Эти ЭЭГ паттерны наблюдаются во время эпилептических приступов. Частые интериктальные эпилептиформные разряды не связаны с клиническими приступами и, следовательно, должны дифференцироваться от электроэнцефалографического паттерна приступа. Волны или комплексы могут варьировать по форме, частоте и топографии. Они в целом ритмичны и часто демонстрируют нарастание по амплитуде и снижение по частоте во время эпизода. При фокальном начале, наблюдается тенденция к постепенному распространению на прилегающие области. ЭЭГ паттерны приступа, которые не сопровождаются клиническими эпилептическими проявлениями, должны расцениваться как "субклинические".

Полиграфическая запись / Polygraphic recording/ Одновременный мониторинг множества физиологических показателей, таких как ЭЭГ, дыхание, электрокардиограмма, электромиограмма, движения глаз, кровяное давление, насыщение кислорода, движения ног и т.д.

Полифазная волна / Polyphasic wave/ Волна, состоящая из двух и более компонентов, располагающихся с противоположных сторон изолинии.

Полоса пропускания / Bandwidth/ Диапазон частот, в котором ЭЭГ канал находится в установленных пределах. Определяется частотным ответом усилителя и используемыми фильтрами.

Полоса частот / Band/ Диапазон частотного спектра ЭЭГ, например, дельта, тета, альфа диапазон.

Послеразряд / After-discharge/ ЭЭГ паттерн приступа, следующий за одиночной или повторяющейся электрической стимуляцией дискретной области мозга кортикальными или интрацеребральными электродами.

Продолженная медленная активность / Continuous slow activity/ Непрерывная медленная активность, ареактивная к внешним стимулам, четко превышающая по амплитуде физиологическую возрастную норму. Она иррегулярна (полиморфна) и находится в частотном диапазоне дельта/тета.

Продольный биполярный монтаж / Longitudinal bipolar montage/ Монтаж, состоящий из отведений пар электродов, упорядоченных спереди назад.

Разряд / Discharge/ Интерпретирующий термин, который используется обычно для обозначения эпилептиформных паттернов или паттернов приступа.

Референтный электрод / Reference electrode/ Любой электрод, соединенный со входом второго терминала ЭЭГ усилителя, и расположенный таким образом, чтобы минимизировать воздействие на него активности исследуемого электрода, который обычно соединяется со входом первого терминала.

Синхрония / Synchrony/ Одновременное появление ЭЭГ волн над областями одного или обоих полушарий.

Скальповая электроэнцефалограмма / Scalp electroencephalogram/ Запись электрической активности мозга посредством электродов, расположенных на поверхности головы. Термин должен применяться только для различения с другими типами электроэнцефалограмм, такими как глубинная электроэнцефалограмма. Во всех других случаях скальповая электроэнцефалограмма должна обозначаться просто как электроэнцефалограмма (ЭЭГ).

Скальповый электрод / Scalp electrode/ Электрод, располагающийся на скальпе, или введенный в скальп.

Спайк / Spike/ Компонент, четко выделяющийся из фоновой активности, с отчетливым пиком и длительностью 20-70 мс, т.е. более 1/50-1/15 в секунду. Основной компонент острой волны в целом негативен по отношению к другим областям. Амплитуда переменна. (1) Термин должен быть ограничен эпилептиформными разрядами. ЭЭГ спайки необходимо дифференцировать от острых волн, т.е. компонентов, имеющих схожие характеристики, однако большую длительность. Тем не менее, необходимо учитывать, что это различие довольно условное, и имеет в основном описательную функцию. (2) ЭЭГ спайки необходимо четко отличать от

коротких спайков отдельных нейронов, регистрируемых при помощи микроэлектродной техники.

Спайк-медленная-волна, комплекс / Spike-and-slow-wave complex/
Паттерн, состоящий из спайка, за которым следует медленная волна.

Специальный электрод / Special electrode/ Любой электрод, который не является стандартным скальповым электродом.

Стандартное расположение электродов / Standard electrode placement/
Расположение скальповых электродов согласно системе 10-20.

Сфеноидальный электрод / Sphenoidal electrode/ Игла или провод, введенный через мягкие ткани лица ниже скуловой дуги таким образом, что кончик электрода располагается у основания черепа в области foramen ovale.

Тета волна / Theta wave/ Волна длительностью от 1/4 до 1/8 секунды.

Тета диапазон / Theta band/ Частотный диапазон более 4 и менее 8 Гц.

Тета ритм / Theta rhythm/ Ритм частотой более 4 и менее 8 Гц.

3 Гц комплекс спайк-медленная-волна / 3 Hz spike-and-slow-wave complex/
Характерный пароксизм, состоящий из регулярной последовательности комплексов спайк-медленная-волна, которые: (1) повторяются с частотой 3 цикла в секунду (в первые несколько секунд пароксизма), (2) билатеральны в начале и в конце пароксизма, генерализованы, с максимальной амплитудой обычно в лобных отделах, (3) почти синхронны и симметричны с обеих сторон в течение всего пароксизма.

Усвоение ритма фотостимуляции / Photic driving/ Физиологический ответ, состоящий из ритмической активности в задних отделах головы при повторяющейся фотостимуляции с частотой 5-30 Гц.

Усиление / Gain/ Отношение вольтажа выходного сигнала к вольтажу входного сигнала канала ЭЭГ.

Усредненный референтный потенциал / Average potential reference/
Усредненный потенциал всех или многих ЭЭГ электродов, который используется, как референт.

Фокус / Focus/ Ограниченная область скальпа, коры мозга, или внутримозговой участок, в котором регистрируется данная ЭЭГ активность, нормальная или аномальная.

Фоновая активность / Background activity/ Любая ЭЭГ активность, которая представляет состояние, в котором появляется данный нормальный или аномальный паттерн.

Фоновая медленная активность / Background slow activity/ Частота основного ритма ниже нормальных величин.

Фотопароксизмальный ответ / Photoparoxysmal response/ Аномальный ответ на ритмическую фотостимуляцию, который характеризуется комплексами спайк-медленная-волна и полиспайк-медленная-волна. Ответы варьируют от затылочных спайков, сопряженных по времени со световыми вспышками, до генерализованных эпилептиформных разрядов, которые могут продолжаться несколько секунд после стимуляции.

Фотостимулятор / Photic stimulator/ Устройство для подачи повторяющихся световых вспышек.

Фотостимуляция / Photic stimulation/ Подача повторяющихся световых вспышек перед глазами субъекта. Используется в качестве процедуры активации ЭЭГ.

Частотный спектр / Frequency spectrum/ Диапазон частот, составляющих ЭЭГ. Разделяется на 5 диапазонов, называемых дельта, тета, альфа, бета и гамма.

6 Гц спайк-медленная-волна / 6 Hz spike-and-slow-wave/ Комплексы спайк-медленная-волна частотой 4-7 Гц, в основном 6 Гц, возникающие короткими вспышками билатерально и синхронно, симметрично или асимметрично, с амплитудным преобладанием в передних или задних областях головы.

Электродное сопротивление / Electrode resistance/ Измеряется между парой электродов. Измеряется в омах или килоомах.

Электрокортикограмма (ЭКоГ) / Electrocorticogram/ Запись ЭЭГ активности при помощи электродов, наложенных непосредственно на кору или вживленных в нее.

Электроэнцефалограмма / EEG/ Запись электрической активности мозга посредством электродов, наложенных на поверхность головы, если не указано иное. Аббревиатура: ЭЭГ.

Электроэнцефалография / Electroencephalography/ (1) Область науки, изучающая электрическую активность мозга. (2) Практика записи и интерпретации электроэнцефалограмм. Аббревиатура: ЭЭГ.

Эпилептический статус, ЭЭГ / Status epilepticus, EEG/ Возникновение практически непрерывной или повторяющейся активности приступа в ЭЭГ. Термин необходимо отличать от клинического эпилептического статуса

Эпилептиформный паттерн /Epileptiform pattern/ Синонимы: эпилептиформный разряд, эпилептиформная активность. Описывает компоненты, которые выделяются из фоновой активности, с характерной спайковой морфологией, регистрируемые в интериктальной ЭЭГ больных эпилепсией.

Основная литература:

- 1.Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии. М. «МЕДпресс-информ», 2016.
2. Клиническая электроэнцефалография (ред. Русинов В.С.) М.Медицина 1974.
- 3.Жирмунская Е.А. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека
М.: МЭЙБИ, 1991.
- 4.Благосклонова Н.К., Новикова Л.А. Детская клиническая электроэнцефалография. М.Медицина, 1994.
5. Поворинский А.Г.Заболотных В.А. Пособие по клинической электроэнцефалографии.
Л.,1998.
- 6.Заболотных В.А. Практический курс классической клинической электроэнцефалографии.
Санкт-Петербург, 1998.
7. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). Издательство МЕДпресс, 2004.

Дополнительная литература:

1. Болдырева Г.Н. Электрическая активность мозга при поражении диэнцифальных и лимбических структур. М.:Наука, 2000.
2. Джебраилова Т.Д., Залилов Р.Ю. Адаптация к учебному процессу и успеваемость у студентов с различной степенью экстра-интроверсии и ригидности // Актуальные проблемы современной медицины: Материалы VII итоговой научной конференции ИМО НовГУ. — В. Новгород, 2000.
3. Джебраилова Т.Д. Индивидуальные особенности взаимодействия функциональных систем при целенаправленной деятельности человека в условиях эмоционального напряжения // Автореф. дисс. докт. — М. 2005.
4. Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н. Функциональная асимметрия и психопатология очаговых поражений мозга. — М.: 1977.
5. Жаворонкова Л.А. Особенности межполушарной асимметрии ЭЭГ правшей и левшей как отражение взаимодействия коры и регуляторных систем мозга// Доклады АН. 2000. Т.375. № 5. С. 696-699.
6. Жаворонкова Л.А. Проблемы оценки и прогнозирования функционального состояния организма в прикладной физиологии. //Фрунзе: Илим. 1988. С. 215-217.
7. Жаворонкова Л.А., Трофимова Е. В. Динамика когерентности ЭЭГ и двигательных реакций при засыпании у правшей и левшей. Физиология человека. 1997. 23. 6, стр. 18-26.
8. Жирмунская Е.А. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека М.: МЭЙБИ, 1991.
9. Заболотных В.А. Практический курс классической клинической электроэнцефалографии Санкт-Петербург, 1998.

10. Ильюченко И.Р. Различия частотных характеристик ЭЭГ при восприятии положительно-эмоциональных, отрицательно-эмоциональных и нейтральных слов // Журнал ВНД. 1996. Т. 46, № 3. С. 457-468.
11. Ильюченко И.Р., Савостьянов А.Н., Валеев Р. Г. Динамика спектральных характеристик тета-и-альфа-диапазонов В ЭЭГ при негативной эмоциональной реакции// Журнал ВНД 2001.-N 5.-С.563-571.
12. Милованова О.А., Степанищев И.Л., Чучин М.Ю., Немцова М.В., Нестеровский Ю.Е. Эпилепсии и эпилептические синдромы младенчества, детства и подросткового возраста. М., 2010.
13. Поворинский А. Г., Заболотных В. А., Лебедева Н. Н. Алгоритм описания ЭЭГ для использования в клинической практике и экспертизе трудоспособности. //Журнал нейрофизиологии и психиатрии, 1981.N 3. с. 1130-1133.
14. Поворинский А.Г., Заболотных В.А. Пособие по клинической электроэнцефалографии. Л.,1998.
15. Русалова М.Н. Динамика асимметрии активности коры головного мозга человека при эмоциональных состояниях. //Журнал ВНД 2005. Т. 36. №4 - С. 754–757.
16. Русинов В.С., Гриндель О.М., Болдырева Г.Н., Вакар Е.М. Биопотенциалы мозга человека. Математический анализ// М.: Медицина, 1987.
17. Шарова Е.В, Брагина Н.Н., Баркалая Д.Б., Куликов М.А., Сировский Э.Б. Сопоставление структуры корковой биоэлектрической активности мозга человека при остро развивающихся патологических очагах на разных уровнях ствола // Журнал ВНД., 1992. Т.42, N 4, с.645-654.
18. Шарова Е.В Асимметрия когерентности ЭЭГ при посткоматозных бессознательных состояниях после тяжелой черепно-мозговой травмы // Глава в монографии Функциональная межполушарная асимметрия (хрестоматия) (под редакцией Н.Н.Боголепова и В.Ф. Фокина) Москва, Научный мир, 2004.
19. Daly & Pedley, 1997 *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997;103:627.
20. Moretti. D. V. //Mild Cognitive Impairment: Structural, Metabolical, and Neurophysiological Evidence of a Novel EEG Biomarker// *Frontiers in Neurology*.2015.

21. Moretti D. V. Conversion of mild cognitive impairment patients in Alzheimer's disease: prognostic value of Alpha3/Alpha2 electroencephalographic rhythms power ratio. · Dec 2015 · Alzheimer's Research and Therapy
22. Gambarelli Y., Gurinel G., Cherrot L., Mattei M. Computerized axial Tomography [an anat. Atlas of sections of the Human body. AnatomyRachiology-Scannes]. Berlin – Heidelberg – N.Y. 1977.
23. Jasper H. 1957 Reflections on the spike and wave complex in cortical and mesencephalic seizures. //Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 9. 379
24. Hinrichs H., Machleidt W. Basic emotions reflected in EEG coherences //Int.J. Psychophysiol. 1992. V. 13.
25. Kasteleijn-Nolst Trenité D, et al. (2001, 2012) 1. Kasteleijn-Nolst Trenité D, Rubboli G, Hirsch E, Martins da Silva A, Seri S, Wilkins A, Parra J, Covanis A, Elia M, Capovilla G, Stephani U, Harding G. Methodology of photic stimulation revisited: updated European algorithm for visual stimulation in the EEG laboratory. *Epilepsia*. 2012 Jan;53(1):16-24.
26. Kasteleijn-Nolst Trenité DG, Guerrini R, Binnie CD, Genton P. Visual sensitivity and epilepsy: a proposed terminology and classification for clinical and EEG phenomenology. *Epilepsia*. 2001 May;42(5):692-701.
27. Kirmizialsan, E.; Bayraktaroglu, Z.; Gurvit, H.; Keskin, Y.; Emre, M.; Demiralp, T. (2006). "Comparative analysis of event-related potentials during Go/NoGo and CPT: Decomposition of electrophysiological markers of response inhibition and sustained attention". *Brain Research* 1104 (1): 114–128.
28. Ohtahara S. Clinico-electrical delineation of epileptic encephalopathies in childhood. *Asian Med J* 1978;21 :499-509.