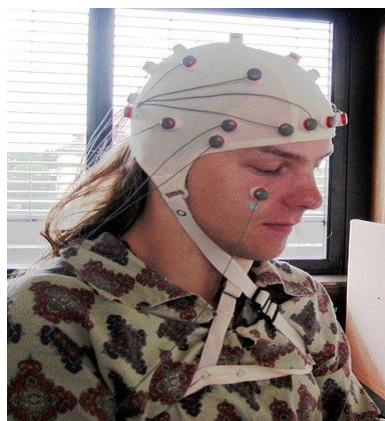


**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ**  
*Кафедра физиологии человека и животных*

**Н.В. ЗВЁЗДОЧКИНА**

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА**

**Учебно-методическое пособие**



**Казань – 2014**

**УДК 612.821**

*Принято на заседании кафедры физиологии человека и животных ИФМиБ  
Протокол № 12 от 22 апреля 2014 года*

*Научный редактор*  
доктор медицинских наук, профессор Ситдикова Г.Ф.

**Рецензенты:**  
доктор биологических наук,  
проф. КГМУ **Нигматуллина Р.Р.;**  
канд. биол. наук,  
доц. КФУ **Герасимова Е.В.**

**Звёздочкина Н.В.**

**Исследование электрической активности головного мозга /**  
Н.В.Звёздочкина. – Казань: Казан. ун-т, 2014. – 59 с.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для ознакомления студентов-физиологов и психологов с методом регистрации электрических процессов головного мозга человека в ходе изучения курсов: «Диагностика функционального состояния человека», «Психофизиология», «Физиология ВНД». В пособии приведена краткая история развития метода электроэнцефалографии (ЭЭГ), техника регистрации, назначение современного компьютерного энцефалографа и возможности его применения, описаны основные ритмы и критерии нормы ЭЭГ в состоянии покоя. Пошагово представлена методика регистрации электрической активности мозга и анализа ЭЭГ с помощью программы «Нейрон-Спектр.NET» (ООО «Нейрософт, Россия).

Методическое пособие адресовано студентам университетов, изучающим физиологию и психологию.

© Звёздочкина Н.В., 2014

© Казанский университет, 2014

## Оглавление

Введение.....	4
I. Электроэнцефалографическое изучение мозга в норме.....	5
I.1. История развития энцефалографии.....	5
I.2. Область применения ЭЭГ- обследований.....	6
I.3. Метод регистрации электроэнцефалограммы.....	8
I.4. Ритмы электроэнцефалограммы человека.....	11
I.5. Стандартные функциональные пробы при регистрации ЭЭГ.....	12
I.6. Алгоритм описания ЭЭГ.....	14
I.7. Критерии нормы и патологии электроэнцефалограммы покоя.....	17
II. Практическая работа. Освоение метода регистрации энцефалограммы человека.....	27
II.1. Порядок регистрации ЭЭГ.....	27
II.2. Просмотр и редактирование электроэнцефалограммы.....	31
II.3. Открытие обследования.....	32
II.4. Анализ электроэнцефалограммы.....	34
Контрольные вопросы.....	40
Рекомендованная литература.....	41
Приложение.....	42
1. Заключение нейрофизиолога (пример).....	43
2. Графики мощности и индекса альфа-ритма ЭЭГ.....	45
3. Краткий терминологический словарь клинической энцефалографии.....	46

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из наиболее информативных методов изучения мозга человека с позиций его целостной системной деятельности является метод *электроэнцефалографии*. Этот метод основан на регистрации суммарной электрической активности нейронов головного мозга, отводимой с поверхности кожи головы – *электроэнцефалограммы* (ЭЭГ).

Электроэнцефалография дает возможность качественного и количественного анализа функционального состояния головного мозга и его реакций при действии раздражителей. Запись ЭЭГ широко применяется в диагностической и лечебной работе (особенно часто при эпилепсии), в анестезиологии, а также при изучении деятельности мозга, связанной с реализацией таких функций, как восприятие, память, адаптация и т. д.

### *Методические рекомендации по выполнению работы «Исследование электрической активности головного мозга человека»*

Внимательно прослушайте вводную лекцию преподавателя. В лекции кратко описана история изучения электрической активности мозга, области применения ЭЭГ-исследований. Дана характеристика основных ритмов покоя ЭЭГ, описан метод и условия регистрации, стандартные функциональные пробы (открытие и закрывание глаз, ОГ и ЗГ).

Приведена краткая справка о способах обработки ЭЭГ. Современное оборудование позволяет провести компьютерный анализ электроэнцефалограммы, который чаще используется при научных исследованиях. Специалист проводит визуальный анализ ЭЭГ и делает заключение о соответствии ЭЭГ норме.

В настоящем методическом пособии Вы найдете характеристики основных ритмов ЭЭГ в состоянии покоя, классификацию ЭЭГ по Жирмунской, правила описания ЭЭГ и примеры заключения. В приложении приведены записи ЭЭГ.

Структура занятия:

1. Лекция преподавателя – 30-40 мин. (конспект);
2. Подготовка и наложение электродов на скальп одного обследуемого (добровольца из числа студентов группы) – 15 мин;
3. Запись ЭЭГ – 15 мин;
4. Компьютерный анализ ЭЭГ при стандартных пробах (фоновая запись, открытые глаза) – 20-30 мин
  - амплитуда и мощность и основных ритмов при монополярном отведении;
  - индексы основных ритмов;
  - графики полной мощности и индекса альфа-ритма при функциональных пробах (см. Приложение 2);
  - гистограммы основных ритмов.
5. Изучение методического пособия - 30 мин (конспект).
6. Обработка фрагментов записей ЭЭГ и написание заключения по образцу – 20-30 мин.

Все записи по обработке делаются каждым студентом в рабочей тетради.

7. Проверка выполнения работы преподавателем – 5-7 мин.

## **I. Электроэнцефалографическое изучение мозга в норме.**

### **I.1. История развития энцефалографии**



Richard Caton, 1842-1926

В 1875 г. данные о наличии спонтанной и вызванной электрической активности в мозге собаки были получены независимо R. Caton в Англии и В.Я.Данилевским в России. Исследования отечественных нейрофизиологов на протяжении конца XIX и начала XX века внесли существенный вклад в разработку основ электроэнцефалографии. В.Я.Данилевский не только показал возможность регистрации электрической активности мозга, но и подчёркивал её тесную связь с нейрофизиологическими процессами.



**В.Я. Данилевский**

В 1912 г. П.Ю. Кауфман выявил связь электрических потенциалов мозга с «внутренней деятельностью мозга» и их зависимость от изменения метаболизма мозга, воздействия внешних раздражений, наркоза и эпилептического припадка.



**Н.Е. Введенский**

В 1884 году Н.Е. Введенский, для изучения работы нервных центров, применил телефонический метод регистрации. Прослушивал в телефон активность продолговатого мозга лягушки и коры больших полушарий кролика.



**В.В. Правдич-Неминский**

Начало электроэнцефалографическим исследованиям положил В.В. Правдич-Неминский, опубликовав в 1913 году первую электроэнцефалограмму, записанную с мозга собаки. В своих исследованиях он использовал струнный гальванометр. Им введён термин электроцереброграмма.

Австрийский психиатр Ганс Бергер в 1928 г. впервые осуществил регистрацию электрических потенциалов головного мозга у человека, используя скальповые игольчатые электроды (Berger H., 1928, 1932). В его же работах были описаны основные ритмы ЭЭГ и их изменения при функциональных пробах и патологических изменениях в мозге. Большое влияние на развитие метода оказали публикации G.Walter (1936) о значении ЭЭГ в диагностике опухолей мозга, а также работы F.Gibbs, E.Gibbs, W.G.Lennox (1937), F.Gibbs, E.Gibbs (1952, 1964), давших подробную электроэнцефалографическую семиотику эпилепсии.



**Г.Бергер**

В последующие годы работы исследователей были посвящены не только феноменологии электроэнцефалографии при различных заболеваниях и состояниях мозга, но и изучению механизмов генерации электрической активности.

## I.2. Область применения ЭЭГ- обследований

Наиболее информативной является регистрация ЭЭГ больных с эпилептическими припадками. В первую очередь ЭЭГ помогает отличить эпилептические приступ от неэпилептических и классифицировать их.

С помощью ЭЭГ можно:

- установить участки мозга, участвующие в провоцировании приступов;
- следить за динамикой действия лекарственных препаратов;
- решить вопрос о прекращении лекарственной терапии;
- идентифицировать степень нарушения работы мозга в межприступные периоды.

У нескольких процентов практически здоровых взрослых людей встречаются нарушения биоэлектрической активности мозга в виде различных "эпифеноменов", условно-эпилептиформной активности. Возможно, такой тип реакции представляет собой врожденную особенность, дающую носителям соответствующих генов некоторые биологические преимущества. Об этом, например, свидетельствует то, что у пилотов высшего класса, обладающих наиболее быстрой реакцией, на ЭЭГ часто встречаются разряды эпилептиформного типа.

У детей без клинических проявлений эпилепсии, но с психопатией, с агрессивным характером и даже просто у невротиков обнаруживают "эпифеномены" на ЭЭГ еще чаще. Такая реакция обычно исчезает по мере взросления без всякого лечения. Однако у 14-15% детей впоследствии развивается эпилептическая болезнь.

Большое значение в диагностике поражений мозга имеют функциональные пробы: прерывистое световое раздражение (фотостимуляция), усиленное глубокое дыхание в течение 2-3 мин (гипервентиляция), звуковое раздражение, исследование после бессонной ночи (депривация сна) и др. При использовании функциональных проб у 90% больных эпилепсией удается выявить изменения ЭЭГ.

*ЭЭГ в диагностике новообразований.* Если опухоль располагается близко к поверхности мозга и воздействует преимущественно на кору и подкорковые структуры, на ЭЭГ возникают изменения на стороне поражения. Отмечаются локальные патологические изменения в зоне

проекции опухоли - угнетение альфа-ритма, увеличение амплитуды дельта-волн.

Внутричерепные опухоли вызывают значительные общие изменения ЭЭГ, маскирующие очаговые нарушения биопотенциалов. При опухолях височной локализации ЭЭГ диагностика с указанием очага патологической электрической активности в височной области наиболее точна (до 90%). Как правило, при этом наблюдается очаговая бета-активность.

По современным стандартам ЭЭГ-исследование может быть рекомендовано как скрининговое исследование при подозрении на новообразование. За счет безвредности, относительной доступности и быстроты проведения при сомнении врача в диагнозе ЭЭГ может подсказать ему – стоит ли направлять пациента на дополнительное (чаще - томографическое) исследование.

*ЭЭГ при сосудистых заболеваниях и после травм.* Для раннего периода после сотрясения головного мозга характерно наличие ирритативных изменений, сходных с нарушениями при сосудистых заболеваниях. В отдаленном периоде черепно-мозговой травмы особенностью ЭЭГ является наличие синхронности ритмов в различных отведениях, часто – низкоамплитудный характер ЭЭГ. Характерно снижение или инверсия лобно-затылочного градиента альфа-активности.

С помощью ЭЭГ можно:

- следить за динамикой действия лекарственных препаратов;
- оценить степень нарушения работы мозга;
- исследовать функциональное состояние мозга у людей.
- при повторных исследованиях ЭЭГ помогает оценить скорость и полноту исчезновения признаков нарушения работы мозга.

Каковы же преимущества ЭЭГ? Некоторые из них очевидны: ЭЭГ проста в использовании, не связана с воздействием на испытуемого (неинвазивна). ЭЭГ может быть зарегистрирована около кровати пациента и использоваться для длительного мониторинга мозговой активности. ЭЭГ может показать один из основных параметров работы нервной системы – свойство ритмичности, которое отражает согласованность работы разных структур мозга. Это помогает обнаружить схему процессов, задействованных мозгом, показывая не только «где», но и «как» информация обработана в мозге. Именно эта возможность делает ЭЭГ уникальным и, безусловно, ценным методом диагностики.



### 1.3. Метод регистрации электроэнцефалограммы

ЭЭГ регистрируют с помощью наложенных на поверхность кожи головы электродов, которые при помощи проводников скоммутированы с панелью усилителя биопотенциалов – электроэнцефалографа. Электроды, которые накладываются на кожу, должны иметь низкое переходное сопротивление (не более 3-5 кОм), малую степень поляризации и высокую устойчивость к коррозии. Наиболее часто используют электроды, покрытые хлорированным серебром. Для крепления электродов применяют специальный шлем-сетку или используют готовые наборы электродов, смонтированных в шлемы.

В настоящее время приняты два способа регистрации ЭЭГ – монополярный и биполярный. При *биполярном отведении* разность потенциалов измеряют между двумя электрически активными участками головного мозга (оба электрода находятся на коже головы). При *монополярном отведении* регистрируют разность потенциалов между электрически активной и электрически нейтральной (мочка уха) точками.

Отводящие электроды можно накладывать на различные участки поверхности головы с учетом проекции на них областей головного мозга. Наибольшее распространение в настоящее время получили международные системы расположения электродов 10–20% и 10-10% (рис. 1).

Данная система позволяет построить координатную сетку, в узлы которой ставят электроды, получающие буквенно-цифровое обозначение. Лобные отведения обозначают буквой F (frontalis), центральные – С (centralis), теменные - Р (parietalis), височные - Т (temporalis) и затылочные - О (occipitalis).

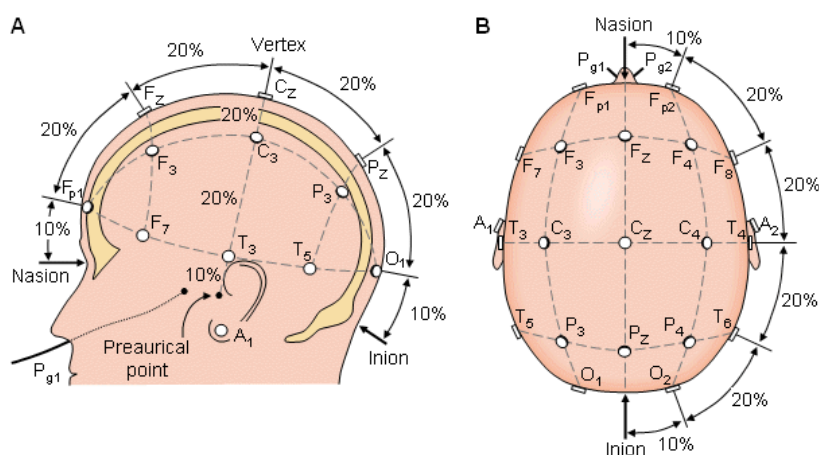


Рис. 1. Схема монтажа электродов 10–20%.

## Артефакты

Во время записи сигнал ЭЭГ может быть подвержен влиянию внешних помех, называемых *артефактами*. По своей природе артефакты бывают физиологические и технические.

К *физиологическим* относятся такие артефакты: наложение кардиограммы (рис.2-1), движение глаз (рис.2-2), сокращения мышц (рис.2-3), движения головы (рис.2-4), глотательные движения (рис.2-5) и т.д. К *техническим* артефактам относят сетевую наводку частотой 50 Гц, возникающую вследствие наличия электромагнитных полей, генерируемых электрической сетью в помещении, а также артефакты, связанные с качанием проводов и плохо закрепленных электродов. Все технические артефакты обычно легко устранимы.

Для получения безартефактной записи ЭЭГ необходимо, чтобы испытуемый в ходе эксперимента находился в расслабленном положении, сидя в специализированном удобном кресле. Должно быть минимизировано количество внешних световых и звуковых раздражителей. Очень важным фактором является правильная постановка электродов и соблюдение небольшого сопротивления «электрод-кожа» (не более 5 кОм).

Артефакты, все же оказавшиеся в электроэнцефалограмме, удаляют с помощью специальных опций программного обеспечения при последующей обработке полученной записи.

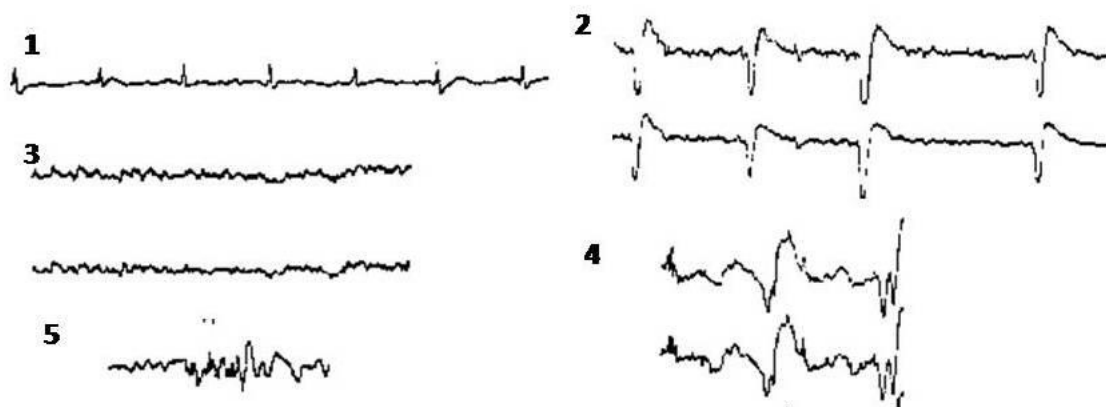


Рис. 2. Возможные физиологические артефакты при регистрации ЭЭГ.

1. наложение электрокардиограммы на запись электрической активности мозга;
2. движение глаз;
3. электрические потенциалы мышц;
4. движение головы;
5. глотательные движения.

## I.4. Ритмы электроэнцефалограммы человека

ЭЭГ активность, представляющая собой волны приблизительно одной постоянной частоты, называется *ритмом*. Наиболее выраженный в ЭЭГ ритм называют доминирующим. Если амплитуда волн ритмической активности постепенно нарастает, а затем спадает, говорят, что ритмическая активность *веретенообразна*.

Уменьшение амплитуд колебаний потенциалов без изменения их частотной характеристики называют *депрессией ритма*. Процесс, выражающийся в формировании регулярной, упорядоченной ритмической активности и нарастании амплитуды колебаний, называют *синхронизацией ритма*.

Нарушение ритмичности протекания волновых процессов ЭЭГ с замещением упорядоченной синхронной волновой активности колебаниями, менее регулярными, разной частоты и меньшей амплитуды, называют *десинхронизацией*.

Обычно выделяют несколько основных ритмов ЭЭГ: дельта-ритм, тета-ритм, альфа-ритм, мю-ритм, бета-ритм и гамма-ритм (рис.3).

*Дельта-ритм.* К дельта-ритму относятся волны ЭЭГ в диапазоне частот 0,5-3,5 Гц. В ЭЭГ здорового взрослого человека в состоянии бодрствования дельта-ритм может присутствовать только в очень небольшом количестве – его амплитуда не превосходит 40 мкВ (обычно около 20 мкВ). Дельта-ритм является основным ритмом медленноволнового сна, когда его амплитуда достигает 300 мкВ и более.

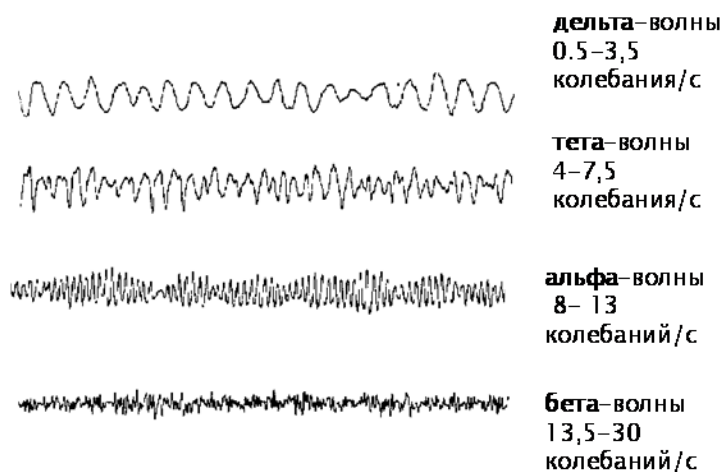


Рис. 3. Основные ритмы ЭЭГ (схема)

*Тета-ритм.* По данным разных исследований границы тета-ритма несколько различаются, но в среднем речь идет о колебаниях с частотой от 4 до 8 Гц. Амплитуда волн в норме не превышает 40 мкВ. Увеличение индекса тета-ритма может, с одной стороны, свидетельствовать о патологии, а с другой, - отражать определенные функциональные состояния, связанные либо со снижением уровня активности мозга, либо, напротив, с концентрацией внимания, когнитивной и эмоциональной активацией.

*Альфа-ритм.* К альфа-ритму относится хорошо модулированная, высокоамплитудная (средняя амплитуда 60-80 мкВ) ритмическая активность с частотой в диапазоне от 7,5 до 13 Гц. Регистрируется более чем у 85% здоровых взрослых. Лучше всего альфа-ритм выражен у здоровых взрослых испытуемых в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах преимущественно в теменно-затылочных областях мозга. Депрессия альфа-ритма свидетельствует об общей активации коры головного мозга. Открывание глаз или умственная активность обычно сопровождаются депрессией альфа ритма.

Важной особенностью альфа-активности является ее функциональная асимметрия при различных когнитивных и эмоциональных нагрузках.

*Бета-ритм* – частота 14-35 Гц, амплитуда до 15 мкВ (выделяют низкочастотный – 14-25 Гц и высокочастотный бета-ритмы – 26-35 Гц). Эти ритмы хорошо выражены в лобной и височной областях. Как синхронизация, так и десинхронизация бета-активности связывается многими авторами с различными типами эмоций и когнитивных процессов. Синхронизацию бета-ритма в лобных областях связывают с процессами внимания.

## **I.5. Стандартные функциональные пробы при регистрации ЭЭГ**

Проба "*открыть-закрыть глаза*" проводится обычно длительностью около 3 секунд с интервалами между последовательными пробами от 5 до 10 секунд.

В норме при открывании глаз происходит подавление альфа-активности и усиление (не всегда) бета-активности. При закрывании глаз повышается индекс, амплитуда и регулярность альфа-активности. Латентный период ответа при открытых и закрытых глазах варьирует от 0,01-0,03 секунд и 0,4-1 секунды соответственно.

Считается, что ответ на открывание глаз - это переход от состояния покоя к состоянию деятельности и характеризует инертность процессов торможения. Ответ на закрывание глаз - это переход от состояния деятельности к покою и характеризует инертность процессов возбуждения. Параметры ответов у каждого пациента обычно стабильны при повторных пробах.

При проведении *пробы с гипервентиляцией* пациенту необходимо дышать редкими, глубокими вдохами и выдохами в течение 2-3 минут, иногда долее. У детей моложе 12-15 лет гипервентиляция уже к концу 1-ой минуты закономерно приводит к замедлению ЭЭГ, нарастающему в процессе дальнейшей гипервентиляции одновременно с частотой колебаний. Эффект гиперсинхронизации ЭЭГ в процессе гипервентиляции выражен тем отчетливее, чем моложе обследуемый. В норме такая гипервентиляция у взрослых людей не вызывает особых изменений ЭЭГ или иногда приводит к увеличению процентного вклада альфа ритма в суммарную электрическую активность и амплитуды альфа-активности (рис.5). Следует отметить, что у детей до 15-16 лет появление регулярной медленной высокоамплитудной генерализованной активности при гипервентиляции является нормой. Такая же реакция наблюдается у молодых (до 30 лет) взрослых. При оценке реакции на гипервентиляционную пробу следует учитывать степень и характер изменений, время их появления после начала гипервентиляции и длительность их сохранения после окончания пробы. В литературе нет единого мнения о том, как долго сохраняются изменения ЭЭГ после окончания гипервентиляции.

По наблюдениям Н.К.Благосклоновой, сохранение изменений на ЭЭГ дольше 1 минуты следует расценивать как признак патологии. Однако в ряде случаев гипервентиляция приводит к появлению особой формы электрической активности мозга - пароксизмальной. Ещё в 1924 г. О. Форстер показал, что интенсивное глубокое дыхание в течение нескольких минут провоцирует у больных эпилепсией появление ауры или развёрнутого эпилептического припадка. С введением в клиническую практику электроэнцефалографического обследования, было выявлено, что у большого числа больных эпилепсией уже в первые минуты гипервентиляции появляется и усиливается эпилептиформная активность (рис.4).

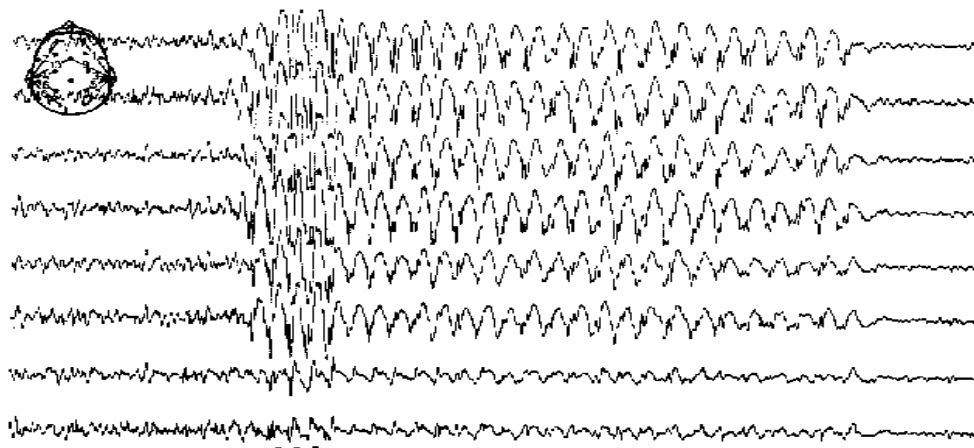


Рис. 4. Генерализованная эпилептическая активность.

## 1.6. Алгоритм описания ЭЭГ

Запись ЭЭГ, выполненную на компьютере, следует зарегистрировать и сохранить, указав паспортную часть.

1. Паспортная часть: номер ЭЭГ, дата исследования, фамилия, имя, отчество, возраст, клинический диагноз.

Далее, следует провести анализ ЭЭГ согласно ниже следующему описанию.

### 2. Описание ЭЭГ покоя

#### 2.1. Описание альфа-ритма.

2.1.1. Выраженность альфа-ритма: отсутствует, выражена вспышками (указать длительность вспышки и длительность интервалов между вспышками), выражена регулярной компонентой.

#### 2.1.2. Распределение альфа-ритма.

2.1.2.1. Для суждения о правильности распределения альфа-ритма используют только биполярные отведения с малыми межэлектродными расстояниями с отведениями по сагиттальным линиям. За правильное распределение альфа-ритма принимают его отсутствие при отведениях с лобно-полюсных-лобных электродов.

2.1.2.2. Область доминирования альфа-ритма указывают на основании сопоставления использованных методов отведения биоэлектрической

активности. (Должны быть использованы следующие методы: биполярные отведения с осуществлением связи между электродами по сагиттальным и фронтальным линиям по методу обратных фаз по большим и малым межэлектродным расстояниям, монополярные отведения с усредненным электродом по Голдману и с распределением индифферентного электрода на щеке).

2.1.3. *Симметрия альфа-ритма.* Определяют симметрию альфа-ритма по амплитуде и частоте в симметричных участках мозга на монополярных монтажных схемах регистрации ЭЭГ с применением усредненного электрода по Голдману или с расположением индифферентного электрода на щеке.

2.1.4. *Образ альфа-ритма* веретенообразный с хорошо выраженными веретенами, т. е. модулированный по амплитуде (на стыках веретен альфа-ритма нет); веретенообразный с плохо выраженными веретенами, т. е. недостаточно модулированный по амплитуде (на стыках веретен наблюдаются волны с амплитудами более 30% от максимальной амплитуды альфа-ритма); машиноподобный или пилообразный, т. е. не модулированный по амплитуде; пароксизмальный - веретено альфа-ритма начинается с максимальной амплитуды; аркообразный - большая разница в полупериодах.

2.1.5. *Форма альфа-ритма:* не искажена, искажена медленной активностью, искажена электромиограммой.

2.1.6. Наличие гиперсинхронизации волн альфа-ритма (синфазных биений в различных областях мозга и их количество на единицу времени (за эпоху анализа принимают 10 с).

2.1.7. *Частота альфа-ритма,* ее стабильность.

2.1.7.1. Частоту альфа-ритма определяют на случайных односекундных отрезках ЭЭГ на протяжении всего времени регистрации и выражают в виде средней величины (при наличии смены частоты при сохранении стабильности периодов указывают на смену частот доминирующего ритма).

2.1.7.2. Стабильность часто оценивают на основании крайних значений периодов и выражают в виде отклонений от основной средней частоты. Например,  $(10 \pm 2)$  колеб./с.

2.1.8. *Амплитуда альфа-ритма.* Амплитуду ритма определяют на монополярных схемах записи ЭЭГ с использованием усредненного электрода по Голдману или при отведении с большими межэлектродными

расстояниями в центрально-затылочных отведениях. Амплитуду волн измеряют от пика до пика без учета наличия изоэлектрической линии.

2.1.9. *Индекс альфа-ритма* определяют в отведениях с наибольшей выраженностью этого ритма независимо от способа отведения биоэлектрической активности (эпохой анализа индекса ритма является 10 с.).

2.1.9.1. Если альфа-ритм выражен регулярной компонентой, то его индекс определяют на 10 полных кадрах ЭЭГ и вычисляют среднюю величину.

2.1.9.2. При неравномерном распределении альфа-ритма его индекс определяют за время всей записи ЭЭГ-покоя.

2.1.10. *Отсутствие альфа-ритма* отмечают всегда на первом месте (см. 2.1.1).

### *Описание доминирующих и субдоминирующих ритмов*

2.2.1. Доминирующую активность описывают по правилам описания альфа-ритма.

2.2.2. Если альфа-ритм имеется, но есть и другая частотная компонента, представленная в меньшей степени, то после описания альфа-ритма ее описывают по тем же правилам как субдоминирующую.

При наличии низкоамплитудной активности необходимо указывать на наличие аperiодичной (полиритмичной) активности.

Для простоты словесного описания следует выделять плоскую ЭЭГ, низкоамплитудную медленную полиморфную активность (НПМА), полиритмичную активность и высокочастотную низкоамплитудную ("махристую") активность.

### *Описание бета-активности (бета-ритма)*

2.3.1. При наличии бета-активности, только в лобных отделах мозга или на стыках веретен альфа-ритма, при условии симметричных амплитуд, асинхронного аperiодического образа, при амплитуде не выше 2-5 мкВ бета-активность не описывают или характеризуют как норму.

2.3.2. При наличии следующих явлений: распределении бета-активности по всей конвекситальной поверхности, появлении очагового распределения бета-активности или бета-ритма, асимметрии более 50%



амплитуды, появлении альфа-подобного образа бета-ритма, увеличении амплитуды более 5 мкВ - бета-ритм или бета-активность описывают по соответствующим правилам (см. 2.1, 2.4, 2.5).

## **I. 7. Критерии нормы и патологии электроэнцефалограммы покоя**

Электроэнцефалограммы регистрируют в диапазоне от 0,3 до 50 Гц. В ее состав входят основные ритмы мозга – дельта-ритм (от 0,3 до 4 Гц), тета-ритм (от 4 до 8 Гц), альфа-ритм (от 8 до 13 Гц), низкочастотный бета-ритм или бета-1-ритм (от 13 до 25 Гц), высокочастотный бета-ритм или бета-2-ритм (от 25 до 35 Гц) и гамма-ритм или бета-3-ритм (от 35 до 50 Гц). Этим ритмам соответствуют активности: дельта-активность, тета-активность, альфа-активность, бета-активность и гамма-активность. Кроме того, на ЭЭГ можно увидеть особые виды биоэлектрической активности - плоскую ЭЭГ, высокочастотную асинхронную низкоамплитудную ("махристую") активность, низкоамплитудную медленную полиморфную активность (НПМА) и полиритмичную активность.

Основные ритмы мозга, соответствующие им активности и основные виды биоэлектрической активности часто выражены регулярной компонентой и могут иметь высокий индекс. Периодически возникающие графоэлементы ЭЭГ называются патологическими образами электроэнцефалограммы. Сюда относятся спайк, пик, медленный спайк, острая волна, комплексы (спайк-волна, волна-спайк, пик-волна, волна-пик, медленный спайк-волна, волна-медленный спайк, шлемовидная волна, комплекс множественных спайков, комплекс множественные спайки-медленные волны), а также вспышка, пароксизм и вспышка гиперсинхронизации.

Оценку каждой частотной компоненты ЭЭГ производят по ее амплитуде и выраженности на электроэнцефалограмме во времени. Измерения амплитуды волн производят "от пика до пика" без учета наличия изоэлектрической линии. Выраженность частотной компоненты на ЭЭГ определяется индексом ритма (см. Алгоритм описания ЭЭГ).

В норме *альфа-ритм* доминирует в затылочных отделах мозга; убывает по амплитуде от затылка ко лбу; в лобных отделах не регистрируется при биполярном отведении с электродов, наложенных по

сагиттальным линиям с малыми межэлектродными расстояниями; симметричен по частоте и амплитуде в правом и левом полушариях; наблюдается наличие функциональной асимметрии с превалированием по заполнению конвекситальной поверхности и незначительным превышением амплитуды больше в правом полушарии, что является следствием функциональной асимметрии мозга, связанной с большей активностью левого полушария; образ альфа-ритма веретенообразный, форма волны синусоидальная; колебания частоты невелики и не превышают 0,5 колеб./с, амплитуда альфа-ритма 30-80 мкВ (чаще 40-60 мкВ) при регистрации в центрально-затылочных отведениях при биполярной регистрации с большими межэлектродными расстояниями с электродов, наложенных на сагиттальных линиях, или при монополярном отведении по Голдману (при монополярном отведении с индифферентным электродом на щеке - амплитуда альфа-ритма в 2 раза выше; при биполярном отведении с малыми межэлектродными расстояниями по сагиттальным линиям - амплитуда альфа-ритма в 2 раза ниже), индекс 75-95%.

*Бета-активность*, которую наблюдают в лобных отделах мозга и на стыках веретен альфа-ритма, симметрична по амплитуде в правом и левом полушариях; образ асинхронный, аperiodичный; амплитуда 3-5 мкВ; индекс в лобных отделах может достигать 100%, отсутствие бета-активности не является признаком патологии.

У взрослого здорового человека, находящегося в состоянии пассивного бодрствования, тета- и дельта-ритмы не регистрируются, они наблюдаются только в состоянии сна или наркоза.

При хорошо выраженной норме в ЭЭГ доминирует альфа-ритм. В лобных отделах мозга и на стыках веретен альфа-ритма регистрируют низкочастотную бета-активность, а в задних отделах мозга наблюдают редкие, не превышающие альфа-ритм, вспышки тета-ритма по 2-4 волны, кратные по частоте альфа-ритму, амплитудой не превышающие фоновый ритм. Здесь же регистрируют редкие единичные разбросанные низкоамплитудные дельта-волны.

Нарушения функционального или морфологического характера сказываются в первую очередь на параметрах альфа-ритма.

*Критерии патологии при оценке альфа-ритма следующие:*

1) постоянное наличие альфа-ритма (индекс более 50%) в затылочных отделах мозга при биполярной регистрации с электродов, наложенных по сагиттальным линиям с малыми межэлектродными расстояниями;

2) амплитудная межполушарная асимметрия более 30%;

3) частотная асимметрия более 1 колеб./с;

4) нарушение образа: отсутствие модуляции, появление пароксизмального, аркообразного альфа-ритма, нарушение синусоидальности волн;

5) изменения количественных параметров: отсутствие стабильности по частоте; снижение амплитуды ниже 20 мкВ или повышение свыше 90 мкВ, снижение индекса альфа-ритма ниже 50% вплоть до полного его отсутствия.

Определенные изменения в полосе *бета-ритма* также говорят о наличии патологического процесса. *Критериями патологии при этом являются:*

1) доминирование низкочастотного бета-ритма по всей конвекситальной поверхности мозга;

2) пароксизмальные разряды бета-ритма;

3) очаговая локализация бета-ритма, особенно с повышением его амплитуды;

4) грубая межполушарная асимметрия по амплитуде (более 50%);

5) приобретение бета-ритмом альфа-подобного ритмичного синусоидального образа;

6) увеличение амплитуды бета-ритма свыше 7 мкВ.

К *патологическим проявлениям* на ЭЭГ относится появление медленных ритмов: *тета и дельта*. Чем ниже их частота и выше амплитуда, тем более выражен патологический процесс. Появление медленноволновой активности обычно связывают с дистрофическими процессами, демиелинизирующими и дегенеративными поражениями головного мозга, со сдавлением мозговой ткани, гипертонзией, а также с наличием некоторой заторможенности, явлениями деактивации, снижением активизирующих влияний ствола головного мозга. Как правило, односторонняя локальная медленноволновая активность является признаком локального коркового поражения. Вспышки и пароксизмы

генерализованной медленноволновой активности у взрослых бодрствующих людей появляются при патологических изменениях в глубоких структурах мозга.

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. Высокочастотную компоненту обычно связывают с явлениями *ирритации* мозговых структур (десинхронизированный характер ЭЭГ с наличием большого числа бета-колебаний высокой частоты и амплитуды, а также пиков и острых волн).

Полиморфную медленную активность амплитудой ниже 25 мкВ иногда рассматривают как возможную активность здорового мозга. Однако, если ее индекс более 30% и возникновение ее не является следствием следующих друг за другом ориентировочных реакций, как это имеет место при отсутствии звукоизолированной камеры, то ее наличие в ЭЭГ говорит о патологическом процессе с вовлечением глубоких структур мозга. Доминирование низкоамплитудной полиморфной медленной активности (НПМА) может быть проявлением активации коры больших полушарий, но может быть и проявлением деактивации корковых структур. Отдифференцировать эти состояния можно только с помощью функциональных нагрузок.

*Доминирование плоской ЭЭГ* также может быть связано с явлениями повышения активации коры или ее деактивации. Отдифференцировать эти состояния можно также только с помощью функциональных нагрузок.

Высокочастотная асинхронная низкоамплитудная активность является следствием или процессов ирритации коры, или результатом повышения активизирующих влияний со стороны ретикулярной активирующей системы. Дифференцировка этих состояний также осуществляется при использовании функциональных нагрузок.

Патологические образы электроэнцефалограммы - спайк, пик, медленный спайк, острые волны, комплексы являются проявлением синхронных разрядов огромных масс нейронов при эпилепсии.

### *Основные особенности электрической активности мозга больного. Типы электроэнцефалограмм*

Кривые изменения биопотенциалов мозга отражают нейродинамические сдвиги, развивающиеся под влиянием патологического процесса в мозгу.

При различных заболеваниях могут быть зарегистрированы одинаковые по форме кривые, в то же время один и тот же очаг поражения может вызвать разные биоэлектрические нарушения, характер и выраженность которых зависит от функционального состояния исследуемых образований.

Таким образом, на ЭЭГ мы получаем характеристику функциональных изменений головного мозга, а не ответ на вопрос о нозологической природе заболевания. Электроэнцефалографические изменения при поражениях мозга можно разделить на две группы.

*Первая группа* характеризуется изменениями компонентов ЭЭГ (частота и форма альфа-волн, их распределение по конвекситальной коре, исчезновение или гиперсинхронизация альфа-активности, изменения бета-активности и др).

*Вторая группа* — появление тета-, дельта- и острых волн, комплексов острых и медленных волн. Эти изменения могут носить постоянный или пароксизмальный характер (Е. А. Жирмунская, 1972; В. С. Храпов и соавт., 1977). В практической работе при интерпретации данных ЭЭГ пользуются таблицей, предложенной Н. П. Бехтеревой (1966).

Для клинической характеристики структуры ЭЭГ чаще всего пользуются частотно-амплитудными показателями, предложенными Е. А. Жирмунской (1977), выделяют при этом 6 основных типов.

**I тип** — «нормальная» ЭЭГ с преобладанием альфа-волн с амплитудой в пределах 25—55 мкВ, умеренным числом волн бета-диапазона (5—15 мкВ), медленные волны (тета- и дельта-) амплитудой 15—20 мкВ встречаются в 5—10 раз реже, чем альфа-волны.

**II тип** — гиперсинхронная ЭЭГ разных вариантов: с увеличенным числом альфа-волн (55—110 мкВ) по сравнению с бета- и тета-колебаниями; только бета-ритм низкой частоты (14—20 колебаний в секунду) во всех областях мозга; альфа-подобные тета-волны во всех областях мозга. Последние два варианта бывают редко.

**III тип** — десинхронная ЭЭГ: падение числа альфа-волн и снижение их амплитуды (10—20 мкВ), возрастает (в 3—15 раз) число бета-волн, несколько увеличивается число медленных волн.

**IV тип** — нерегулярная, дезорганизованная ЭЭГ: альфа-ритм не выражен, регистрируются одиночные альфа-волны; число волн бета-диапазона уменьшено, число медленных волн немного увеличено. Амплитуда колебаний всех частот соответствует 25—40 мкВ.

**V тип — грубо дезорганизованная ЭЭГ** (два варианта): преобладают высокоамплитудные медленные волны, отмечаются острые волны, пароксизмальные разряды, комплексы острых и медленных волн.

**VI тип — локально нарушенная ЭЭГ** (с наличием очаговых или однополушарных сдвигов на ЭЭГ). ЭЭГ помогает определить тяжесть процесса, его локализацию и распространенность, развитие общемозговых симптомов, рефлекторных изменений, поражение глубинных структур мозга.

#### **Диагностическое значение имеет появление :**

- медленных волн,
- острых волн-пиков и ряда их сочетаний пик-волна и т. д.
- Медленные волны регистрируются преимущественно при поражении глубоких отделов головного мозга (дельта-волны) и могут носить локальный или диффузный характер расположения.
- Острые волны — треугольные, с острой вершиной, которые появляются эпизодически или устойчиво (80—200 мс разной амплитуды), а также пики (длительность 80 мс) иглоподобной формы с амплитудой 200 мкВ говорят об эпилептической активности мозга. При этом отмечаются и эпилептиформные комплексы — острая волна, медленная волна, пик-волна амплитудой до 100 мкВ и более; они могут быть как единичные, так и групповые, расположены локально или во многих отведениях.
- При малых эпилептических припадках могут регистрироваться пик-волны распространенного характера, комплексы в виде двугорбых медленных волн, которые наблюдаются в частности, и при энцефалите.
- При мозговом инсульте появляются грубые изменения ЭЭГ как локального, так и общего характера, зависящие от места поражения сосудов и развития перифокальной ишемии, отека мозга, сопровождающихся нарушениями нейродинамики
- По данным Е. А. Жирмунской (1970), Д. И. Панченко с соавторами (1978), имеется бесспорная связь между тяжестью общего состояния при инсульте и выраженностью развивающихся при этом изменений биопотенциалов мозга. Нарастание тяжести состояния больного вызывает более грубые общие изменения ЭЭГ.

- При поражении коры большого мозга и белого вещества мозга разной этиологии может определяться локальное однополушарное изменение биоэлектрической активности, при более глубоком расположении очага эти изменения будут менее отчетливыми. Неповрежденное полушарие мозга реагирует более отчетливо на поражение подкорковых структур и образований промежуточного мозга, дезорганизацией, депрессией альфа-активности, увеличением числа медленных волн. Тета- и дельта-волны при этом чаще имеют более высокую амплитуду на стороне очага поражения.
- При патологических процессах в зрительном бугре может отмечаться с обеих сторон пароксизмальная активность. Локализация очага в каудальной части ствола мозга не вызывает грубых нарушений на ЭЭГ, а при поражении мозжечка могут быть выраженные изменения биопотенциалов.
- По наблюдениям Е. А. Жирмунской (1970), разные уровни поражения головного мозга характеризуются определенным комплексом нарушения электроактивности, однако они могут выявляться лишь при достаточно большом очаге поражения. При патологии промежуточного мозга особенно с эмоциональными нарушениями могут наблюдаться так называемые плоские ЭЭГ; возможна пароксизмальная активность, которая развивается преимущественно при поражении промежуточного мозга.

Таким образом, ЭЭГ-исследование свидетельствует о нарушении нейродинамики головного мозга, возникающей под влиянием различных вредностей. В то же время, разная ЭЭГ может наблюдаться при сходном по этиологии и патогенезу заболевании большого мозга. Для неврологической деятельности имеет значение совокупность изменений биопотенциалов, динамика их в процессе болезни, а также под влиянием функциональных проб и терапевтических мероприятий.

## **II. Практическая работа. Освоение метода регистрации энцефалограммы человека**

Исторически клиническая электроэнцефалография развивалась на основании визуального феноменологического анализа ЭЭГ. Однако уже в начале развития электроэнцефалографии у физиологов возникло

стремление оценить ЭЭГ с помощью количественных объективных показателей, применить методы математического анализа.

С внедрением в медицинскую практику цифровых ЭВМ стало возможным производить анализ электрической активности на качественно новом уровне. В настоящее время наиболее перспективным при изучении электрофизиологических процессов является направление цифровой электроэнцефалографии. Современные методы компьютерной обработки электроэнцефалограммы позволяют проводить детальный анализ различных ЭЭГ-феноменов, просматривать любой участок кривой в увеличенном виде, производить его амплитудно-частотный анализ, представлять полученные данные в виде карт, цифр, графиков, диаграмм и получать вероятностные характеристики пространственного распределения факторов, обуславливающих возникновение на конвексимальной поверхности электрической активности.

#### ЦЕЛИ РАБОТЫ:

1. Овладение навыками правильной постановки электродов.
2. Запись ЭЭГ.
3. Проведение некоторых функциональных проб при записи ЭЭГ.
4. Написание заключения по результатам обследования.

Для регистрации ЭЭГ используют комплексную электрофизиологическую установку, в состав которой входит электроэнцефалограф, аналого-цифровой преобразователь и персональный компьютер. В лаборатории электроэнцефалографии кафедры физиологии ИФМиБ КФУ используется система Нейрон-Спектр (ООО «Нейрософт», Россия), предназначенная для регистрации и анализа фоновой электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов (ВП) - слуховых, зрительных и когнитивных – т.е. для исследования и диагностики центральной нервной системы (ЦНС).

Регистрацию ЭЭГ осуществляют монополярно (биполярно), с помощью неполяризующихся хлорсеребряных электродов от 8 энцефалографических отведений, установленных в соответствии с международной схемой 10-20% (рис. 1, с.8). В качестве референтного электрода используют ушные электроды (A1, A2).

#### *Наложение электродов*

1. Разместите испытуемого в специальном кресле для регистрации ЭЭГ. Наденьте на его голову шлем для электродов так, чтобы он прилегал к голове плотно, но не давил и не причинял неудобств.



2. Раздвиньте волосы в месте постановки электродов. Обезжиривание кожи под электродами проведите ваткой, смоченной спиртом. В углубления для постановки электродов поместите специальный электропроводный гель на марлевой прокладке. Установите электроды под резинками шлема. Закрепите клипсы референтных электродов на мочках ушной раковины.
3. Подключите электроды к коммутационному блоку электроэнцефалографа согласно маркировке.
4. Проверьте правильность установки каналов на панели электроэнцефалографа. Измерьте уровень переходного сопротивления электродов. Сопротивление не должно превышать более 5 кОм. На рисунке монтажа схемы наложения электродов точки под электродами будут зеленого (или желтого) цвета. Если они красные, проверьте наложение электрода в соответствующей точке.
5. Убедившись в отсутствии выраженных артефактов в ЭЭГ, проведите мониторинг записи. Во время записи в лаборатории должна соблюдаться полная тишина. Испытуемого просят во время записи не совершать никаких движений. Исключения составляют естественные движения моргания, дыхания, глотания, которые должны совершаться в естественном ритме. Зарегистрируйте калибровочный сигнал, и переходите к регистрации ЭЭГ.
6. Выполните функциональные пробы «открывания» и закрывания глаз. В период записи выставьте соответствующие маркеры.
7. По окончании регистрации сохраните запись на компьютере.
8. Отсоедините электроды от шлема на голове испытуемого. Промойте многоразовые электроды в проточной и дистиллированной воде. Разложите их для просушки.

#### *Функциональные пробы*

1. Регистрация ЭЭГ испытуемого в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами. Во время записи визуально оценивают выраженность различных ритмов в ЭЭГ данного испытуемого, особенности ЭЭГ в различных отведениях (рис.5).

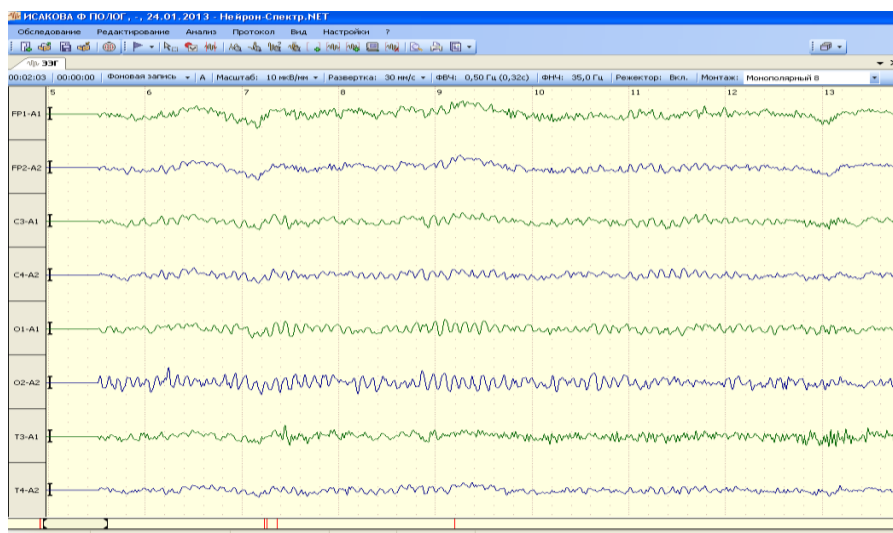


Рис. 5. Фрагмент фоновой записи (ФЗ) ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами.

В затылочном отведении (О1-О2) хорошо выражен альфа-ритм веретенообразной формы.

2. Демонстрация физиологических артефактов. Во время записи ЭЭГ испытуемого просят последовательно выполнить ряд действий, приводящих к появлению артефактов: напрячь жевательные мышцы, мышцы шеи, поморгать, совершить движения глазами, глотательные движения, движения головой и руками.

3. Проба с открыванием и закрыванием глаз. В ходе записи ЭЭГ испытуемого периодически просят открыть (на 3-4 с) и через 10 с - закрыть глаза. Момент открывания и закрывания глаз обозначают специальными маркерами (рис.6).

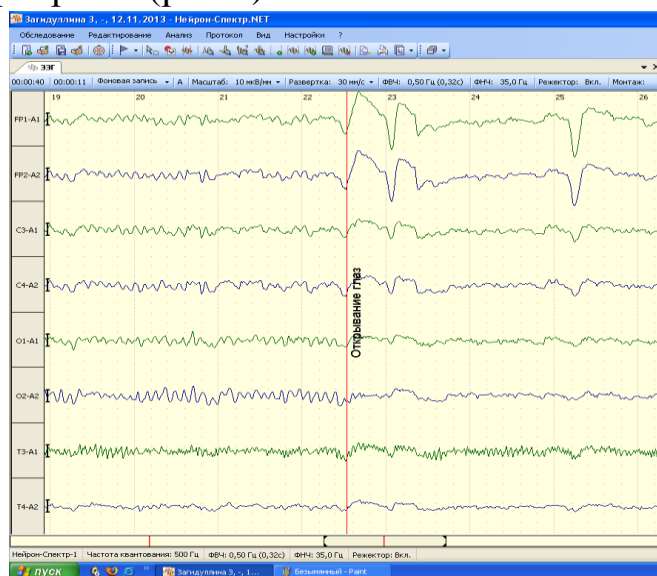


Рис. 6. Фрагмент записи ЭЭГ: проба «Открывание глаз».


В лобном отведении (Fp1-Fp2) регистрируются высокоамплитудные волны – это артефакт, связанный с движением век; в затылочном отведении (О1-О2) – угнетение (депрессия) альфа-

ритма при открывании глаз. В височном отведении (Т3) наблюдается наложение мышечных сокращений.

## II.1.Порядок работы

Включите компьютер.

Для запуска программы «Нейрон-Спектр.NET» следует выполнить следующее действие:

1. Дважды нажмите левую кнопку мыши над ярлыком программы на рабочем столе  : на экране появится главное окно программы (рис.7).

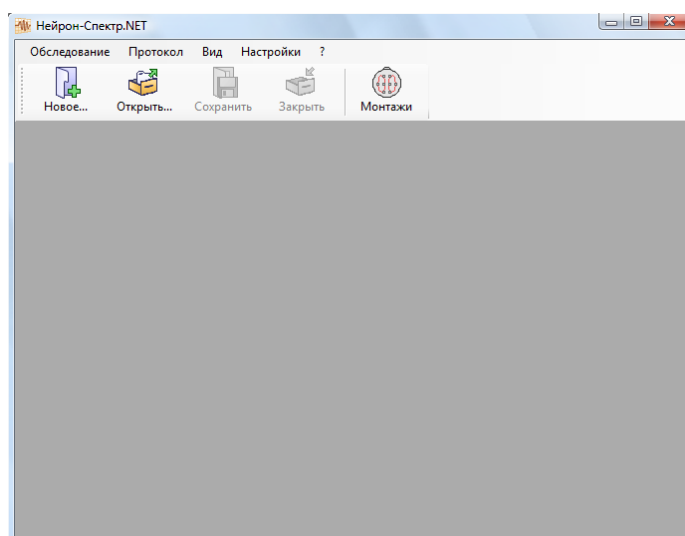


Рис. 7. Главное окно программы «Нейрон-Спектр.NET».

Главное окно программы имеет традиционную для Windows приложений структуру. В верхней части окна расположены его заголовок и кнопки управления окном. Сразу под заголовком можно увидеть строку главного меню программы. Используя команды меню, можно создавать новые обследования, открывать существующие, управлять регистрацией ЭЭГ, проводить анализ, формировать протоколы обследования, изменять настройки.

2. В главном окне программы (рис.7) нажмите кнопку «Новое обследование» на панели инструментов.

3. В появившемся окне введите данные обследуемого (рис.8) и нажмите кнопку «ОК».

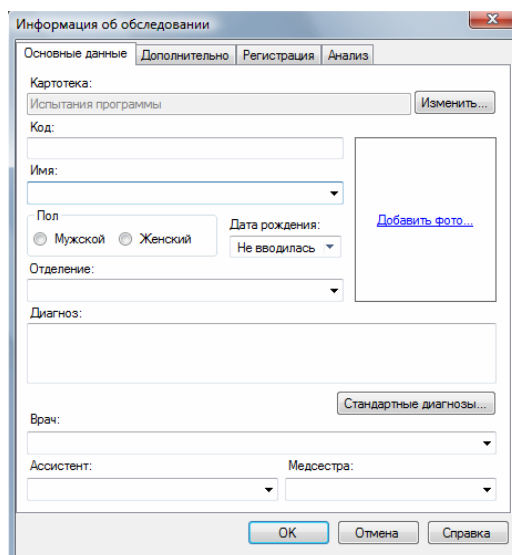


Рис. 8. Введение данных о пациенте

4. После загрузки параметров регистрации в главном окне программы (рис. 9) откроется главное окно программы.

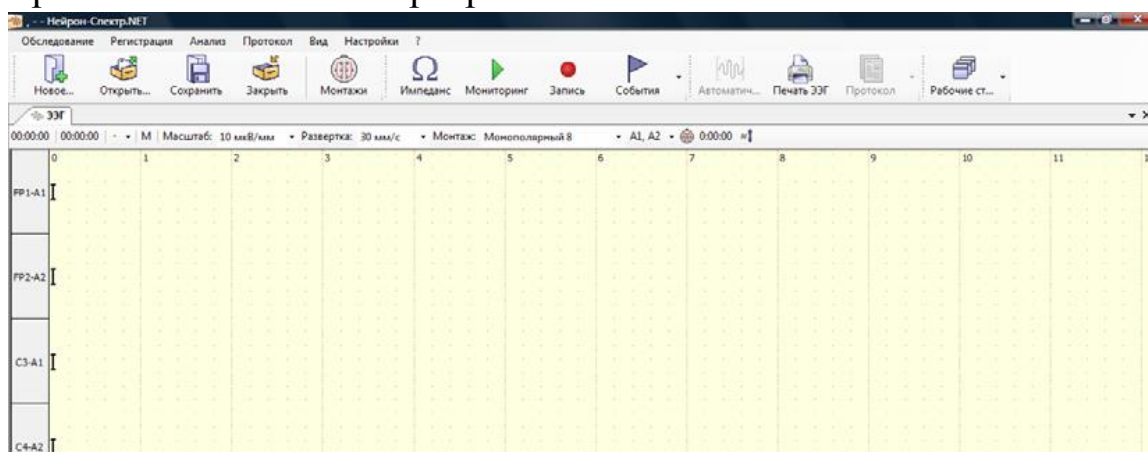



Рис. 9. Главное окно программы после создания нового обследования

5. Нажмите кнопку «Импеданс»  на панели инструментов, в окне «Монтажи» выберите - «монополярный 8». После этого на экране появится окно с результатами измерения подэлектродного импеданса (рис. 10). Вы можете начинать наложение электродов на обследуемого, одновременно контролируя качество наложения. Для регистрации ЭЭГ приемлемыми считаются значения импеданса, не превышающие 30 кОм, и значения поляризации менее 300 мВ. Точки под электродами НЕ должны иметь красный цвет (только зеленый или желтый).

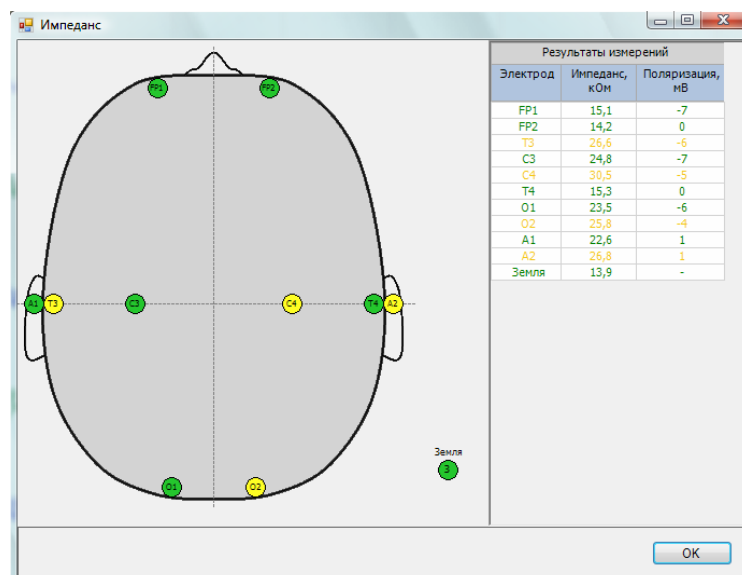




Рис. 10. Измерение импеданса

6. Затем запишите калибровочный сигнал  (рис.11).



Рис. 11. Запись калибровочного сигнала.

7. После проверки качества наложения электродов можно приступить непосредственно к регистрации ЭЭГ. Перед началом записи ЭЭГ рекомендуется предварительно проверить вид поступающих с прибора данных, не записывая их в обследование. Для этого предусмотрен мониторинг ЭЭГ. Для запуска мониторинга ЭЭГ следует воспользоваться командой меню **Регистрация|Мониторинг** или кнопкой на панели инструментов .

8. Дайте обследуемому успокоиться, убедитесь в стационарности поступающего сигнала и нажмите кнопку «Запись» . С этого момента начинается регистрация электроэнцефалограммы, автоматически стартует функциональная проба «Фоновая запись» (ФЗ). Длительность отрезков записи 30-50 с.

9. Для регистрации следующих функциональных проб вы можете использовать кнопки специальной панели, расположенной под кривыми ЭЭГ (рис. 12). Мы используем пробы: открытые глаза (ОГ), закрытые глаза (ЗГ).

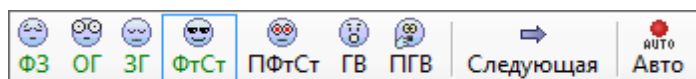


Рис. 12. Панель для записи функциональных проб

10. Для завершения регистрации ЭЭГ нажмите кнопку «Стоп» ■ на панели инструментов.

12. Для подготовки автоматического заключения нажмите кнопку «Протокол» и выберите из выпадающего списка «Протокол обследования».

13. Для сохранения обследования нажмите кнопку «СОХРАНИТЬ» на панели инструментов.

14. Для регистрации ЭЭГ следующего пациента в главном окне программы нажмите кнопку «Новое обследование» на панели инструментов и повторите пункты 5-13.

15. Для закрытия обследования нажмите кнопку «Закрыть».

#### *Экспорт обследований*

*Сохранение обследования в формате RTF (Rich Text Format).* Позволяет сохранять протоколы обследования и кривые ЭЭГ в виде текстового файла формата rtf. Кривые ЭЭГ копируются в файл в виде картинок. Полученный файл вы сможете просмотреть на любом компьютере с помощью программ WordPad, MS Word и любых других текстовых редакторов, поддерживающих формат RTF. Используя текстовый редактор, можно распечатать файл на принтере.

Для просмотра ЭЭГ-обследований, сохраненных в указанных форматах, предназначена программа «EEGViewer.NET», входящая в комплект поставки программного обеспечения «Нейрон-Спектр.NET».

## **II.2. Просмотр и редактирование энцефалограммы**

*Навигация по электроэнцефалограмме.* Для прокрутки ЭЭГ можно использовать полосу прокрутки, которая расположена под кривыми ЭЭГ или просмотреть с помощью панели инструментов «Навигация».

*Выделение фрагментов электроэнцефалограммы.* Чтобы выделить фрагмент записи, наведите указатель мыши на его начало, нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите указатель вправо. При приближении указателя к границе видимой области ЭЭГ кривые будут автоматически прокручиваться в нужную сторону.

*Поиск и выделение артефактов.* В первую очередь после завершения регистрации перед началом анализа следует провести поиск и выделение артефактов записи. Фрагменты ЭЭГ, помеченные как артефакты, не будут учитываться при автоматической расстановке эпох и последующем анализе. Вы можете просмотреть запись и вручную выделить фрагменты ЭЭГ, которые вы считаете артефактами.

Также вы можете воспользоваться возможностями программы для автоматического поиска и выделения артефактов. Чтобы запустить автоматический поиск артефактов, необходимо воспользоваться командой меню **Анализ|Автоматический поиск|Поиск артефактов**, соответствующей кнопкой на панели инструментов или сочетанием клавиш **[Ctrl+Shift+A]**.

В настройках параметров поиска артефактов может быть задана область для поиска: вся запись или выбранные функциональные пробы. Во втором случае вам будет предложено выбрать функциональные пробы для поиска в них артефактов.

После завершения поиска, выделенные артефакты будут отображаться на «Навигаторе». Кроме того, для перемещения по артефактам можно использовать контекстное меню. Для этого наведите указатель мыши на любой артефакт и нажмите правую кнопку мыши. Используя пункты появившегося меню, вы можете удалить текущий артефакт (после этого данный участок ЭЭГ снова будет учитываться при расстановке и анализе эпох), удалить все артефакты, перейти на следующий или предыдущий артефакт.

*Поиск спайков и острых волн.* В записи могут присутствовать отдельно взятые всплески эпилептиформной активности в виде спайков и острых волн. Для автоматического поиска спайков и острых волн на записи ЭЭГ служит команда меню **Анализ|Автоматический поиск|Поиск спайков и острых волн**. Найденные спайки и острые волны отображаются в окне «Эпилептиформная активность».

### II.3.Открытие обследования

Для открытия ранее созданного обследования используйте команду меню **Обследование|Открыть...**, кнопку на панели инструментов или сочетание клавиш **[Ctrl+O]** на клавиатуре.

С помощью «Менеджера обследований» можно открыть обследование из базы данных или из файла.

#### *Выделение фрагментов электроэнцефалограммы*

При просмотре и анализе ЭЭГ часто возникает необходимость выполнить определенные действия с некоторым фрагментом записи (напечатать, проанализировать и т.д.). Чтобы выделить фрагмент записи, наведите указатель мыши на его начало, нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите указатель вправо. При приближении указателя к границе видимой области ЭЭГ кривые будут автоматически прокручиваться в нужную сторону. Таким образом, вы можете выделять фрагменты продолжительностью более ширины экрана.

В строке состояния над кривыми ЭЭГ вы можете видеть длительность выделенного фрагмента.

#### *Расстановка эпох анализа*

При анализе ЭЭГ принято выделять стационарные участки записи для последующего анализа. Такие участки называют *эпохами анализа*. В программе «Нейрон-Спектр.NET» вы можете расставлять эпохи следующим способом:

Режим ручной расстановки эпох анализа (команда меню **Анализ|Эпохи анализа|Режим ручной расстановки эпох анализа**, соответствующая кнопка на панели инструментов или сочетание клавиш **[Ctrl+Alt+Shift+E]**). В этом режиме вы сможете быстро и просто просмотреть всю запись ЭЭГ, расставляя эпохи анализа (рис. 13).

Перемещаясь по ЭЭГ с помощью колесика мыши или клавиш клавиатуры, вы сможете одним щелчком левой кнопки мыши или клавишей **[Пробел]** расставлять эпохи анализа. Сочетание клавиш **[Ctrl+Z]** отменяет предыдущее выделение эпохи.



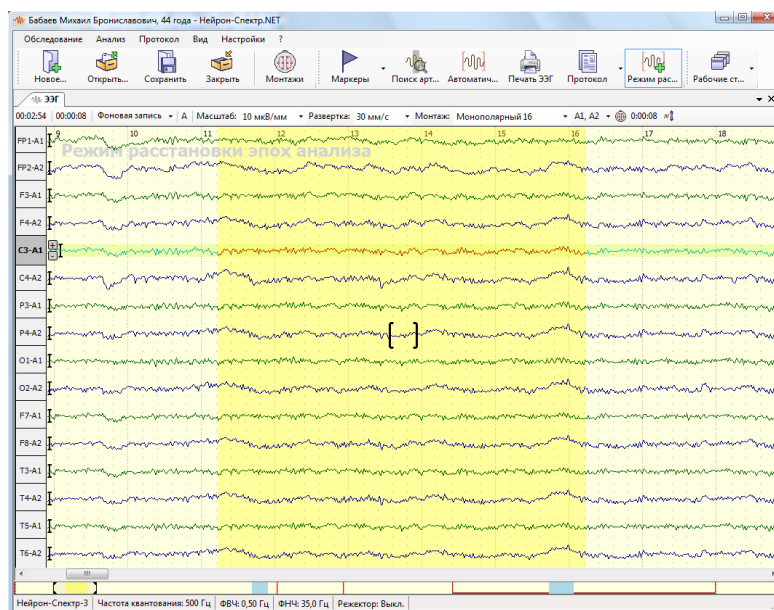


Рис. 13. Режим ручной расстановки эпох анализа

Для выхода из режима ручной расстановки эпох анализа достаточно нажать клавишу **[Esc]** вашей клавиатуры или воспользоваться командой меню **Анализ|Эпохи анализа|Режим ручной расстановки эпох анализа**, соответствующей кнопкой на панели инструментов или сочетанием клавиш **[Ctrl+Alt+Shift+E]**.

#### II.4. Анализ электроэнцефалограммы

Визуальный метод анализа ЭЭГ в настоящее время применяется в основном при проведении клинических обследований больных, при этом наибольшее значение имеет выявление в ЭЭГ так называемых патологических знаков (изменений потенциала в форме острых волн и комплексов «пик–волна»).

При анализе электроэнцефалограммы принято принимать во внимание стационарные участки записи, отмеченные как эпохи анализа.

Используя программу «Нейрон-Спектр.NET», вы также можете анализировать любой выделенный фрагмент записи или текущую страницу ЭЭГ, видимую на экране.

#### *Экспресс-анализ*

Под экспресс-анализом понимается анализ ЭЭГ, не требующий выделения эпох анализа. Экспресс-анализ используется, когда требуется быстро оценить параметры некоторого фрагмента записи ЭЭГ. Анализ в

реальном времени также можно отнести к экспресс-анализу. Для отображения результатов экспресс-анализа откройте одно или несколько нужных вам окон анализа. В открытых вами окнах анализа отображаются результаты анализа выделенного фрагмента записи ЭЭГ.

#### *Окна анализа*

Окна анализа служат для отображения результатов анализа. Каждое окно может отображать результаты экспресс-анализа и анализа эпох. Для переключения между экспресс-анализом и анализом эпох служит выпадающий список в правом верхнем углу окна (рис. 14).

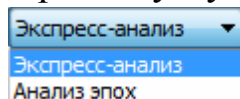


Рис. 14. Переключение между экспресс-анализом и анализом эпох.

В левом верхнем углу окна отображается анализируемый фрагмент записи:

- **Экспресс-анализ:**

- «Выделенный фрагмент» – анализируется выделенный фрагмент записи (см. раздел 5.10 «Выделение фрагментов электроэнцефалограммы»). Результаты анализа автоматически обновляются при изменении выделенного фрагмента ЭЭГ.

- «Функциональная проба» – анализируются только эпохи, попавшие в указанную функциональную пробу. Результаты анализа автоматически обновляются при добавлении, удалении и перемещении эпох. Если ни одна эпоха анализа не попала в данную пробу, в окне ничего не отображается. Результаты анализа эпох усредняются.

Для выбора функциональной пробы для анализа при анализе эпох вы можете воспользоваться выпадающим списком в левом верхнем углу окна (рис.15). В списке отображаются все функциональные пробы, зарегистрированные в ходе обследования.

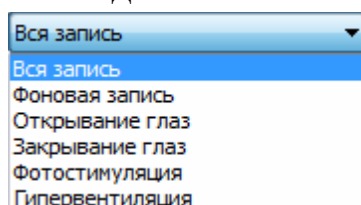
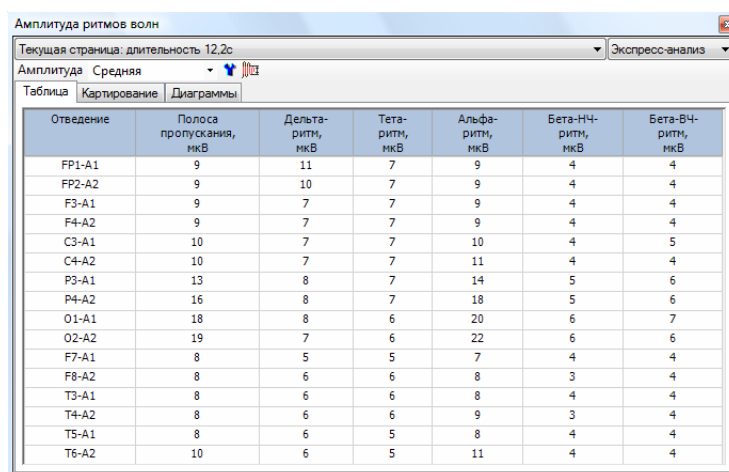


Рис. 15. Выбор функциональной пробы для анализа.

При выборе функциональной пробы из списка происходит автоматическая навигация к началу выбранной функциональной пробы. И наоборот, при перемещении по ЭЭГ к функциональной пробе в окне анализа автоматически отображаются результаты анализа текущей функциональной пробы. Тем самым обеспечивается синхронный просмотр кривых ЭЭГ и результатов анализа. Одновременно для анализа ЭЭГ можно использовать несколько окон анализа.

### *Амплитуда ритмов волн*

Для отображения амплитуды ЭЭГ отдельно по ритмам служит окно «Амплитуда ритмов волн» (рис.16). Для того чтобы показать или скрыть окно «Амплитуда ритмов волн», воспользуйтесь командой меню **Анализ|Амплитудный анализ|Амплитуда ритмов волн.**



Отведение	Полоса пропускания, кГц	Дельта-ритм, кГц	Тета-ритм, кГц	Альфа-ритм, кГц	Бета-НЧ-ритм, кГц	Бета-ВЧ-ритм, кГц
FP1-A1	9	11	7	9	4	4
FP2-A2	9	10	7	9	4	4
F3-A1	9	7	7	9	4	4
F4-A2	9	7	7	9	4	4
C3-A1	10	7	7	10	4	5
C4-A2	10	7	7	11	4	4
P3-A1	13	8	7	14	5	6
P4-A2	16	8	7	18	5	6
O1-A1	18	8	6	20	6	7
O2-A2	19	7	6	22	6	6
F7-A1	8	5	5	7	4	4
F8-A2	8	6	6	8	3	4
T3-A1	8	6	6	8	4	4
T4-A2	8	6	6	9	3	4
T5-A1	8	6	5	8	4	4
T6-A2	10	6	5	11	4	4

Рис. 16. Таблица амплитуд ритмов волн

Окно «Амплитуда ритмов волн» содержит три закладки: «Таблица», «Картирование» и «Диаграммы». В столбцах закладки «Таблица» по отведениям представлены амплитуды ритмов волн анализируемого отрезка записи. Используя панель инструментов, вы можете отображать в таблице средние, максимальные, минимальные амплитуды ритмов волн или межполушарную асимметрию амплитуды ритмов волн в процентах.

Используя контекстное меню, вы можете копировать результаты анализа в текущий протокол обследования. Также можно отображать результаты анализа в виде топографических карт и диаграмм (рис. 17).

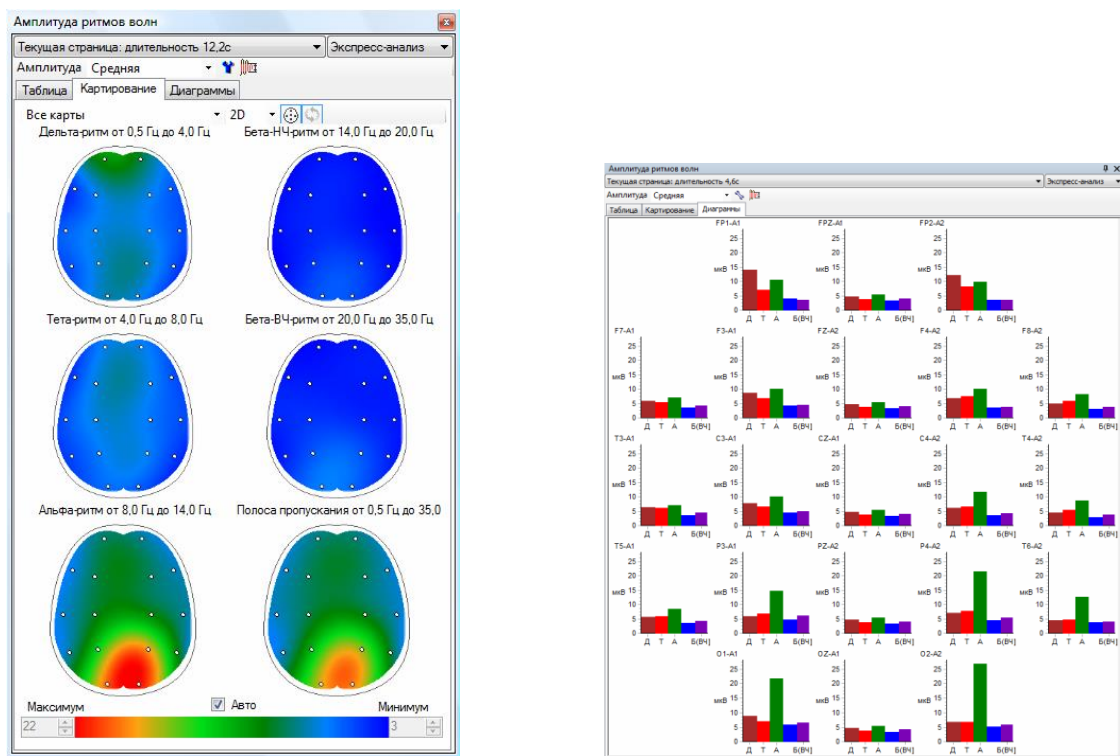


Рис. 17. Топографические карты и диаграммы

Используя панель инструментов закладки «Картирование», вы можете отображать в окне одновременно амплитудные карты по всем ритмам волн или выбранную карту отдельно для ее детального просмотра.

На закладке «Диаграммы» для каждого отведения ЭЭГ представлена диаграмма, состоящая из пяти столбцов по ритмам волн. Высота столбца определяется амплитудой соответствующего ритма. Все диаграммы построены в одном масштабе. В левом верхнем углу отображается название отведения, для которого построена диаграмма. Цвет столбцов диаграммы определяется текущей цветовой схемой.

Дополнительное окно анализа позволяет сравнивать параметры различных участков записи. Например, для сравнения средних амплитуд ЭЭГ во время «Фоновой записи» и «Открывания глаз» необходимо вывести на экран два окна «Амплитуда ритмов волн», установить для них тип анализа «Анализ эпох» и выбрать для анализа в первом окне «Фоновую запись», а во втором «Открывание глаз» (рис. 18).

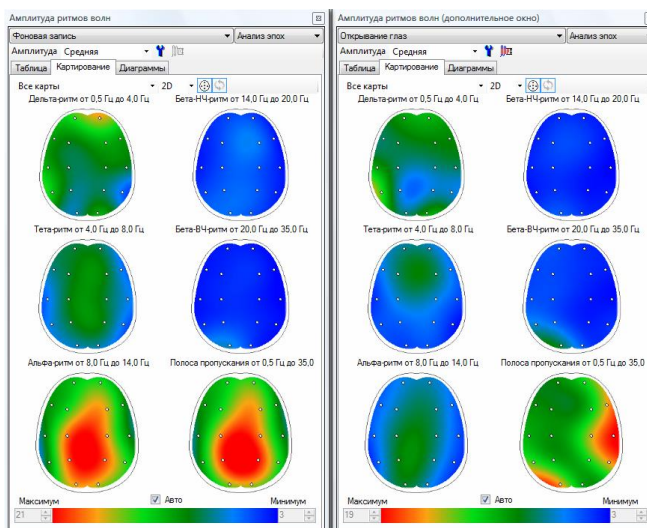


Рис. 18. Сравнение амплитуды ритмов волн в двух функциональных пробах (ФЗ и ОГ).

### *Графики спектров*

Спектральный анализ ЭЭГ, проводимый с помощью быстрого преобразования Фурье, позволяет перенести зарегистрированный сигнал из временной области в частотную. Использование частотного представления сигнала является неотъемлемой частью современного математического анализа ЭЭГ.

Окно анализа «Графики спектров» предназначено для отображения графиков спектров амплитуд и спектров мощностей по отведениям. Для того чтобы показать или скрыть окно «Графики спектров», воспользуйтесь командой меню **Анализ|Спектральный анализ|Графики спектров**.

Для того чтобы сравнить частотные спектры ЭЭГ во время «Фоновой записи» и «Открывания глаз», нужно вывести на экран два окна «Графики спектров», выбрать в каждом из них тип анализа «Анализ эпох» и выбрать для анализа в первом окне «Фоновую запись», а во втором «Открывание глаз» (рис.19).

Также с помощью контекстного меню вы можете скопировать графики спектров в текущую позицию активного протокола обследования.

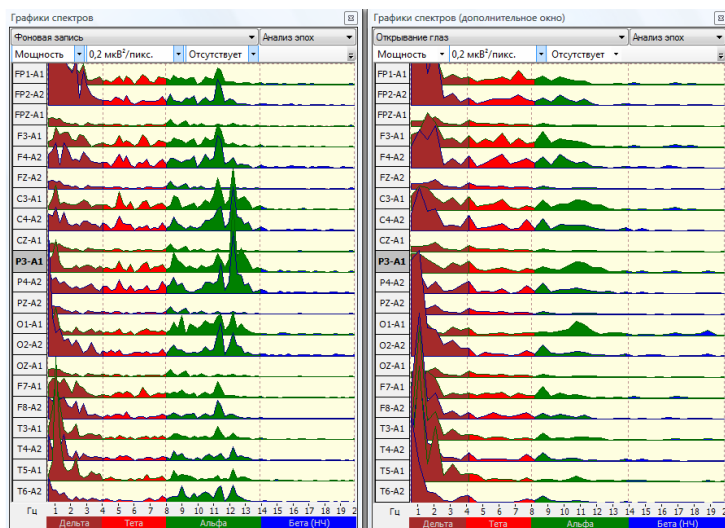


Рис. 19. Сравнение графиков спектров двух функциональных проб

### Частотные характеристики

Для табличного отображения частотных характеристик сигнала служит окно анализа «Частотные характеристики». Для того чтобы показать или скрыть данное окно, воспользуйтесь командой меню **Анализ|Спектральный анализ|Частотные характеристики** или соответствующей кнопкой на панели инструментов «Вид» (рис.20).

Частотные характеристики

Фоновая запись | Анализ эпох

По ритмам | По параметру

Альфа-ритм | от 8,0 Гц до 14,0 Гц | Мощность | Отсутствует

Отведение	Максимальная мощность, мкВ <sup>2</sup> /Гц	Средняя мощность, мкВ <sup>2</sup> /Гц	Полная мощность, мкВ <sup>2</sup> /Гц	Доминирующая частота, Гц	Средняя частота, Гц	Индекс, %
FP1-A1	2,91	1,22	29,21	8,75	10,25	6,2
FP2-A2	2,90	1,34	32,17	11,50	10,50	4,9
F3-A1	2,96	1,29	30,85	11,50	10,50	15,2
F4-A2	4,25	1,69	40,66	11,50	11,00	21,0
C3-A1	6,37	2,04	49,00	12,25	11,50	34,3
C4-A2	5,19	2,04	49,07	12,00	11,50	35,3
P3-A1	7,42	2,39	57,41	12,00	11,75	42,0
P4-A2	5,82	2,31	55,49	12,00	11,50	32,7
O1-A1	4,21	1,99	47,69	11,25	11,25	39,2
O2-A2	4,13	1,65	39,51	12,00	11,25	13,2
F7-A1	1,79	0,84	20,27	11,50	10,25	9,1
F8-A2	2,10	0,86	20,65	11,50	11,00	8,4
T3-A1	1,49	0,61	14,59	12,25	11,25	8,9
T4-A2	1,72	0,90	21,62	12,00	11,00	16,2
T5-A1	1,37	0,77	18,47	8,75	10,75	13,2
T6-A2	2,70	1,22	29,30	12,00	10,50	34,0

Рис. 20. Частотные характеристики по ритмам

Данное окно содержит две закладки. На закладке «По ритмам» вы можете просматривать параметры каждого ритма в отдельности или всего диапазона частот целиком. Используя панель инструментов, можно указать

диапазон частот для анализа (отдельно по ритмам или весь диапазон частот), параметр анализа (амплитуда или мощность). Используйте режим: «весь диапазон частот» (мощность).

### Сравнительный анализ

Для сравнения двух участков записи ЭЭГ между собой служит окно «Сравнительный анализ». Для того чтобы показать или скрыть окно «Сравнительный анализ», воспользуйтесь командой меню **Анализ|Сравнительный анализ|Сравнительный анализ эпох** или соответствующей кнопкой на панели инструментов «Вид». Для сравнения двух участков ЭЭГ в записи должны быть выделены эпохи анализа (см. раздел «Расстановка эпох анализа»).

На панели инструментов вы можете выбрать шаблон сравнительного анализа из выпадающего списка. Шаблон сравнительного анализа содержит информацию о том, какие эпохи функциональных проб подвергать сравнению. С помощью кнопки на панели инструментов вы можете настроить шаблоны сравнительного анализа (рис. 21).

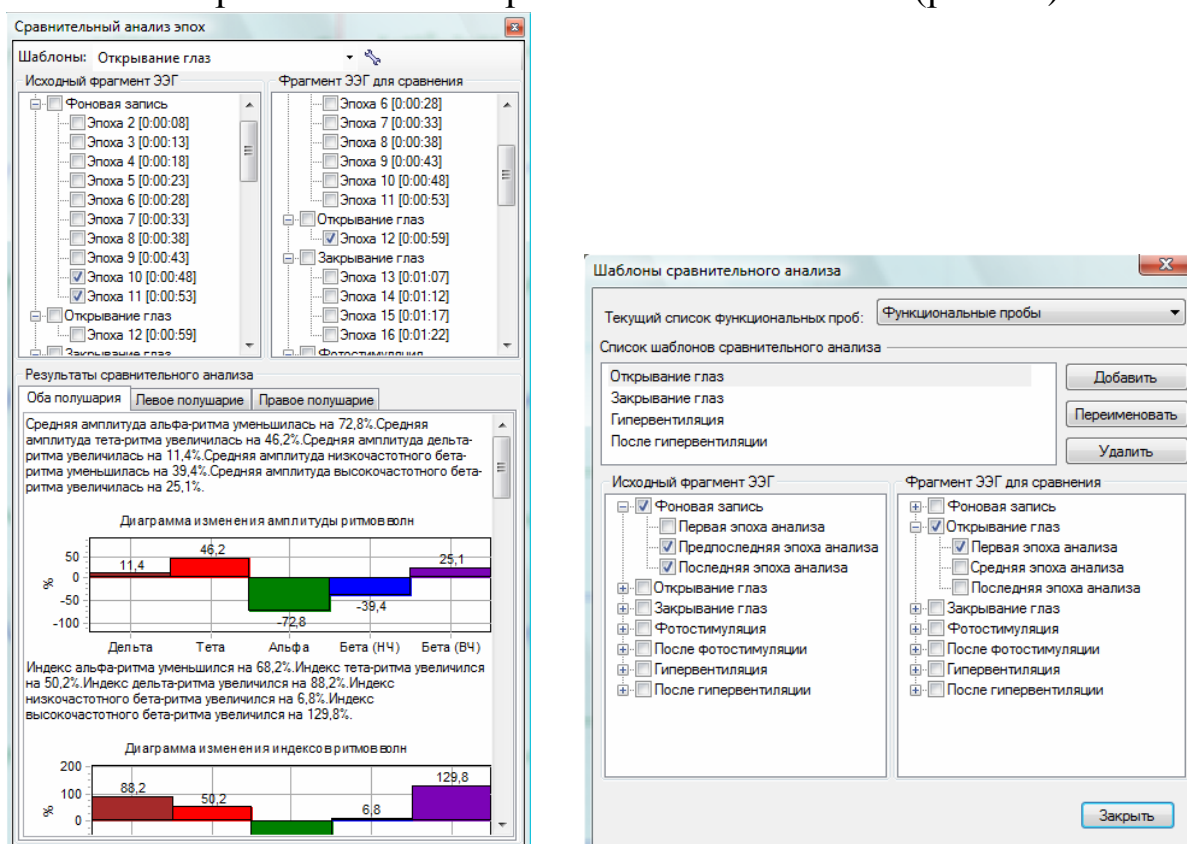


Рис. 21. Сравнительный анализ. Настройка шаблонов сравнительного анализа

## Контрольные вопросы

1. Что представляет метод электроэнцефалографии? Области применения метода ЭЭГ.
2. Какова природа электрической активности головного мозга?
3. Назовите основные ритмы ЭЭГ. Какой ритм является доминирующим? Поясните явления депрессии, синхронизации и десинхронизации ритма при выполнении функциональных проб.
4. Принцип регистрации ЭЭГ. Способы отведения, схемы отведения, электроды.
5. Поясните принцип расположения электродов по международной системе 10-20%.
6. Артефакты. Виды артефактов. Способы выявления и устранения артефактов.
7. Что отражает понятие «индекс ритма»?
8. Характеризуйте I тип «нормальной» ЭЭГ.
9. Перечислите критерии патологии альфа-ритма.
10. Основные этапы развития энцефалографии.

## Рекомендуемая литература

1. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей / Л.Р.Зенков. – 5-е изд. – М. : МЕДпрессинформ, 2012. – 356 с.  
<http://yandex.ru/clck/jsredir?from=yandex.ru%3Byandsearch>
2. Захаров С.М. Скоморохов А.А. Практическое применение компьютерной электроэнцефалографии. НПКФ «Медиком МТД»  
[www.medicom-mtd.com](http://www.medicom-mtd.com)
3. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2002. –380 с.
4. Поворинский А.Г., Заболотных В. А. Пособие по клинической энцефалографии.  
<http://www.mks.ru/library/books/eeg/kniga01/index.html>
5. Словарь терминов по клинической ЭЭГ.  
<http://www.mks.ru/library/books/eeg/kniga01/manee g-pr2.html>



## ПРИЛОЖЕНИЕ

г. Таганрог  
Диагностический центр

Код: 21110001 Ф. И. О.: Царьков Алексей Геннадьевич  
Пол: М Возраст: 13  
Диагноз: Эписиндром с наличием синкопального состояния во время гипервентиляции  
Вид исследования: ЭЭГ  
Дата исследования: 21:11:2000

**Описание исследования**

**Общая характеристика ЭЭГ в покое:**

Доминирует недостаточно организованная альфа-активность в виде ритма очень высокой амплитуды (до 84 мкВ), высокого индекса (до 80 %), недостаточно регулярная (с разбросом частот 9.3-11.7 Гц), наиболее выраженная в затылочно-теменной области (P4 O1). Модуляции по амплитуде нечеткие, зональные различия отчетливые.

Бета-активность в виде групп волн высокого индекса (до 58%), высокой амплитуды (до 40 мкВ), низкой частоты, наиболее выраженная в затылочной области (O1 O2).

Медленная активность среднего индекса с амплитудой до 52 мкВ в виде групп волн.

**Реакция активации:**

При ОГ - четкая депрессия альфа ритма. ЗГ - альфа ритм восстановился полностью.

**Изменение ЭЭГ при провоцирующих ФП:**

*При гипервентиляции (3 мин.)* - на первой минуте разряд эпилептиформной активности спайк - волна ампл. 382 мкВ в теменно-центральной локализации слева. На 2-3-й минутах нарастает дизритмия и заостренность ритмов, появляются группы высокоамплитудных дельта волн до 342 мкВ в теменно-центральных отведениях слева, вспышки билатерально-синхронных групп волн тета-дельта с преобладанием в лобно- центрально-теменно-височных отведениях левого полушария.

Восстановление фоновой активности до 20 сек. после ГВ.

**Заключение:**

Фокальные эпилептиформные патологические изменения в левой теменно-центральной области на фоне умеренных общемозговых изменений с признаками вовлечения неспецифических срединных структур.

Врач Пономарева Е.С.

г. Таганрог  
Диагностический центр

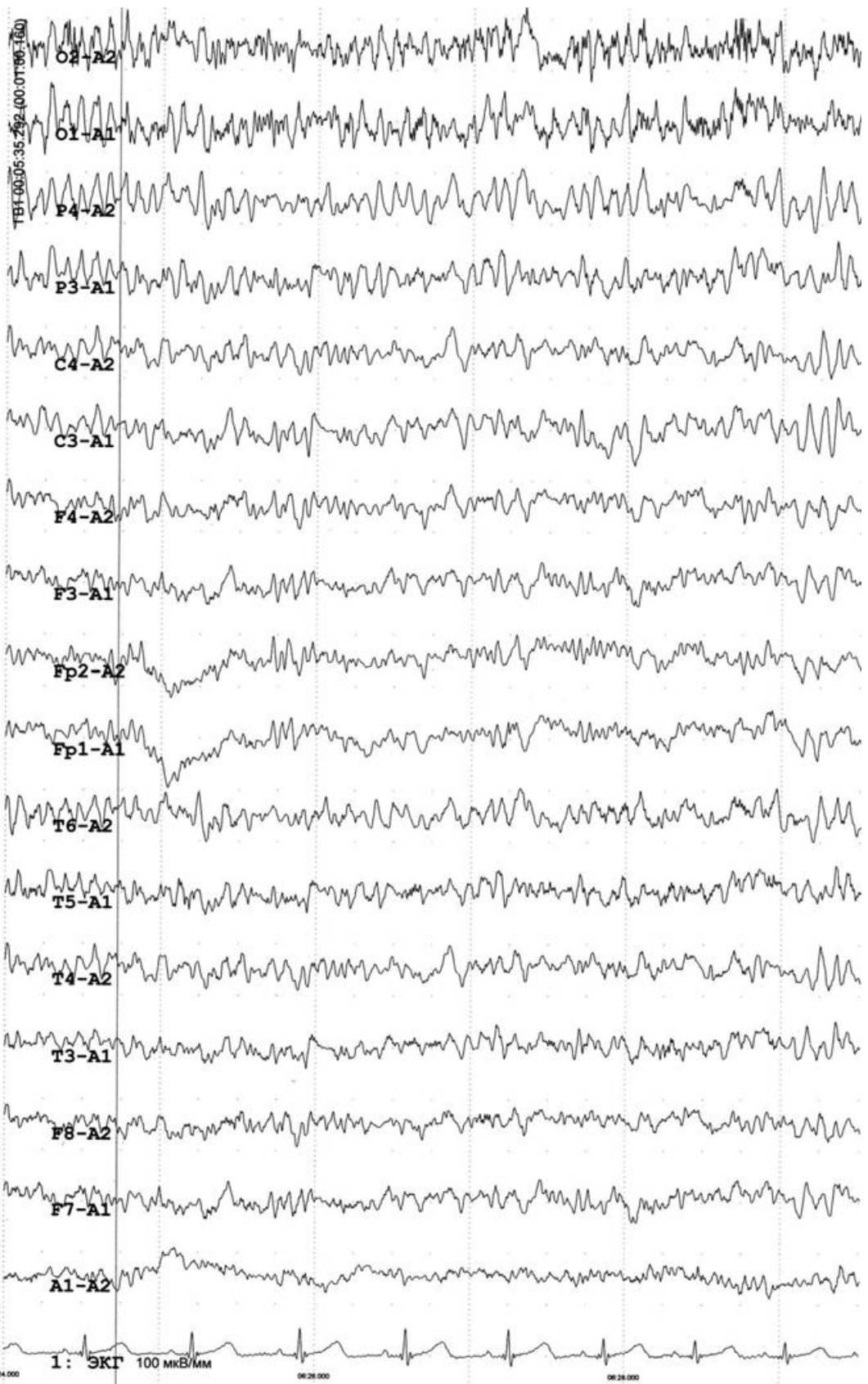
Код: 21110001 Ф. И. О.: Царьков Алексей Геннадьевич

Пол: М Возраст: 13

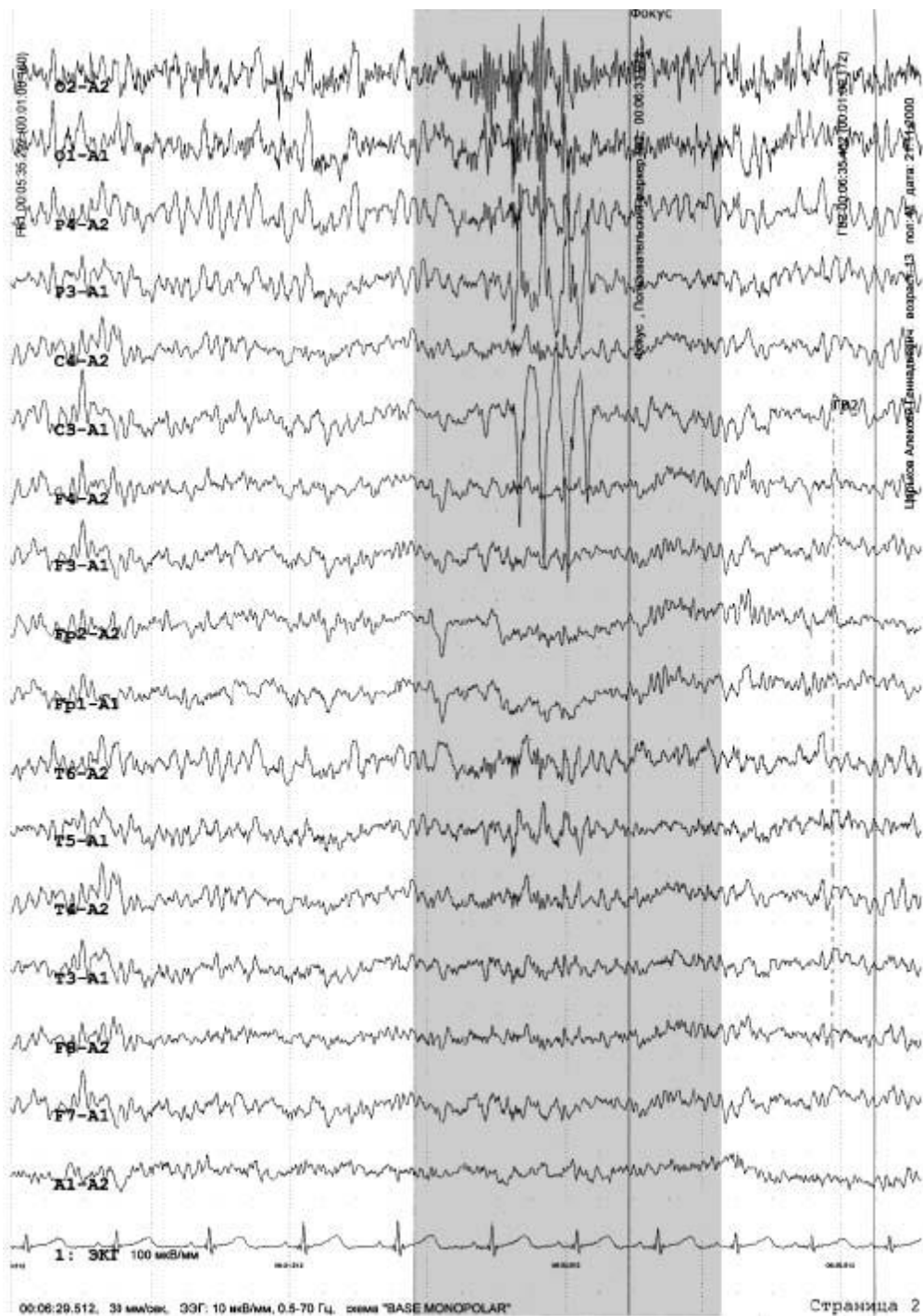
Диагноз: Эписиндром с наличием синкопального состояния во время гипервентиляции

Вид исследования: ЭЭГ

Дата исследования: 21.11.2000



00:06:24.000, 30 мм/сек, ЭЭГ: 10 мкВ/мм, 0.5-70 Гц, схема "BASE MONOPOLAR"



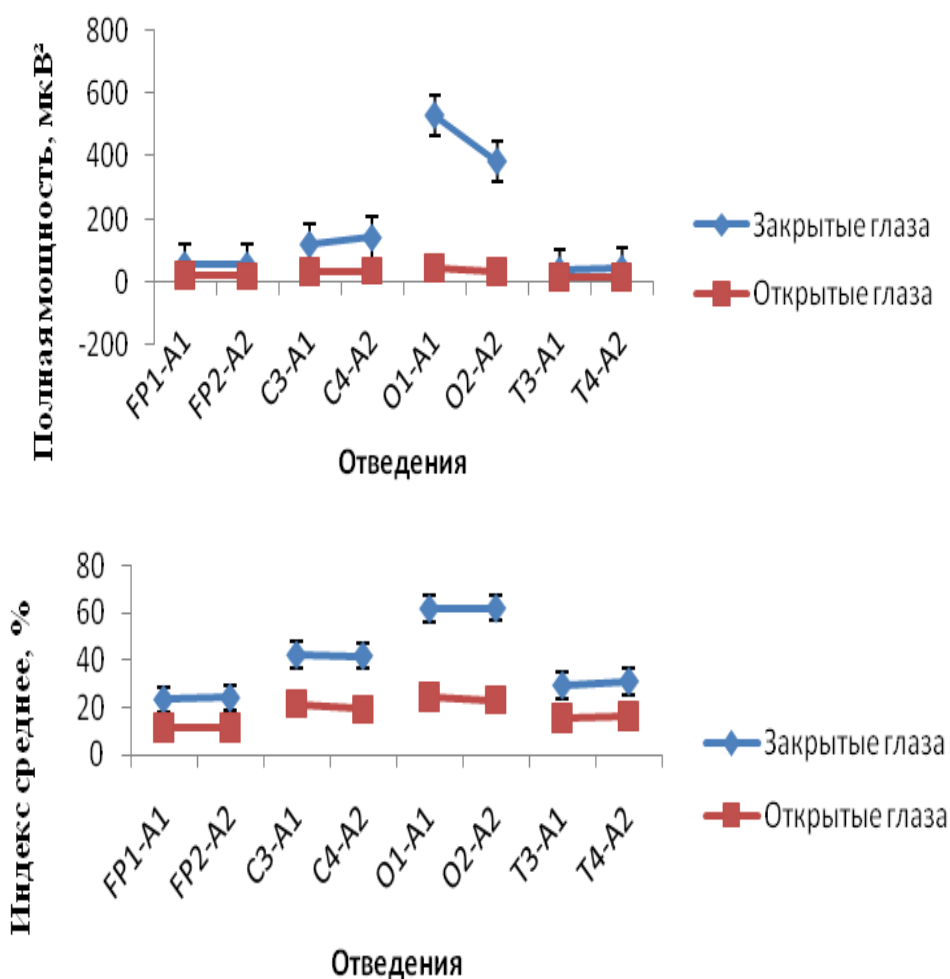
**Заключение. Оценка общего функционального состояния мозга.**

Пример 1. ЭЭГ N 3021 от 05.02.87. И-ов Ю.С., 42 года. Обследование. Альфа-ритм выражен регулярной компонентой, распределен правильно, доминирует в затылочных отделах мозга, симметричный, веретенообразный, с хорошо выраженными веретенами, не искажен, без вспышек гиперсинхронизации, частотой (10ёО, 5) колеб./с., амплитудой до

80 мкВ, индексом 85 %. Одиночная вспышка света. Депрессия альфа-ритма четкая, одномоментная во всех отведениях, восстановление альфа-ритма в пределах нормы, угашение ориентировочной реакции в пределах нормы. Ритмическая фотостимуляция. Диапазон усвоения ритма 8-24 Гц. Усвоение ритма не выше фоновой активности, длительное, симметричное, выражено только в затылочной области. Триггерная фотостимуляция не вызывает появления патологической активности.

**Заключение:** ЭЭГ в пределах нормы.

Приложение 2



Графики полной мощности и индекса альфа-ритма при функциональных пробах (закрытые глаза-синие ромбики; открытые глаза – красные квадраты). По горизонтали – отведения: лобные (FP1,FP2), центральные (C3,C4), затылочные (O1,O2) и височные (T3,T4); по вертикали – параметры полной мощности (мкВ<sup>2</sup>) и индекса (%);

## **Краткий терминологический словарь клинической энцефалографии**

**Активация** - проявление деятельности функциональной системы, направленной на поддержание определенного состояния головного мозга.

**Активация тоническая** - проявление деятельности активирующих функциональных систем, направленной на поддержание определенного уровня бодрствования. В ЭЭГ отражается в виде способности удержания определенного частотно-амплитудного паттерна, характеризующего уровень определенного состояния мозга.

**Активация фазическая** - проявление деятельности функциональных систем, направленных на обеспечение ориентировочной реакции. В ЭЭГ отражается в виде реакции пробуждения.

**Активность** - биоэлектрические потенциалы мозга, отраженные в последовательности волн любой частоты и амплитуды. Выделяют спонтанную активность, активность сна, фоновую активность, эпилептическую активность и т. д. В узком смысле слова противопоставляется термину "ритм" (см.).

**Активность сна** - спонтанная биоэлектрическая активность, регистрируемая во время сна.

**Альфа-активность** - биоэлектрическая компонента, представляющая собой колебания потенциала с частотой от 8 до 13 Гц с различными периодами колебаний, распределенными в случайном порядке.

**Альфа-волна** - одиночные колебания разности потенциалов длительностью в 75-130 мс, имеющие форму, приближающуюся к синусоидальной.

**Альфа-диапазон частот** - колебания потенциала, лежащие в пределах от 8 до 13 Гц.

**Альфа-ритм** - один из основных ритмов мозга, представляющий собой ритмические колебания потенциала с постоянной частотой, лежащей в пределах от 8 до 13 Гц.

**Амплитуда волны** - величина колебания потенциала от пика до пика; измеряется в микровольтах.

**Апериодический образ (активности)** - биоэлектрическая активность, состоящая из волновых компонентов с различными периодами и расположенных хаотически.

**Артефакт** - сигнал, обусловленный экстрацеребральным источником, наблюдаемый при регистрации ЭЭГ; выделяют физические и биологические причины возникновения артефактов.

**Асимметрия** - отсутствие соразмерности, сходства, соответственности, равномерности потенциала в одноименных структурах полушарий двух мозга или их конвекситальной поверхности (см. ).

**Асинхронность** - неодновременность возникновения феноменов ЭЭГ в различных структурах мозга или его конвекситальной поверхности.

**Базальная поверхность мозга** - поверхность мозга, прилегающая к основанию черепа.

**Бета-активность** - биоэлектрическая компонента, представляющая собой колебания потенциала с частотой от 13 до 35 Гц с различными периодами колебаний, распределенными в случайном порядке.

**Бета-волна** - одиночное колебание разности потенциалов длительностью от 35 до 75 мс.

**Бета-диапазон частот** - колебания потенциала, лежащие в пределах от 13 до 35 Гц.

**Бета-ритм** - один из основных ритмов мозга, представляющий собой ритмические колебания потенциала с постоянной частотой, лежащей в пределах от 13 до 35 Гц. Из соображений клинико-физиологического характера выделяют бета-низкочастотный, или бета-1-ритм (от 13 до 25 Гц); и бета-высокочастотный, или бета-2-ритм (от 25 до 35 Гц).

**Билатеральный (ритм)** - биоэлектрический феномен, выраженный симметрично в височных, латерально-теменных и затылочных отделах конвекситальной поверхности мозга; при кортикографии или субкортикографии - в симметричных отделах обоих полушарий.

**Биоэлектрическое молчание** – отсутствие биоэлектрических процессов в мозговой ткани вследствие гибели мозга.

**Биполярное отведение** - регистрация от двух электродов, каждый из которых расположен над проекцией мозгового вещества.

**Веретенообразный ритм** - амплитудная модуляция любого ритма, имеющая вид ряда следующего друг за другом веретен.

**Веретена сна** - веретенообразные вспышки биоэлектрической активности, появляющиеся во время сна с частотой около 14-16 Гц.

**Вертекс-потенциал** - комплекс из волн различных периодов, максимально выраженный в макушечной области (вертекс); является следствием сенсорного раздражения любой модальности.

**Возбудимость** - чувствительность ткани или клетки к воздействию, приводящему к переходу из состояния физиологического покоя в деятельное состояние. Мерой возбудимости служит пороговое значение воздействия: чем ниже порог раздражения, тем выше возбудимость.

**Волна** - любое одиночное колебание потенциала любого периода, амплитуды и формы.

**Вспышка (активности, ритма)** - появление на фоне доминирующего ритма (активности) любой другой частотной компоненты, амплитудой, не превышающей фон.

**Вызванная активность** - биоэлектрическая реакция мозга в ответ на внешние раздражители.

**Вызванный потенциал** - волны или группы волн, возникающие в виде комплекса (см.) со статистической достоверностью в ответ на сенсорное раздражение любой модальности.

**Высокочастотная активность** - активность, частота которой превышает альфа-диапазон.

**Высокочастотная асинхронная низкоамплитудная активность** - низкоамплитудная высокочастотная полиритмическая запись биоэлектрической активности, частотой свыше 35 Гц, амплитудой до 2-5 мкВ.

**Гамма-активность** - биоэлектрическая компонента, представляющая собой колебания потенциала с частотой, лежащей в полосе свыше 35 Гц с различными периодами колебаний, распределенными в случайном порядке.



**Гамма–волна** - одиночное колебание разности потенциалов длительностью от 35 до 20 мс.

**Гамма-диапазон частот** - колебания потенциала, лежащие в пределах от 35 до 50 Гц.

**Гамма–ритм** - один из основных ритмов мозга (см. ), представляющий собой ритмические колебания потенциалов с постоянной частотой, лежащей в пределах свыше 35 Гц.

**Гармоники** - появление ритмов кратных частоте световых вспышек и превышающих исходную в 2-3 раза.

**Генерализация (генерализованное изменение активности)** - появление изменений биоэлектрической активности во всех областях мозга одновременно.

**Герц** - единица частоты синусоидальных колебаний; выражается в колебаниях в секунду (колеб./с); относится только к стационарному процессу (см. ).

**Гипервентиляция** - регулярное глубокое дыхание в течение нескольких (обычно трех) минут.

**Глубинная электроэнцефалограмма** - запись биоэлектрической активности мозга, полученная с помощью электродов, погруженных внутрь мозга во время нейрохирургических операций или путем вживления. В тех случаях, когда погружение электрода контролируется стереотаксическими измерениями, запись биоэлектрической активности называется стереотаксической глубинной электроэнцефалограммой.

**Глубинный электрод** - электрод, погруженный вглубь мозга.

**Двухфазная волна** - одиночное колебание, экстремумы которого превышают соседние компоненты в обе стороны.

**Дельта-активность** - биоэлектрическая компонента, представляющая собой колебания потенциала с частотой от 0, 3 до 4 Гц с различными периодами колебаний, распределенными в случайном порядке.

**Дельта-волна** - одиночное колебание разности потенциалов длительностью более 250 мс, имеющее форму, приближающуюся к синусоидальной.

**Дельта-диапазон частот** - колебания потенциала, лежащие в пределах от 0,3 до 4 Гц.

**Депрессия (ритма)** - скачкообразное снижение амплитуды, угнетение или полное исчезновение амплитуды доминирующего ритма.

**Десинхронизация** - исчезновение регулярного ритма из спектра ЭЭГ с заменой его низкоамплитудной аperiodической высокочастотной активностью.

**Диапазон (полоса) частот** - участок частотного спектра, ограниченный определенными частотными рамками.

**Диффузные изменения активности** - несинхронизированные изменения биоэлектрической активности, наблюдаемые во всех областях мозга.

**Доминирующий ритм (активность)** - ритм или активность, преобладающая по индексу или амплитуде на протяжении измеряемого отрезка записи ЭЭГ.

**Е-волна** - медленная отрицательная волна, появляющаяся при ожидании раздражающего стимула после подачи предварительного сигнала.

**Игольчатый электрод** - электрод в виде иглы, вводимый в ту или иную ткань.

**Изоэлектрическая линия** - линия на ленте электроэнцефалографа или на экране осциллоскопа при отсутствии разности потенциалов на выходе окончателной ступени усилителя. Точки на изоэлектрической линии, выделенные с помощью электронных схем, могут быть использованы в различных приемах анализа ЭЭГ.

**Индекс ритма** - время наличия определенного ритма (активности) по отношению ко всему времени регистрации ЭЭГ, выраженное в процентах.

**Ирритативные явления** в коре головного мозга - совокупность общих нарушений биопотенциалов ЭЭГ, выраженных одинаково во всех областях полушарий. Отражает обусловленные чрезмерным притоком афферентных импульсов от ангиорецептивных зон и от богато иннервируемых оболочек мозга, подвергающихся постоянному воздействию со стороны медленно растущей опухоли.

**Калибровка** - подача эталонированного сигнала на вход усилителя с целью его дальнейшего сопоставления с регистрируемой электроэнцефалограммой.

**Канал электроэнцефалографа** –электронная схема для усиления и регистрации разности потенциалов, возникающей между парой отводящих электродов; современные электроэнцефалографы имеют 8, 13, 16, 20 каналов.

**Комплекс** - активность, состоящая из двух или более компонентов определенной формы, отличающихся от основного ритма и сохраняющих свою структуру при повторении.

**К-комплекс** - появление нескольких медленных волн с увеличивающимся периодом, переходящим во вспышку низкочастотного бета-ритма.

**Комплекс множественных спайков** - последовательность из двух или более спайков (см. ).

**Медленные волны** - последовательность двух и более спайков и одной или двух медленных волн.

**Комплекс медленный спайк–волна** - комплекс, состоящий из медленного спайка и дельта-волны.

**Комплекс спайк-волна** - комплекс, состоящий из спайка (см.) и медленной волны. И множественные, и одиночные спайки могут находиться перед медленными волнами, на вершине медленных волн и после медленных волн; в зависимости от этого они называются спайк-волна, шлемовидная волна, волна-спайк.

**Компонент (компонента) электроэнцефалограммы** - любая составляющая ЭЭГ: волна, комплекс, ритм, активность и т. д.

**Конвекситальная поверхность мозга** - поверхность мозга, прилегающая к лобным, теменным, височным и затылочным костям черепа.

**Кортикальный электрод** - электрод, расположенный непосредственно на поверхности мозга или погруженный в кору мозга.

**Константа времени** - постоянная времени усилителя.

**Лабильность** - способность ткани к осуществлению определенного количества отдельных законченных циклов возбуждения в секунду.

**Локальные изменения активности** - изменения биоэлектрической активности, локализованные в строго ограниченной области.

**Медленная активность** - активность, лежащая в полосе тета- и дельта-частот.

**Медленный спайк** - одиночное колебание потенциала длительностью от 80 до 120 мс.

**Межэлектродное расстояние** - расстояние между парой отводящих электродов, соединенных с входом усилителя. Малое межэлектродное расстояние - расстояние между двумя соседними электродами, соответствующее 20% от общей длины линии, проведенной по системе "десять-двадцать" Джаспера. Большое межэлектродное расстояние - расстояние между двумя соседними электродами, составляющее 50% от общей длины линии, проведенной по схеме "десять-двадцать" Джаспера.

**Межэлектродное сопротивление** - сопротивление между парой электродов в килоомах, измеряемого при использовании постоянного тока.

**Метод обратных фаз** - с целью облегчения нахождения патологического очага применяют отведение "цепочкой"; заключается в том, что при наличии нескольких электродов пары для отведения составляются таким образом, что второй электрод этой пары входит в качестве первого электрода в другую пару, а вторым электродом в этой второй паре является уже третий электрод, который будет являться первым электродом в третьей паре, и т. д. ; наличие такой специфической активности в двух каналах (в одном из них в фазе, а в другом в противофазе) при отсутствии ее во всех остальных сразу позволяет установить точку, в которой она локализована.

**Монопольное отведение** – отведение, при котором один из электродов на проекции мозговой ткани, а второй на индифферентной точке.

**Мю-ритм** - ритмические колебания потенциала в полосе 7-11 Гц с большой разницей в полупериодах (синонимы: аркообразный ритм, гребешковый ритм - ритмически следующие спайки положительной полярности).

**Навязывание (усвоение)** - см. Реакция усвоения ритма.

**Нерегулярный** - термин применяется по отношению к компонентам электроэнцефалограммы, проявляющимся непостоянно во время записи.

**Низкоамплитудная электроэнцефалограмма** - ЭЭГ, в которой разность потенциалов при биполярном отведении с малыми межэлектродными расстояниями не превышает 10 мкВ.

**Ориентировочная реакция** - активная реакция на неожиданное изменение привычной обстановки, поведенческий ответ на новизну. Ориентировочная реакция состоит из поведенческого, вегетативного и

электроэнцефалографического компонента, который регистрируется на ЭЭГ в виде депрессии доминирующего ритма. Наиболее часто используемым раздражителем для изучения ориентировочной реакции является одиночная вспышка света стандартного фотостимулятора.

**Основные ритмы мозга** - дельта-ритм, тета-ритм, альфа-ритм, низкочастотный бета-ритм (бета-1-ритм), высокочастотный бета-ритм (бета-2-ритм), гамма-ритм.

**Отведение** - метод коммутации электродов, с помощью которого проводят регистрацию биопотенциалов мозга. Различают отведения: биполярное, монополярное, референтное, стерно-спинальное, усредненное.

**Отведение биполярное** - регистрация биоэлектрических процессов мозга в условиях, когда на вход усилителя подается разность потенциалов между двумя активными электродами (см. Электрод активный).

**Отведение монополярное** – регистрация биоэлектрических процессов мозга в условиях, когда на вход усилителя подается разность потенциалов между активными и индифферентными (см. Электрод общий) электродами.

**Отведение референтное** – регистрация биоэлектрических процессов мозга в условиях, когда разность потенциалов в нескольких точках мозга регистрируется по отношению к одной его области.

**Отведение усредненное** - регистрация биоэлектрических процессов мозга в условиях, когда разность потенциалов регистрируется между активным электродом (активными электродами) и усредненным электродом.

**Очаг патологической активности** - Фокус патологической активности.

**Пароксизм** - это появление на фоне доминирующего ритма (активности) другой частотной компоненты с амплитудой, превышающей фоновую активность.

**Паттерн** - закономерное распределение различных компонентов ЭЭГ по всей конвекситальной поверхности как присущее индивидуальным проявлениям ЭЭГ субъекта, так и характеризующее определенные особенности функционального состояния мозга здорового человека и при различных патологических состояниях.

**Период** - длительность одного колебания потенциала.

**Пик** - одиночное колебание потенциала длительностью от 30 до 60 мс.

**Плоская ЭЭГ** - см. Низкоамплитудная ЭЭГ.

**Полиморфная медленная активность** - активность частотой до 8 Гц, состоящая из разноамплитудных нерегулярных колебаний различного периода без доминирования какого-либо ритма.

**Полиграфическая запись** - одновременная регистрация ряда физиологических процессов, таких как ЭЭГ, реоэнцефалограмма РЕГ, ЭКГ, респиратограмма, окулограмма, кровяное давление и т. д.

**Полиритмия** (полиритмическая активность) - одновременное наличие на ЭЭГ нескольких основных относительно близких по амплитуде ритмов мозга, накладывающихся друг на друга в случайном порядке.

**Постоянная времени** - характеристика канала электроэнцефалографа, которая определяет полосу пропускания канала по низким частотам; измеряется по отношению к его первоначальному сдвигу в ответ на приложение разности потенциалов по постоянному току к входу усилителя; чем больше постоянная времени, тем более медленные частоты пропускает каскад усилителя.

**Потенциал** - обобщенная характеристика, которая определяет взаимодействие зарядов, находящихся в исследуемой области мозга, с зарядом наложенного на эту область электрода (определяется энергией электрического поля в расчете на единичный заряд). В количественном выражении соответствует напряжению между электродом и землей (нулевым потенциалом).

**Реактивность** - способность ткани или органа отвечать на раздражение любым видом ответа, присущим только живой ткани. В электроэнцефалографии под термином "реактив ость" понимают количественную характеристику биоэлектрических потенциалов мозга в ответ на физиологическое или физическое воздействие.

**Регулярность** - термин, характеризующий постоянство периода или формы волн или комплексов волн на протяжении достаточно длинного отрезка времени.

**Реакция вовлечения** - в классическом виде получена на животных в виде низкочастотного ответа в ритме раздражения неспецифического таламуса, наблюдаемого в передних отделах мозга; у человека наблюдают аналогичные проявления при ритмической фотостимуляции в виде усвоения ритма только в лобных отделах мозга от 4 до 8 Гц.

**Реакция усвоения ритма** - появление в биоэлектрической активности мозга ритмической компоненты, соответствующей частоте ритмического раздражителя (обычно светового).

**Ритм** - биоэлектрическая активность, имеющая постоянный период колебаний.

**Роландический ритм** - выделен Гасто из полосы альфа-ритма по следующим показателям: локализован в центрально-височных отделах мозга, угнетается при двигательной активности, диагностического значения не имеет.

**Сверхмедленные колебания** - изменения потенциалов мозга с периодом от 3 с и более.

**Селектор** - устройство, позволяющее из множества установленных на голове электродов выбрать какую-нибудь пару и подключить ее к определенному каналу электроэнцефалографа.

**Сигма-ритм** - альфа-подобный высокоамплитудный вариант низкочастотного бета-ритма, (16-1)Гц; часто его наблюдают вследствие фармакологического воздействия барбитуратов, при поражении диэнцефальных структур мозга, во время сна ит. д.

**Синхронизация** - организация физико-химических процессов мозга, обуславливающая регулярность (см. )его биоэлектрической активности.

**Система "десять-двадцать" (10-20)** - стандартная система установки (размещения) электродов на поверхности, которая рекомендована Международной федерацией электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии. Место расположение электродов определяется следующим образом: линия, соединяющая переносицу и затылочный бугор, делится на 10 отрезков, каждый из которых соответствует 10% общей длины линии, проведенной по конвексительной поверхности. Первый и последний электроды накладываются на расстоянии, соответствующем 10% общей длины линии от прилегающих анатомических образований. От первого электрода на расстоянии, соответствующем 20% общей длины линии, накладывается другой электрод и т. д. Таким образом, по линии переносица-затылок (медианная линия, или вертексная линия) накладываются 5 электродов. На линии наружные слуховые проходы макушечный электрод (центральная линия) в таком же состоянии накладывают по два электрода на каждое полушарие. Линии, параллельные медианной (вертексной) и проходящие через электроды, наложенные по центральной линии, носят название парасагитальные и височные (правая и левая). При этом на парасагитальной линии накладывают по 5 электродов, а на височные - по 3 электрода. Всего в этом случае на конвексительную поверхность

накладывают 21 электрод. Часто используют вариант, при котором два электрода с вертексной линии переносят на височную область, т. е. уплотняют височную линию. При расположении электродов по системе "10-20" проекции одноименных электродов попадают всегда на соответствующие анатомические области мозга.

**Скальповая электроэнцефалограмма** - см. Электроэнцефалограмма.

**Спонтанная активность** - биологическая активность мозга, обусловленная его функционированием при различных состояниях (бодрствование активное, бодрствование пассивное, сон и т. д. ).

**Стационарный процесс** - процесс, при котором вероятностные характеристики не меняются с течением времени T.

**Стандартное расположение электродов** - см. Система "10-20".

**Стереотаксическая глубинная электроэнцефалограмма** - запись электрической активности коры или подкорковых структур мозга, отводимых от электродов, погруженных внутрь мозгового вещества с помощью стереотаксического аппарата.

**Тета-активность** - биоэлектрическая компонента, представляющая собой колебания потенциала с частотой от 4 до 8 Гц с различными периодами колебаний, распределенными в случайном порядке.

**Тета-волна** - одиночное колебание разности потенциалов длительностью 130-250 мс, имеющее форму, приближающуюся к синусоидальной.

**Тета-ритм** - один из основных ритмов мозга (см. ), представляющий собой ритмические колебания потенциала с постоянной частотой, лежащей в пределах от 4 до 8 Гц (тета-диапазон частот).

**Топограмма** - картина пространственного распределения биопотенциалов, например по коре головного мозга.

**Фокус патологической активности** - проекция участка мозга на конвекситальной поверхности, в котором наиболее четко выражены конкретные патологические формы потенциалов.

**Фоновая активность** - биоэлектрическая активность мозга в состоянии пассивного бодрствования, т. е. со стояния, на фоне которого обычно



осуществляется электроэнцефалографическое исследование в клинических целях.

**Фоностимуляция** - воздействие на испытуемого звуковым раздражителем; используется как функциональная нагрузка.

**Фотостимуляция** - воздействие на испытуемого световым раздражителем; используется как функциональная нагрузка.

**Функциональная нагрузка** - любое воздействие на организм с целью выявления особенностей ответных реакций, по которым оценивается функциональное состояние реагирующей системы.

**Частота** - количество колебаний в 1 с (Гц, колеб./с).

**Шлемовидная волна** - см. Комплекс спайк-волна.

**Электрическая активность мозга** - все виды биоэлектрических процессов, генерируемых различными элементами мозговой ткани.

**Электрокортикограмма (ЭКоГ)** - запись биоэлектрических процессов в условиях прямого отведения с открытой поверхности мозга или с помощью электродов, погруженных внутрь коры.

**Электроэнцефалограмма (ЭЭГ)** - запись биоэлектрических процессов мозга, отводимых с помощью электродов, расположенных не непосредственно на мозговой ткани, а отделенных от нее костными и кожными покровами.

**Электроэнцефалография** - раздел физиологии, изучающий биоэлектрические процессы.

**Электрод активный** - электрод, находящийся непосредственно над мозговыми структурами или внедренный в мозг.

**Электрод индифферентный** - электрод, не имеющий непосредственного контакта с мозгом или расположенный в области, где отсутствует биоэлектрическая активность мозга.

**Электрод рабочий** - активный электрод, используемый для регистрации разности потенциалов в сочетании с индифферентным электродом.

**Электрод базальный** - электрод, введенный через носовые ходы и расположенный на твердом небе; отведение с базальной области.

**Электрод общий** - любой электрод, относительно которого регистрируются биоэлектрические процессы с нескольких активных электродов.

**Электрод референтный** - см. Электрод общий.

**Электрод усредненный** - искусственная точка в схеме коммутации электродов, которая через сопротивление 0,5-2 Мом соединена со всеми активными электродами на конвекситальной поверхности мозга, наложенными по схеме "10-20" Джаспера и используется как общий электрод по отношению ко всем остальным электродам.

**Эпилептическая активность** - активность мозга характерная для разряда эпилептического очага и являющаяся критерием его наличия независимо от клинических проявлений эпилепсии. К показателям наличия эпилептического очага относят пароксизмы из комплексов спайк волна, пароксизмы тета-волн, пароксизмы дельта-волн, одиночные или множественные спайки, медленные спайки и т. д.

**Эпоха анализа** - время произвольно выбранного для анализа участка электроэнцефалограммы. В клинической электроэнцефалографии эпохой анализа чаще бывает 10 сек.

*Учебное издание*

**Звёздочкина** Наталия Васильевна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА**

**Дизайн обложки**

?

Подписано в печать 00.00.2014.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Формат 60x84 1/16. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. .

Тираж экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии Издательства Казанского университета

420008, г. Казань, ул. Профессора Нужина, 1/37

тел. (843) 233-73-59, 233-73-28