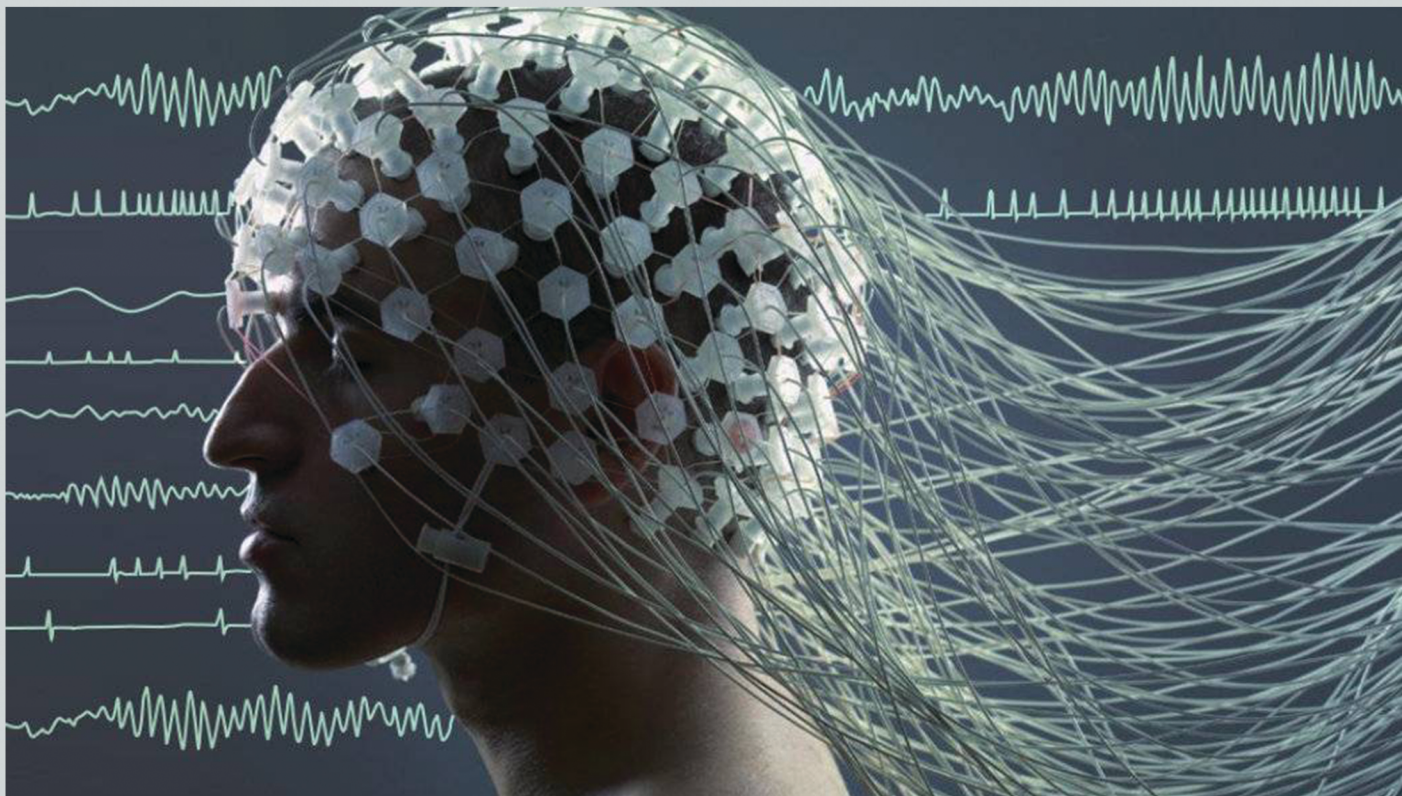




Л. К. Будук-оол, Ш. В. Куулар, А. М. Ховалыг

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

Кызыл
2020

Тувинский государственный университет

Л. К. Будук-оол, Ш. В. Куулар, А. М. Ховалыг

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

Учебно-методическое пособие

Кызыл
2020

УДК 612
ББК Е9я73
Э45

Электроэнцефалография: учебно-методическое пособие /сост. Л. К. Будук-оол, Ш. В. Куулар, А. М. Ховалыг – Кызыл : Изд-во ТувГУ, 2020. – 48 с.- Текст : непосредственный.

Учебно-методическое пособие разработано для студентов бакалавриата, по направлениям подготовки 06.03.01 «Биология» и 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) профили «Биология» и «Химия», «Биология» и «Безопасность жизнедеятельности».

Учебно-методическое пособие предназначено для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине «Физиология человека» на биологических факультетах высших учебных заведений. В учебно-методическом пособии приведены контрольные вопросы для самостоятельной работы студентов. В учебно-методическом пособии изложены наиболее доступные и демонстративные методы проведения практических работ по электроэнцефалографии.

Рецензенты: Доржу Урана Валериевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности; Эрдыниева Татьяна Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент, методист кафедры общего образования ХакИРОиПК.

Содержание

Введение	4
Глава 1. Теоретическая часть. Электрическая активность головного мозга. История развития энцефалографии.....	5
Ритмы ЭЭГ и их характеристика	5
Формирование ритмов и структуры мозга.....	10
Ритмы ЭЭГ в различных функциональных состояниях	13
Методические рекомендации при регистрации ЭЭГ	14
Вызванные потенциалы мозга.....	16
Методы выделения вызванных потенциалов.....	17
Зрительные вызванные потенциалы	19
Когнитивный вызванный потенциал	20
Глава 2. Практическая часть	21
Работа № 1. Регистрация энцефалограммы человека	21
Контрольные вопросы.....	28
Рекомендуемая литература.....	28
Работа № 2. Оценка биоритмов мозга	28
Контрольные вопросы.....	37
Рекомендуемая литература.....	37
Работа № 3. Изучение вызванных потенциалов мозга человека	38
Контрольные вопросы.....	42
Рекомендуемая литература.....	42
Примерные тесты к промежуточной аттестации.....	43
Основная литература.....	46
Дополнительная литература	46

Введение

Основной единицей нервной ткани является нервная клетка – нейрон. Огромное количество нейронов мозга, каждый из которых образует электрический импульс. Импульсы могут усиливать или ослаблять друг друга. Частота и амплитуда этих импульсов постоянно меняются, в зависимости от функционального состояния.

Запись электрической активности мозга, которая производится с помощью специальных электродов, наложенных на неповрежденную кожу головы, называется электроэнцефалографией (ЭЭГ) и является графическим отображением работы мозга в реальном времени. Электроэнцефалография метод регистрации электрической активности (биопотенциалов) головного мозга через неповрежденные покровы головы, позволяющий судить о его физиологической зрелости, функциональном состоянии, наличии очаговых поражений, общемозговых расстройств и их характере. Колебания ЭЭГ, отображаемые на бумаге, называются волнами. В зависимости от их формы, амплитуды и частоты разделяются на альфа-, бета-, дельта-, тета-, мю- и другие волны.

Таким образом, ЭЭГ дает представление о качественном и количественном анализе функционального состояния головного мозга и его реакций при воздействии различных факторов. ЭЭГ используется не только для научного изучения работы мозга, но и имеет прикладное значение в диагностике психологических нарушений и медицине.

Теоретическая часть

Глава 1. Электрическая активность головного мозга

История развития энцефалографии



Ричард Кэтон



В.Я.Данилевский



Н.Е. Введенский



В.В. Правдич-Неминский



Ганс Бергер

В 1875 г. данные о наличии спонтанной и вызванной электрической активности в мозге собаки были получены независимо друг от друга английским ученым Ричардом Кэтоном и российским ученым В.Я.Данилевским. Английский хирург и физиолог Ричард Кэтон на заседании Британской медицинской ассоциации впервые сообщил, что ему удалось зарегистрировать от мозга кроликов и обезьян слабые электрические токи, что явилось доказательством способности мозга генерировать электрическую активность, т.е. биологические токи.

Исследования отечественных нейрофизиологов в конце 19 и начала 20 веков внесли значительный вклад в разъяснение электрофизиологических феноменов головного мозга. В.Я.Данилевский не только показал возможность регистрации электрической активности мозга, но и подчёркивал её тесную связь с нейрофизиологическими процессами.

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.

Первую электроэнцефалограмму мозга у собаки представил в 1913 году В.В. Правдич-Неминский и эта дата считается официальным началом метода электроэнцефалографии в научных исследованиях, несмотря на то, что он назвал ЭЭГ электроцереброграмма.

Австрийский психиатр Ганс Бергер в 1928 г. впервые осуществил регистрацию электрических потенциалов головного мозга у человека, используя скальповые игольчатые электроды. Он впервые дал классификацию ритмам и их изменениям при различных функциональных пробах и патологических изменениях в мозге.

Значительное влияние на развитие электроэнцефалографического метода оказали исследования Г. Вальтера (1936) о значении ЭЭГ в диагностике опухолей мозга.

В дальнейшие годы ученые разрабатывали не только феноменологию ЭЭГ у больных, но и посвятили свои работы изучению механизмов генерации электрической активности.

В настоящее время считается, что волны ЭЭГ образуются как результат суммации возбуждающего постсинаптического потенциала (ВПСП) и тормозного постсинаптического потенциала (ТПСП). Также некоторый вклад вносит электрическая активность глиальных клеток.

Ритмы ЭЭГ и их характеристика

Анализ ЭЭГ начался с выделения Бергером диапазона альфа-ритма и Вальтером - дельта-ритма. Несколько позднее (Генкин А. А., 1971) были предприняты попытки исследования структуры самой ЭЭГ.

В ЭЭГ выделяются основные ритмы: дельта-ритм, тета-ритм, альфа-ритм, мю-ритм, бета-ритм и гамма-ритм (рис.1,2).

Дельта-ритм (δ-ритм). К этому ритму относят колебания в диапазоне 0,5-3,5 Гц (по другим данным 1-3 Гц). В ЭЭГ здорового взрослого человека в состоянии бодрствования дельта-ритм может присутствовать только в очень небольшом количестве. Дельта-ритм является основным ритмом медленноволнового сна, когда его амплитуда достигает 300 мкВ и более. В зависимости от уровня бодрствования и локализации дельта колебания свидетельствуют либо о локальной или диффузной церебральной

дисфункции (опухоль, кровоизлияние, кома и др.), либо отражают физиологическое снижение уровня активации головного мозга (сон). У здоровых людей дельта-активность проявляется в стадии глубокого сна. Дельта-активность также может быть проявиться в бодрствующем состоянии

особенно при тяжелой умственной нагрузке или стрессовом напряжении в виде колебаний низкой амплитуды 20–30 мкВ.

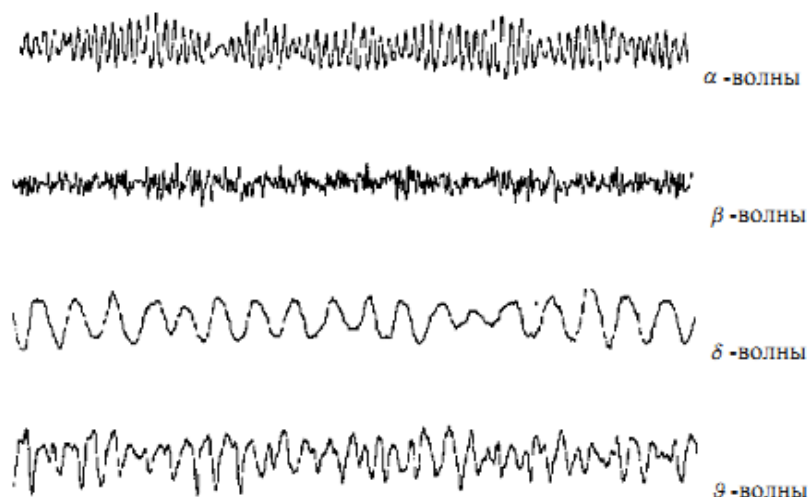


Рис. 1. Основные ритмы ЭЭГ (схема)

Тета-ритм (θ-ритм). В разных исследованиях диапазон тета-ритма отличается, однако, в среднем принято считать частоту от 4 до 8 Гц как тета-ритм. Амплитуда тета-волн составляет 20-50 мкВ (по другим данным не превышает 40 мкВ). В патологии и в определенных функциональных состояниях, связанных со снижением уровня активности мозга, либо, наоборот, с повышением концентрации внимания, когнитивной и эмоциональной активацией происходит увеличение индекса тета-ритма. Во время умственной деятельности и при эмоциональном напряжении интенсивность колебаний в тета-диапазоне возрастает.

Альфа-ритм (α-ритм) Это первый описанный и наиболее изученный ритм, наиболее выражен в нормальной ЭЭГ расслабленного бодрствования.

К альфа-ритму относится хорошо модулированная, высокоамплитудная 20-100 мкВ (средняя амплитуда 60-80 мкВ) ритмическая активность с частотой в диапазоне 7,5-13 Гц (8-13 Гц), который отсутствует примерно у 15% здоровых взрослых людей.

Альфа-ритм блокируется после открывания глаз (рис.3) или во время некоторых типов умственной активности, переходя к появлению «волн второго порядка», или «β (бета)-волн». Эти позволило Адриану и Маттеусу сформулировать концепцию о том, что различные сенсорные области мозга имеют собственные альфа-ритмы (ритмы «холостого хода»), которые, по их предположениям, представляют состояние «отдыха», или «праздности» этой области мозга.

Лучше всего альфа-ритм выражен в состоянии относительного покоя при максимально возможном расслаблении мышц преимущественно в теменно-затылочных областях мозга. Световое раздражение, напряжение внимания, мыслительные нагрузки блокируют динамику в альфа-ритма ЭЭГ. Депрессия альфа-ритма свидетельствует об общей активации коры головного мозга. В настоящее время в структуре электроэнцефалограммы принято выделять быстрые и медленные варианты альфа-ритма: Альфа1 (7-10 Гц), Альфа2 (10-13 Гц) Альфа3 (12–14 Гц). Аналогами альфа-ритма являются ритмы мю, каппа, тау.

При различных когнитивных и эмоциональных нагрузках выявляется функциональная асимметрия альфа-активности.

Бета-ритм (β-ритм)– частота 14-35 Гц, амплитуда 5-50 мкВ, выделяют низкочастотный Бета 1 ритм с частотой 14-25 Гц и высокочастотный бета-ритм Бета 2 – 26-35 Гц.

Бета-ритм наиболее ярко выражен в лобной и височной областях. Как синхронизация, так и десинхронизация бета-активности связывается многими авторами с различными типами эмоций и когнитивных процессов. Во время различных видов интенсивной умственной деятельности бета-ритм резко усиливается и распространяется на другие области мозга. Синхронизация бета-ритма в лобных областях в диапазоне бета-частот усиливается также во время возрастания внимания и во время эмоционального возбуждения. Частота более 30 Гц иногда описывается как гамма-ритм.

Гамма-ритм (γ-ритм) ритмические колебания электрического потенциала в частотном диапазоне 25-35 Гц с амплитудой до 25 мкВ. Часто гамма активность маскируется более медленной

динамикой мозга. Высокочастотные колебания в гамма-активности были открыты Е. Эдрианом в 1942г. в обонятельных луковицах, и длительное время эти колебания считали обонятельным ритмом. Однако в дальнейшие исследования показали, что гамма-ритм проявляется как у человека, так и у животных в самых разнообразных ситуациях и связан с такими явлениями, как уровень бодрствования, восприятие, внимание и сознание. Гамма-ритм идентифицируется во время максимальной концентрации внимания, например, при решении сложных задач. В соответствии с некоторыми теориями, существует связь между гамма-активностью и работой сознания.

Мю ритм (μ -ритм) – также частота, что и альфа, ритмические колебания электрического потенциала с частотой 7-11 Гц, имеющие амплитуду 30-50 мкВ. Различие этих компонент ЭЭГ заключается в разной пространственной организации: наиболее выражен в центральных отделах в прецентральной извилине, связан с сенсомоторной корой, слабо реагирует на открывание глаз, блокируется при произвольных движениях (сжатие руки в кулак), а также при тактильном раздражении. Мю-ритм обнаруживается только у 3% людей.

Сигма-ритм – (σ -ритм, сонные веретёна, веретенообразная активность) ритмические колебания электрической активности мозга с частотой 12-14 Гц и амплитудой, как правило, превышающей 50 мкВ, которые четко проявляются при регистрации ЭЭГ в состоянии сна. Для сигма-активности характерно увеличение амплитуды в начале вспышки сигма-ритма и ее уменьшение в конце вспышки. Сигма активность редко наблюдается в присутствии дельта-волн и блокируется в развитой фазе быстрого сна.

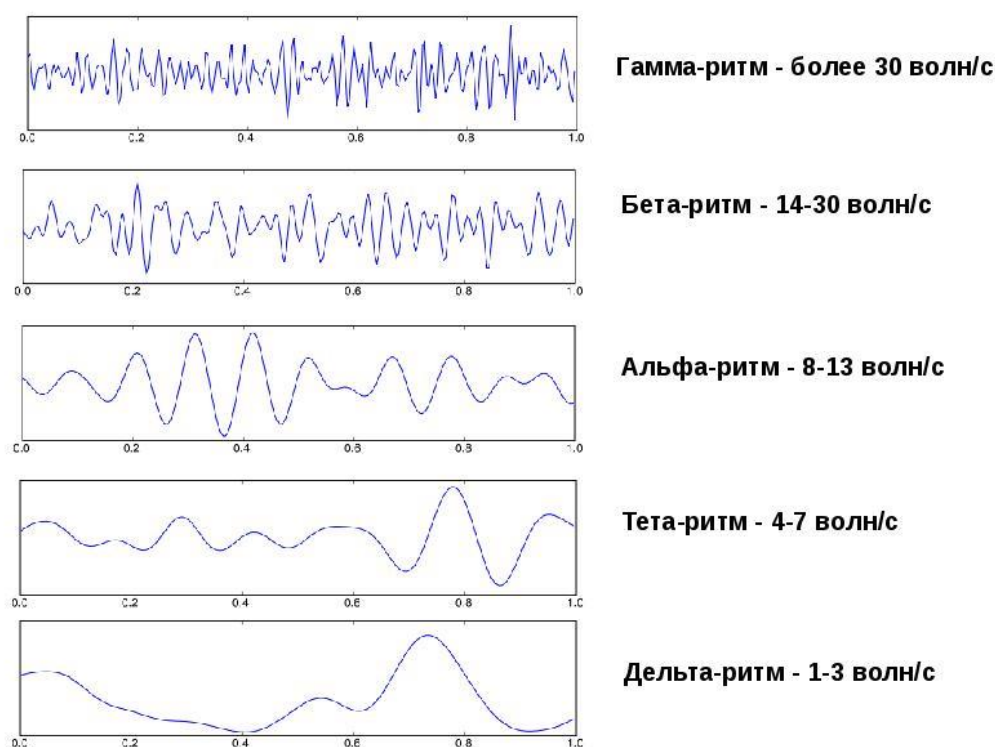


Рис. 2. Основные ритмы ЭЭГ

Лямбда(λ -lambda)волны–колебания, возникающие в задних отделах приследящих движениях глаз.

Каппа (K - kappa)–колебания в альфа-диапазоне с максимумом в передне-височных отделах. Каппа-ритм – ритмические колебания электрического потенциала в частотном диапазоне альфа-или тета-динамики мозга. Природа возникновения каппа-активности до настоящего времени является неизвестна. Этот ритм проявляется во время мыслительной деятельности испытуемых, и даже предполагают, что он может являться артефактом, который связан с движениями глаз.

Пи (π -pi) - медленные колебания (3-4 Гц) в задних отделах мозга, отличающиеся от основного затылочного ритма и не являющиеся его гармоникой.

Фи(ϕ -phi)–медленные колебания дельта диапазона в задних отделах, характерно возникающие при закрытии глаз.

Сигма(σ - sigma)–аналогично«сонным веретенам».

Po (ρ -rho)–аналогичноположительнымзатылочнымострым компонентам.

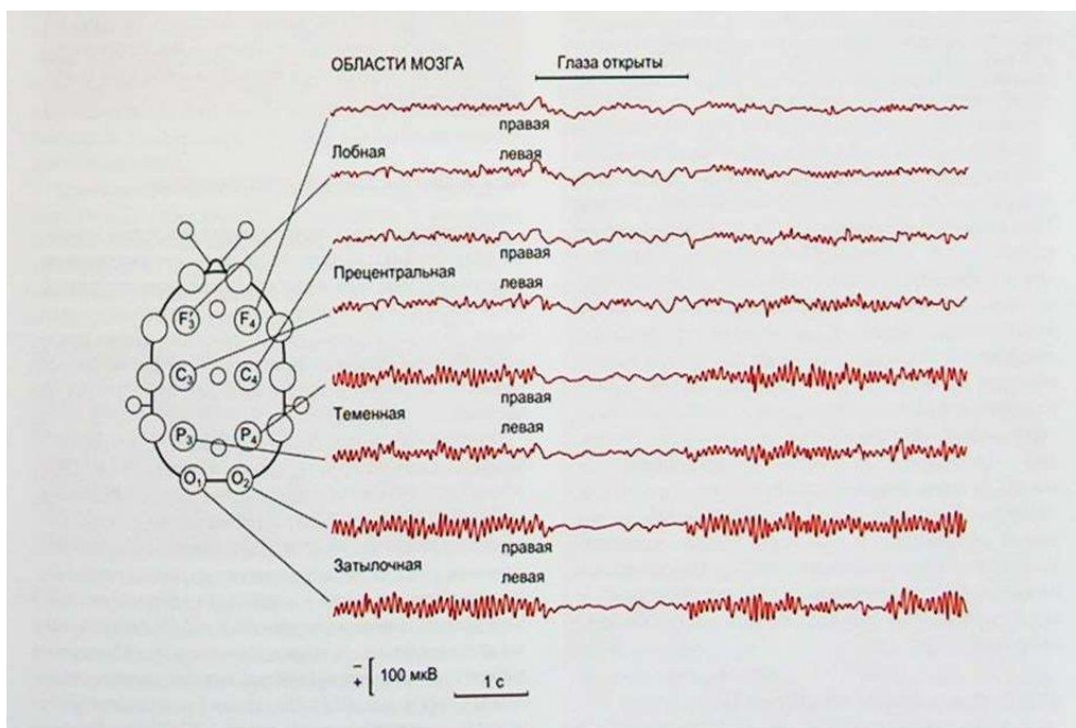


Рис. 3. ЭЭГ здорового бодрствующего человека в состоянии покоя. Одновременное отведение по восьми каналам. При открытии глаз альфа-ритм блокируется

Анализ данных. В ЭЭГ различают волны одной постоянной частоты, называемые ритмом. Тот ритм, который наиболее выражен на данный момент в ЭЭГ ритм является доминирующим. Веретенообразная активность отмечается в случае, если амплитуда волн ритмической активности то возрастает, то падает. Уменьшение амплитуд колебаний потенциалов без изменения их частотной характеристики называют **депрессией** ритма. Синхронизация ритма отмечается при формировании регулярной, упорядоченной ритмической активности и нарастании амплитуды колебаний. Десинхронизацией называется нарушение ритмичности протекания волновых процессов ЭЭГ с замещением упорядоченной синхронной волновой активности колебаниями, менее регулярными, разной частоты и меньшей амплитуды.

Для оценки ритмической активности мозга также определяется амплитуда, т.е. величина колебаний. Амплитуда и частота колебаний взаимосвязаны друг с другом. Амплитуда высокочастотных бета-волн у одного и того человека может быть почти в 10 раз ниже амплитуды более медленных альфа-волн.

Количественная обработка ЭЭГ сигналов включает спектральный, частотно-временной анализы, дающие представление о мощности ЭЭГ (вейвлет-анализ). Количественный анализ и картирование ЭЭГ осуществляется при помощи компьютерных систем, позволяющих использовать математические и статистические методы обработки ЭЭГ.

Математический анализ позволяет более полно охарактеризовать отдельные составляющие ЭЭГ человека. Среди математических методов анализа ЭЭГ выделяется метод вычисления спектров мощности, взаимных спектров и комплексной функции когерентности.

Временной анализ связан с отражением колебаний ЭЭГ и вызванных потенциалов (ВП) на графике, который показывает время на горизонтальной оси, а амплитуда - по вертикальной. Временной анализ применяют для оценки суммарных потенциалов, пиков ВП, эпилептических разрядов.

Частотный анализ делается по группированию показателей по частоте колебаний и отмечается как ритмы с названием букв греческого алфавита. Этот вид анализа позволяет разложить сложную кривую электрической активности мозга на составляющие частотные компоненты и получить спектр биоэлектрических колебаний мозга, выделить и количественно оценить частотные составляющие ЭЭГ, которые при визуальной оценке могут быть незаметны из-за подавления ритма доминирующими колебаниями.

Пространственный анализ оценивает мощность колебаний в ЭЭГ с разных отведений с использованием различных статистических методов обработки при сопоставлении. Наиболее часто применяемый способ — это вычисление когерентности. Когерентность это мера синхронизации ЭЭГ-

активности, зарегистрированная в разных областях черепа. Когерентность отражает корреляцию спектральной мощности ЭЭГ (рис.6), вычисленной для разных электродов в одном и том же частотном диапазоне.

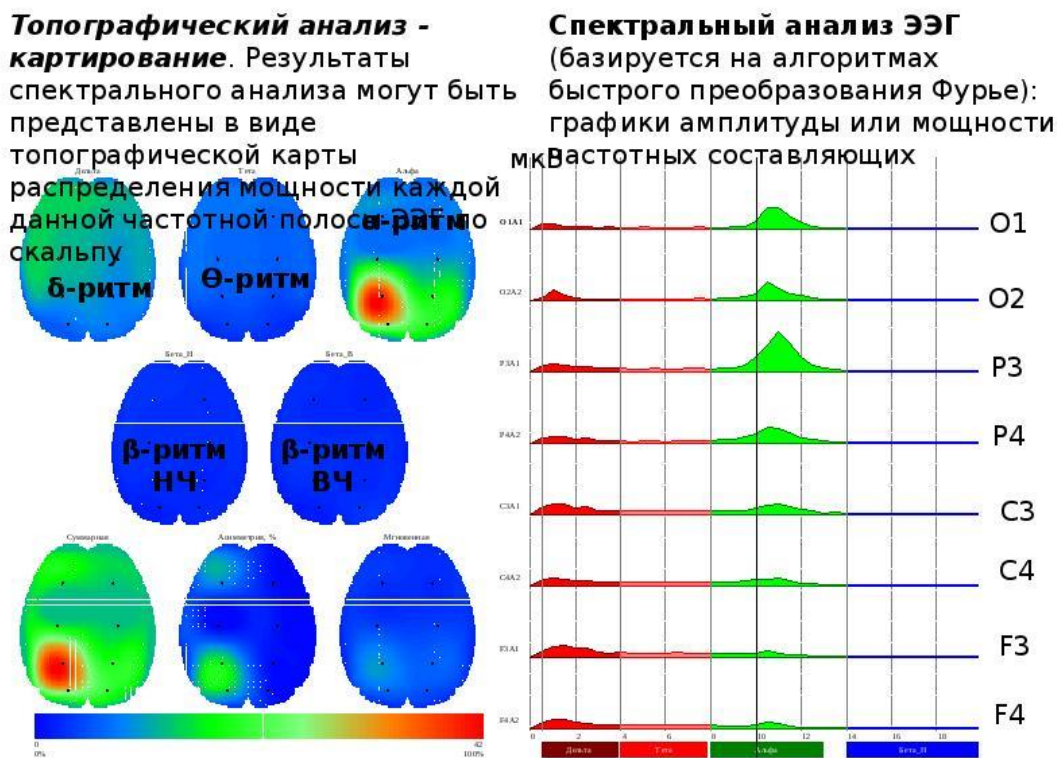


Рис. 4. Спектр активности в соответствии с цветом (зеленым – альфа-ритм, бордовым – дельта, красным – тета, синим – бета)

Спектральный анализ по смыслу близок к описанию частотных характеристик при визуальном анализе (рис.4). Данный анализ позволяет оценить суммарную мощность спектра ЭЭГ, индивидуальную картину различных ритмических составляющих в сложной ЭЭГ, но и их соотношение. Результаты такого представляются в виде графиков спектральной плотности мощности, графиков амплитудных спектров, топографических карт, а также различных количественных показателей в табличном виде. В основе большинства современных компьютерных программ лежит спектральный анализ ЭЭГ на базе дискретного преобразования Фурье с графическим представлением и картированием результатов обработки для всех физиологически значимых диапазонов частот.

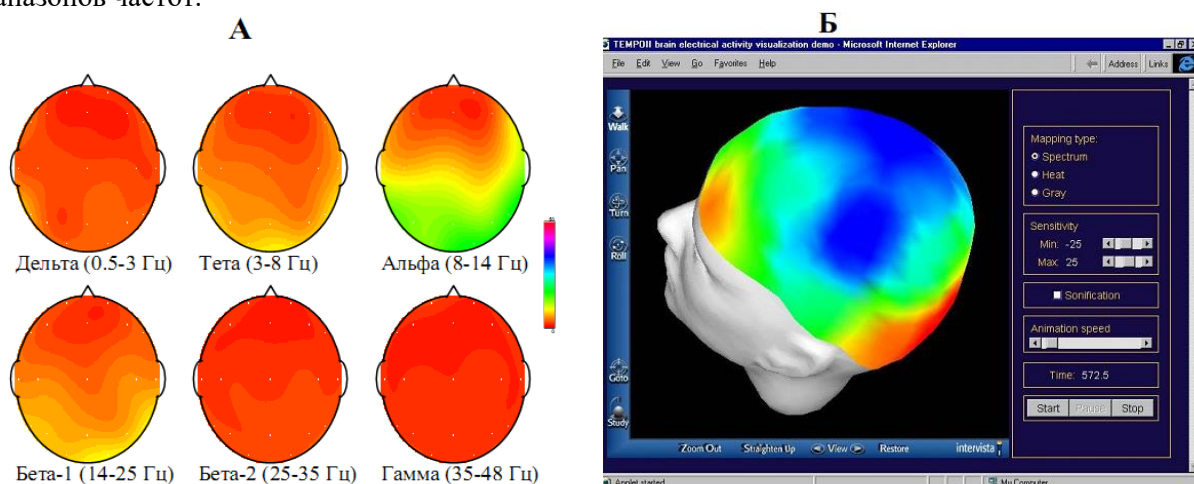


Рис. 5. Пример топографического картирования ритмов ЭЭГ мозга человека. А - двухмерная карта, Б - объемная карта

На топографических картах отражается контур черепа, на котором изображаются определенным цветом ритмы ЭЭГ в текущий момент времени. Так как активность мозга постоянно меняется по ходу обследования, соответственно этому изменяется цветовая композиция на экране. Это дает возможность увидеть динамику визуально (рис.5). Параллельно с наблюдением исследователь получает в свое распоряжение статистические данные, лежащие в основе карт.

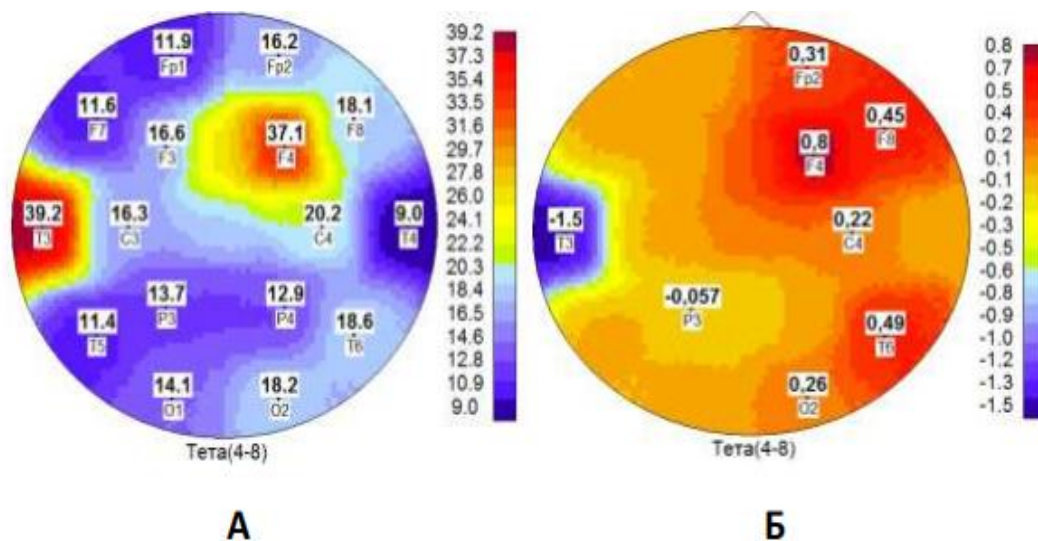


Рис. 6. Фон: А – спектры мощности ЭЭГ в диапазоне тета-ритма, мкВ 2;
Б – асимметрия спектров мощности ЭЭГ

Формирование ритмов и структуры мозга

Между двумя точками мозга, а также между точками мозга и удаленными от него тканями организма возникают переменные разности потенциалов, регистрация и анализ которых отображается на ЭЭГ. Возбуждение нервных клеток возникает в результате процесса их поляризации деполяризации клеточных мембран. В соответствии с избирательной проницаемостью мембраны нейрона в состоянии покоя на наружной стороне мембраны устанавливается положительный заряд, а на внутренней – отрицательный. Возникающие при непрерывно происходящей поляризации деполяризации различных нервных элементов головного мозга биоэлектрические токи взаимодействуют между собой и дают сложную интерференционную кривую ЭЭГ. При воздействии раздражителя начинается формирование потенциала действия и клетка из состояния покоя переходит в состояние возбуждения, на ЭЭГ возникает ВП.

Синхронизированность колебаний нейронных групп является отражением функциональной связи между областями мозга и лежит в основе когерентности. Шеповальникова А.Н. и др. (1995), показали у взрослого человека в состоянии спокойного бодрствования картина устойчивости и стабильности распределения когерентных связей, это объясняется отражением объединения нейрофизиологических и гомеостатических механизмов работы мозга, которая обеспечивает целостность мозговой деятельности.

Когерентность изменяется в диапазоне от +1 (полностью совпадающие формы волны) до 0 (абсолютно различные формы волн). Такая оценка проводится в каждой точке непрерывного частотного спектра или как средняя в пределах частотных поддиапазонов.

Когерентность показывает особенности внутри- и межполушарных взаимоотношений показателей ЭЭГ в покое и при разных видах деятельности. Например, таким образом можно установить доминирующее полушарие для данного вида деятельности испытуемого, наличие устойчивой межполушарной асимметрии и др.

Генератором ритмической активности в диапазоне альфа-ритма является в основном подкорковые структуры, особенно таламуса промежуточного мозга, в котором найдены главные, но не единственные пейсмекеры или водители ритма. Односторонняя экстирпация таламуса или хирургическая изоляция его от новой коры приводит к полному пропаданию альфа-активности в зонах коры прооперированного полушария мозга. Более того, в самом таламусе ритмическая активность не изменяется. Нервные клетки неспецифических ядер таламуса обладают свойством авторитмичности. Эти нейроны через соответствующие возбуждающие и тормозные связи способны образовывать и поддерживать ритмическую активность в коре больших полушарий.

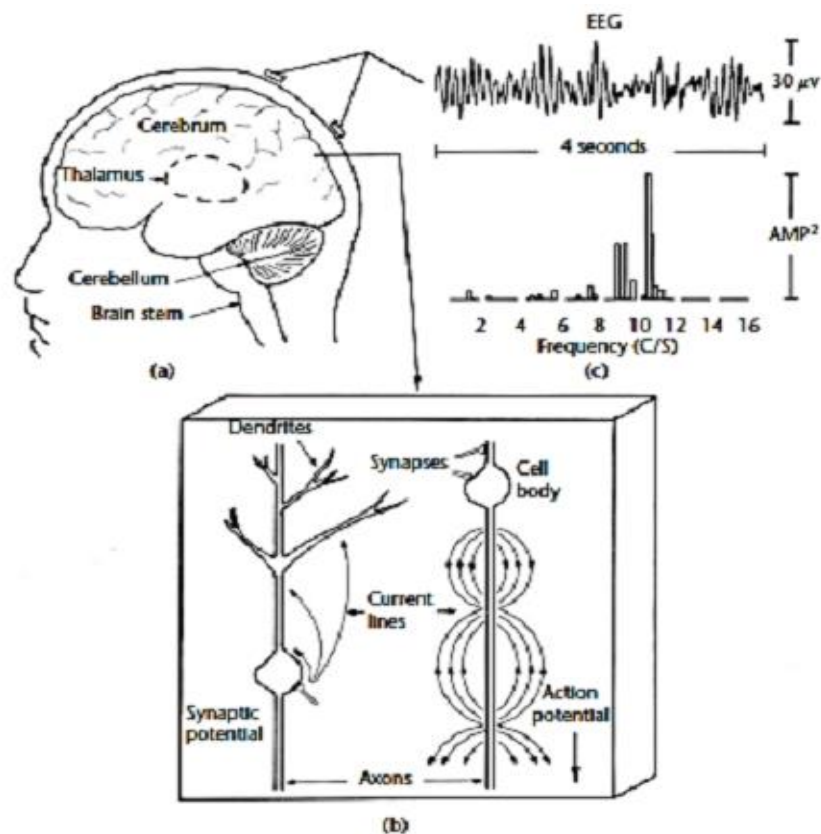


Рис. 7. Регистрация электрических импульсов: а) человеческий мозг, б) участок коры головного мозга, показывающие источники микротока через синаптическую передачу и потенциалы действия, в) 4-секундная эпоха альфа-ритма и соответствующий ей энергетический спектр

В свою очередь, для динамики электрической активности таламуса и коры больших полушарий важную роль имеет ретикулярная формация ствола мозга. Она может оказывать синхронизирующее влияние, т.е. способствующее генерации устойчивого ритмического паттерна, и десинхронизирующее, нарушающее согласованную ритмическую активность.

Запись электроэнцефалограммы обычно проводят в двух условиях -оперативного покоя – глаза открыты и в условиях психосенсорного покоя – глаза закрыты (рис.7).

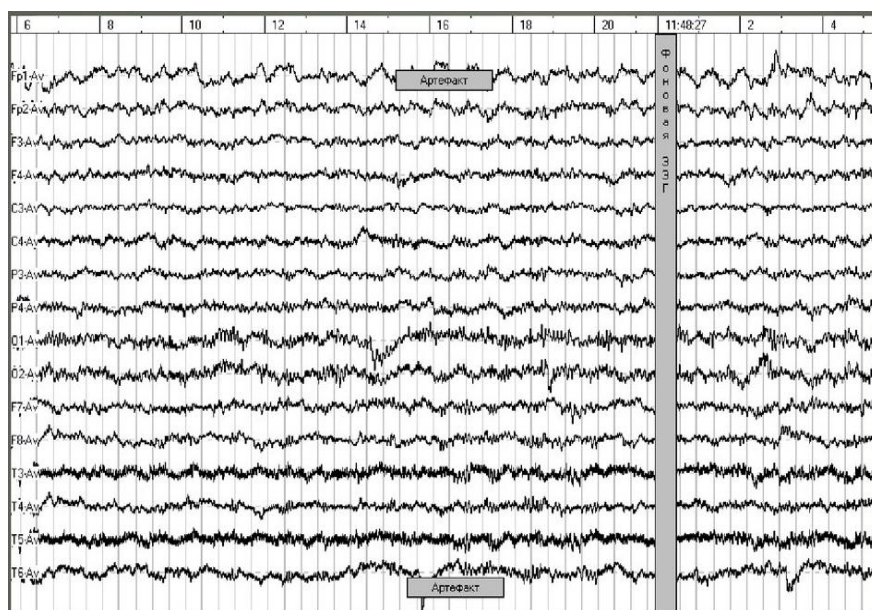


Рис. 8. Активированная норма

В условиях психосенсорного покоя в затылочной области четко регистрируется альфа-ритм частотой 8 - 13 Гц, амплитудой около 50 мкВ (не во время сна) (рис.8). Действие раздражителя (например, звука), переход к какой-либо деятельности при открытых глазах приводит к десинхронизации, т.е. переходу альфа-ритма к бета-ритму с большей частотой (14-30 Гц) и амплитудой 25 мкВ. Такое состояние соответствует реакции десинхронизации ЭЭГ (рис.9).

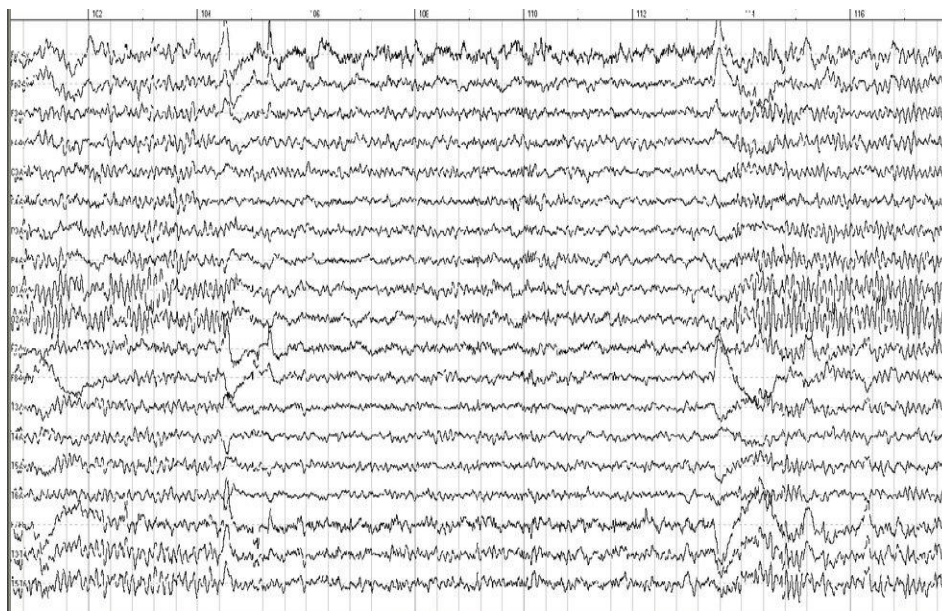


Рис. 9. Реакция десинхронизации

На рисунке 10 видно, как при открывании глаз в задних отведениях альфа-ритм десинхронизируется.

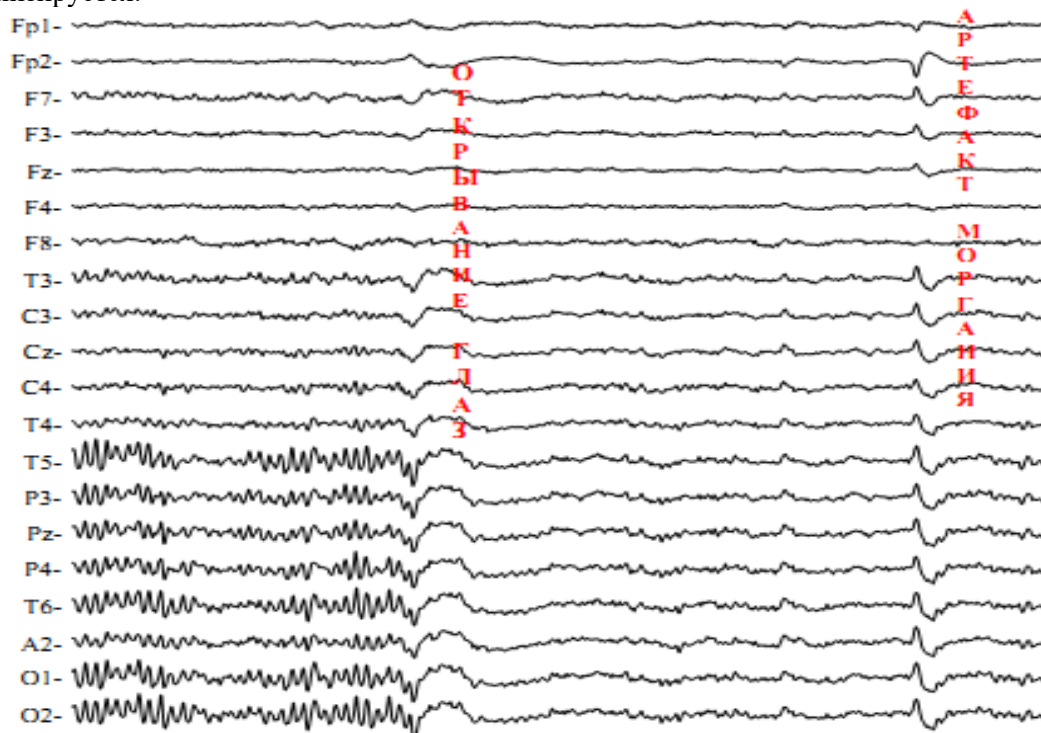


Рис. 10. Изменение внешнего вида альфа-ритма ЭЭГ при выполнении пробы «закрывание-открывание» глаз – депрессия ритма

Параллельно на топографических картах черепа это видно по цветовому изменению (рис.11).

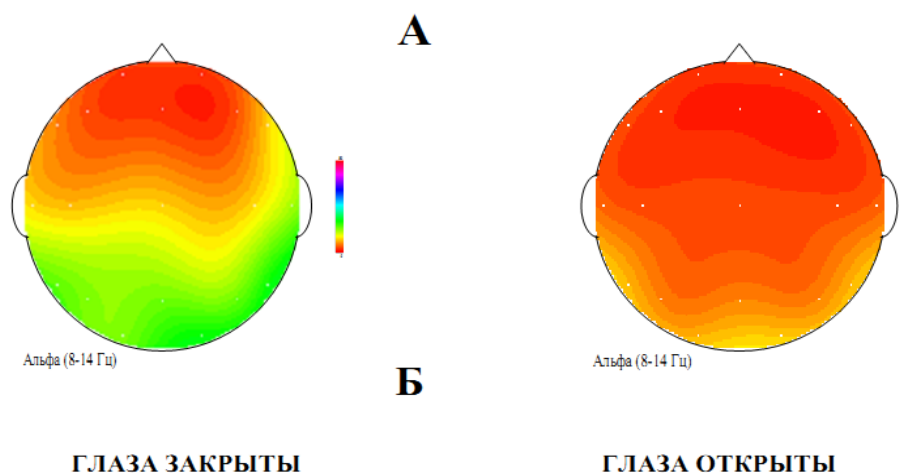


Рис. 11. Топографическая карта мощности альфа-ритма ЭЭГ при выполнении пробы «закрывание-открывание» глаз

При переходе от состояния бодрствования к засыпанию происходит появление тета-ритма (частота 4 — 7 Гц). При дальнейшем засыпании, при глубоком сне, появляется дельта-ритм с частотой 0,5 - 3,5 Гц, амплитудой от 100 до 300 мкВ.

Ритмы ЭЭГ в различных функциональных состояниях

Известно несколько предположений, связанных с функциональной ролью альфа-ритма. Так, основоположник кибернетики Н. Винер и другие исследователи отмечали, что альфа-ритм выполняет функцию временного сканирования ("считывания") информации и тесно связан с механизмами восприятия и памяти. Также известно об отражении альфа-ритмом реверберации возбуждения, кодирующего внутримозговую информацию и создающего оптимальный фон для процесса приема и переработки афферентных сигналов. Своеобразная функциональная стабилизация состояния мозга и обеспечения готовности реагирования отводится данному ритму. Предполагается также, что альфа-ритм связан с избирательным действием механизмов мозга, регулирующих поток сенсорных импульсов.

Широкое распространение получило мнение об альфа-диапазоне ЭЭГ как индикатора сознания и мышления деятельности человека (Bazar E., Schurmann M., 1996; Niedermeyer E., 1997), а также о том, что альфа-ритм десинхронизируется в нижнем и среднем альфа диапазонах в процессах внимания, в частности, с такими как бдительность ("vigilance") и ожидание («expectancy»), в то время как десинхронизация в верхнем альфа диапазоне связывают с усилением мыслительной активности и извлечением информации из семантической памяти (Fumoto M., Sato-Suzuki I., Mohri Y., Hideho A., 2004; Klimesch W., Doppelmayr M., Russegger H. et al., 1998). В литературе уточнено, что альфа активность ЭЭГ частотой именно 10 Гц является маркером оптимального функционального состояния. Именно при данном уровне активности коры полушарий отмечается самая высокая эффективность обработки информации (Архаров Н.А. и др., 2018; Яценко М.В., Кайгородова Н.З., 2017). Трудности оценки также связаны с тем, что параметры альфа-ритма ЭЭГ человека в состоянии относительного покоя характеризуется значительной индивидуальной вариабельностью и индивидуальная устойчивость «фоновых» частотных характеристик ЭЭГ связана с генетическими особенностями (Van Beijsterveldt, van Baal., 2002).

В состоянии покоя в ЭЭГ появляются и другие частоты ритмов, однако их значение правильнее выяснять при изменении функциональных состояний организма (Данилова, 1992). Например, дельта-ритм в состоянии покоя здорового взрослого человека практически не выявляется, зато он доминирует в ЭЭГ на стадии медленно волнового сна или дельта - сна (за это стадия и получила название дельта фаза).

Исследование тета-ритма показало тесную связь его с эмоциональным и умственным напряжением. Отсюда возникло представление тета-ритма как стресс-ритма или ритма напряжения. У человека одним из ЭЭГ симптомов эмоционального возбуждения служит усиление тета-ритма с частотой колебаний 4-7 Гц, сопровождающееся переживанием эмоций любого знака.

При выполнении мыслительных задач усиливаются дельта-ритм и тета-активность. Важным моментом считается связь тета-ритма с правильным решением умственных задач. Происхождение

тэта-ритма связывают с кортико-лимбическим взаимодействием. Предполагается, что усиление этого ритма при эмоциях отражает активацию коры больших полушарий со стороны лимбической системы.

Главным изменением перехода от состояния покоя к состоянию напряжения является реакция десинхронизации, в которой возникает высокочастотная бета-активность. Бета-ритма участник умственной деятельности, но всякой, а только такой, которая имеет элементы новизны, а в стереотипных, повторяющихся умственных действиях показано ее снижение. Успешность выполнения вербальных заданий и тестов на зрительно-пространственные отношения положительно коррелирует с высокой активностью бета-диапазона ЭЭГ левого полушария. Считается, что эта активность связана с отражением деятельности механизмов сканирования структуры стимула, осуществляемой нейронными сетями, продуцирующими высокочастотную активность ЭЭГ.

Методические рекомендации при регистрации ЭЭГ

В настоящее время общепринятыми считаются монополярный и биполярный способы регистрации ЭЭГ. 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, переносица) 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% (рис.12,13) и 10-10%.

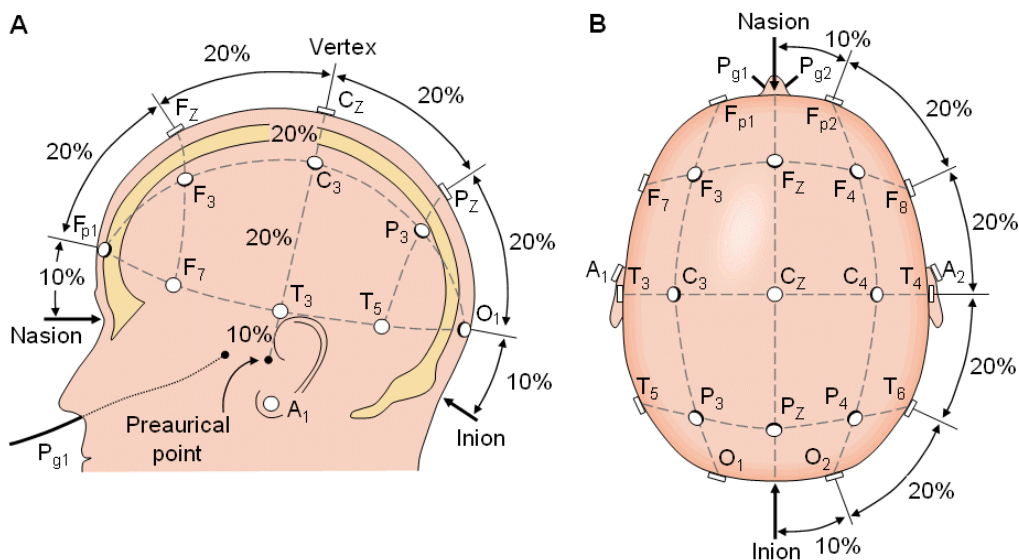


Рис. 12. Международная схема отведений ЭЭГ «10-20%» Г. Джаспера в модификации Юнга

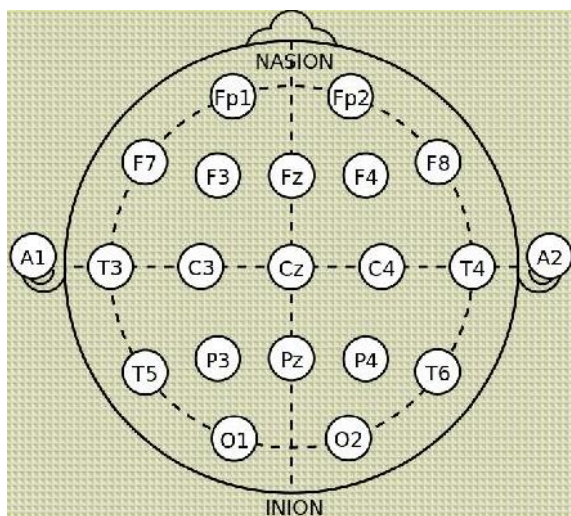


Рис. 13. Схема монтажа электродов 10–20%

Лобные отведения (frontalis) обозначают буквой F, центральные (centralis) – С, теменные (parietalis) – Р, височные (temporalis) –Т и затылочные (occipitalis) – О. Буквой Z — обозначается отведение от верхушки черепа (вертекс). На мочки ушей помещают электроды, обозначаемые соответственно А1 и А2. Нечетные цифровые индексы соответствуют электродам над левым полушарием, а четные – над правым.

Артефакты

Во время записи на ЭЭГ могут возникнуть изменения, связанные с влиянием внешних помех, т.е. артефакты. Различают артефакты по природе происхождения - физиологические и технические. Физиологические артефакты приведены на рисунках 14 и 15.

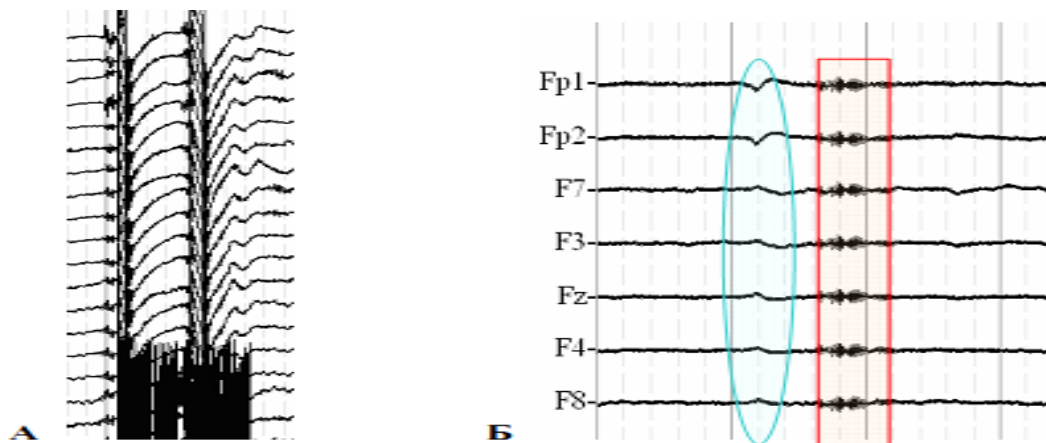


Рис. 14. Примеры артефактов движения. На А – сглатывание слюны, на Б – момент моргания отмечено голубым овалом и миограмма - красным прямоугольником

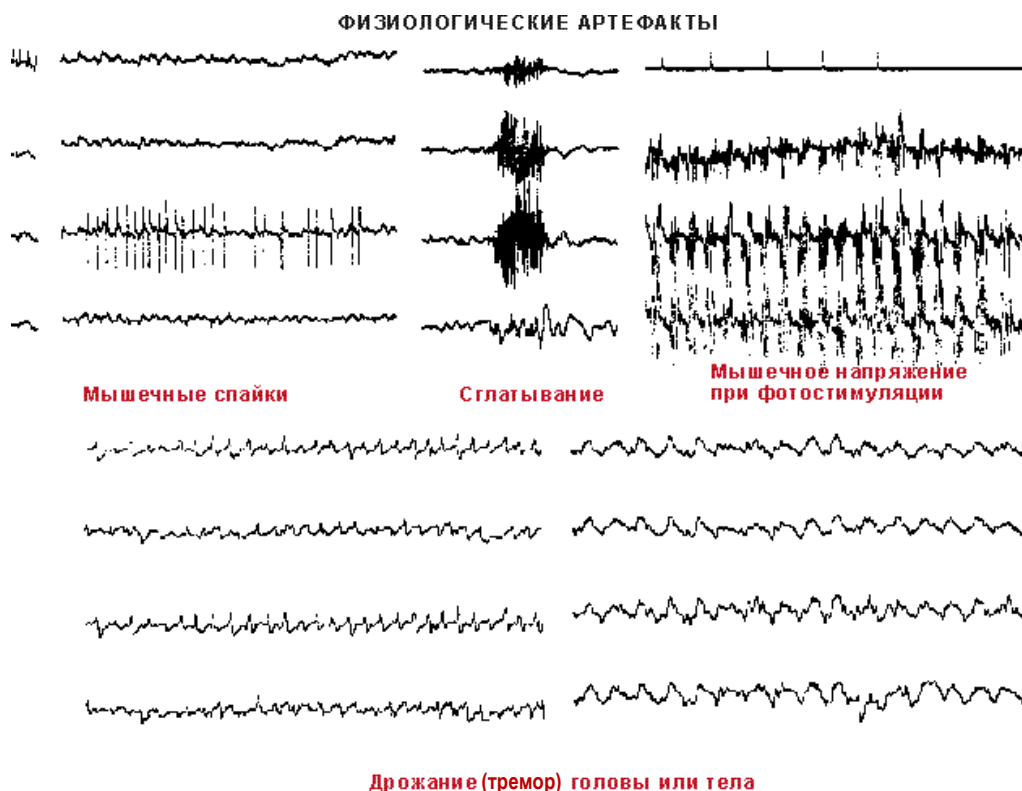


Рис. 15. Примеры физиологических артефактов

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 необходимо устранять, чтобы ЭЭГ была достоверной.



Рис. 16. Расположение при записи ЭЭГ человека

Для получения безартефактной записи ЭЭГ необходимо, расположить испытуемого таким образом (рис.16), что бы ему было удобно в расслабленном положении, сидя в специализированном удобном кресле. В комнате не должно быть посторонних шумов и звуков, экспериментатор должен также не создавать помехи своими движениями. Желательно исключить большое количество источников света и звука. Самое главное – это правильно и хорошо поставить электроды, чтобы они не могли сдвигаться. Если же артефакты оказались в ЭЭГ, их может удалить специальные опции программного обеспечения, во время последующей обработки полученной записи.

Вызванные потенциалы мозга

Классическим способом электрофизиологического изучения процессов, происходящих в мозге, является метод вызванных потенциалов (ВП). Этот метод возник в 50-х гг. 20 в., почти на 20 лет позже ЭЭГ. Разработал метод регистрации ВП английский ученый Dawson (Даусон), применив технику когерентного синхронного накопления, применяемую в радиолокации, для «детектирования слабых сигналов мозга».

Вызванные потенциалы (ВП) – метод исследования функций головного мозга посредством регистрации реакции различных структур нервной системы на внутренние или внешние раздражители (зрительные, звуковые, тактильные) или в связи с какими-либо эндогенными событиями в головном мозге, связанными с опознанием, ожиданием, принятием решения, инициацией двигательного ответа.

К эндогенным ВП относят, например, негативную волну ожидания (CNV-contingent negative variation), ВП на резко отличающийся от серии стимулов одиночный сигнал – негативность рассогласования (англ. MMN – mismatch negativity), когнитивный ВП (P300) и др.

В соответствии с этим ВП часто разделяют на экзогенные и эндогенные.

Биоэлектрические колебания, возникающие в нервных структурах в ответ на раздражение находятся в строго определенной временной связи с началом его действия. У человека ВП обычно включены в ЭЭГ, но на фоне спонтанной биоэлектрической активности трудно различимы, поскольку амплитуда одиночных ответов в несколько раз меньше амплитуды фоновой ЭЭГ. В связи с этим регистрация ВП осуществляется специальными техническими устройствами, которые позволяют выделять полезный сигнал из шума путем последовательного его накопления, или суммации. При этом суммируется некоторое число отрезков ЭЭГ, приуроченных к началу действия раздражителя.

В настоящее время метод регистрации ВП стал одним из ведущих в изучении ряда важнейших функций мозга в норме и патологии, используется для тестирования состояния различных сенсорных систем и получения данных о функциональной организации нервной системы.

Широко применяется метод ВП в клинической диагностике для прогнозирования развития таких заболеваний как инсульт, опухоли головного мозга, рассеянный склероз и др. Особенно эффективен метод ВП в тех случаях, когда контакт с пациентом затруднен, например, при обследовании маленьких детей, при исследовании больных с нарушениями сознания.

Методы выделения ВП

Регистрация ВП также проводится с помощью электродов и усилителей как и для обычной записи ЭЭГ. В ходе регистрации ЭЭГ на фоне спонтанной электрической активности мозга появляются вызванные стимулом колебания, которые и являются ВП.

Выделение ВП на фоне ЭЭГ достаточно сложно, поскольку амплитуда ВП во много раз меньше амплитуды ЭЭГ и они плохо различимы, а также затрудняет анализ ВП наличие артефактов (например: напряжение мышц, движения глаз).

В связи с этим, чаще всего применяется метод синхронного (когерентного) усреднения нескольких десятков записей ЭЭГ. Также используется другой метод - синхронного накопления. Эти методы идентичны, поскольку основываются на многократных повторениях стимула, вызывающих повторные аналогичные реакции, тогда как спонтанная активность и другие колебания, относящиеся к шуму, являются случайными.

Суть методики синхронного накопления заключается в суммировании по амплитуде отрезков ЭЭГ, следующих за подачей очередного стимула. В результате связанные со стимулом колебания ВП накапливаются синфазно и дают прирост амплитуды. Колебания спонтанной ритмики при суммации попадают друг относительно друга в случайные фазы, в связи с этим они увеличиваются по амплитуде значительно медленнее.

Суммированные амплитуды ответов затем делятся на число суммаций и выделяются среднестатистические показатели, это все делается в программе в современных устройствах регистрации ЭЭГ.

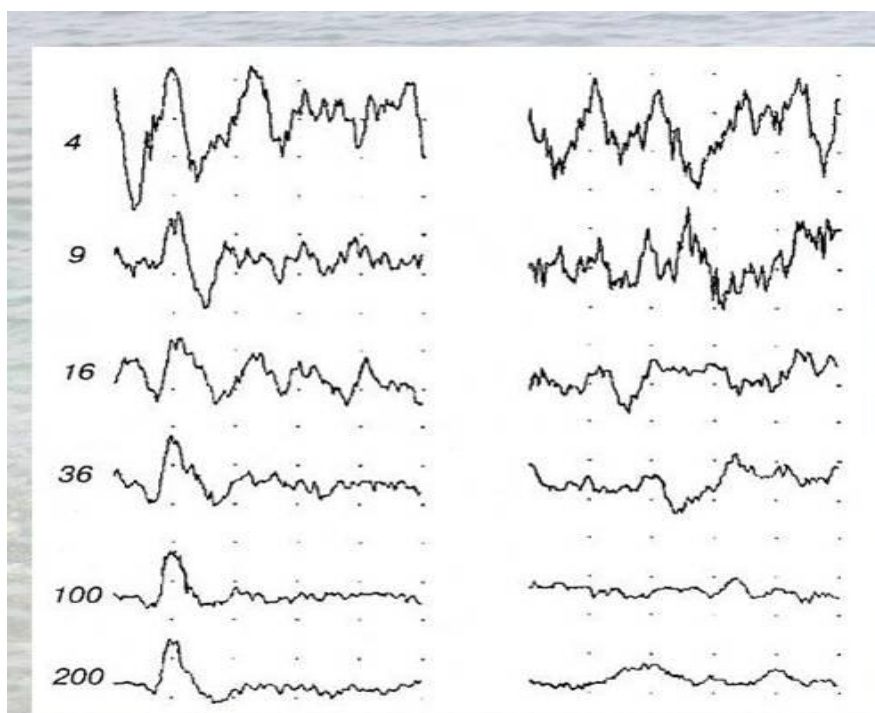


Рис. 17. Усреднение относительно момента включения стимула, справа – относительно случайных моментов времени

На рис. 17 показано усреднение относительно момента включения стимула, справа – относительно случайных моментов времени. Цифрами отмечено число усредненных записей, видно, что по мере усреднения ВП проявляется все более отчетливо, а спонтанные колебания ЭЭГ взаимно уничтожаются.

Компоненты усредненного ВП часто принято обозначать по полярности: отрицательное отклонение потенциала от нулевой линии обозначается как негативный пик и обозначается латинской буквой N (negative), положительное как позитивный - P (positive).

Компоненты ВП обозначаются несколькими способами:

1. Латинскими буквами с индексами, которые обозначают среднюю латентность компонентов в миллисекундах: N75, P100, N125, P160 и т.д. (рис.18).

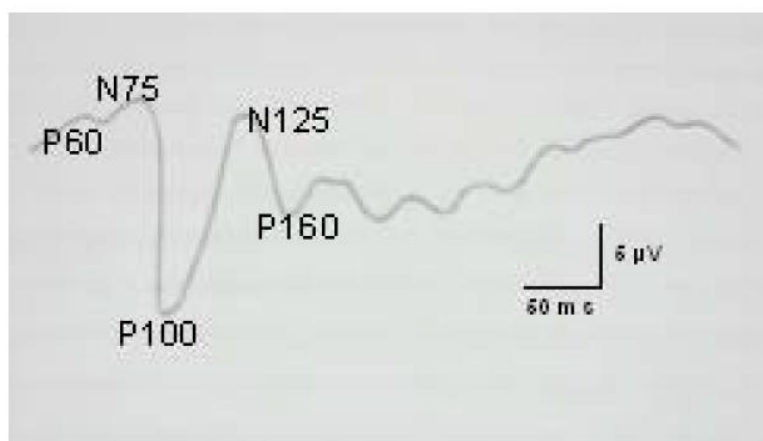


Рис. 18. Компоненты ВП, обозначенные латинскими буквами с индексами

2. Латинскими буквами с номерами в виде индексов: N1, P1, N2, P2, N3, P3 и т.д. (рис.19).

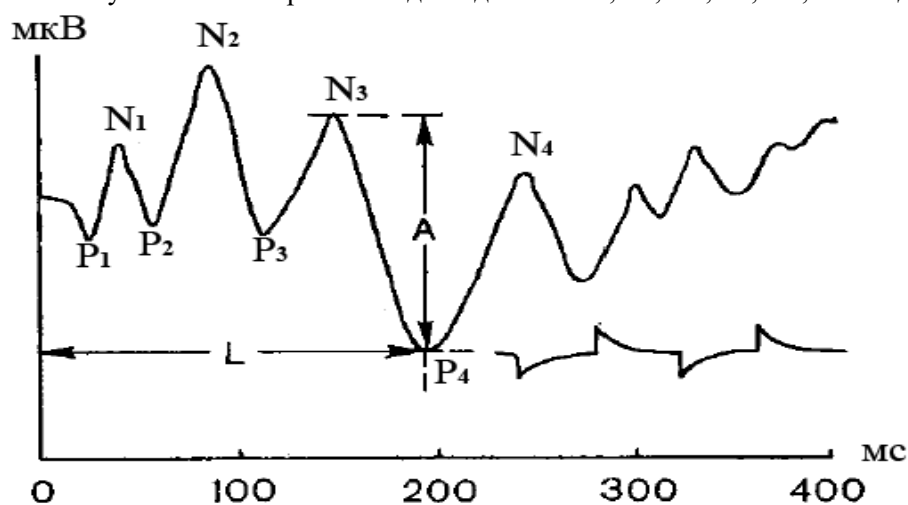


Рис. 19. Компоненты ВП, обозначенные латинскими буквами с номерами в виде индексов

3. Римскими цифрами в порядке возникновения: I, II, III, IV и т.д. (рис.20).

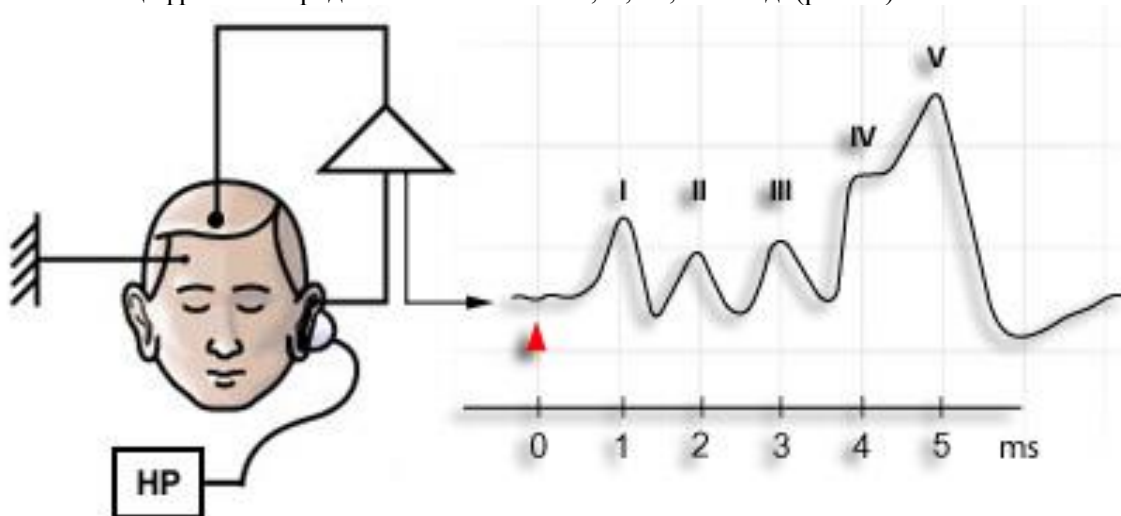


Рис. 20. Компоненты ВП, обозначенные римскими цифрами

По времени возникновения компоненты выделяют ранние и поздние ВП. В звуковых вызванных потенциалах ранними считают компоненты до 100 мс, а поздними - с латентностью свыше 100 мс (рис. 21).

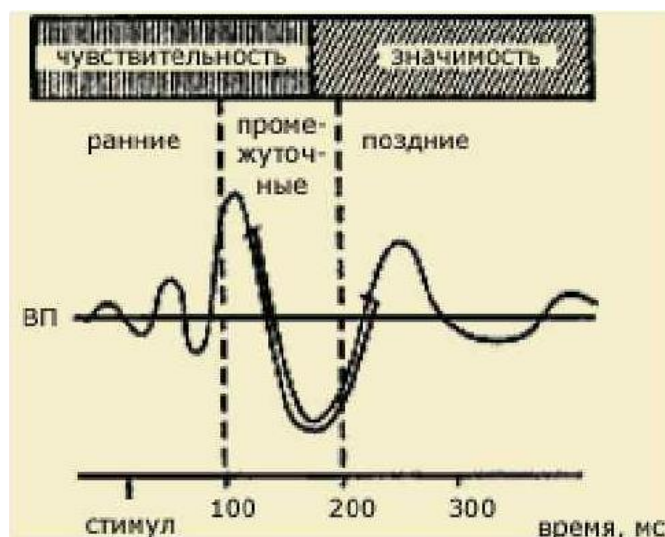


Рис. 21. Компоненты ВП

Зрительные вызванные потенциалы

Типичный экзогенный ВП – это классический зрительный вызванный потенциал. Для выделения зрительного вызванного потенциала используют различные условия стимуляции, например, вспышку света, реверсивный шахматный паттерн и др. (рис.22,23). Обычно число усреднений, необходимых для выделения компонентов зрительного вызванного потенциала, составляет 50-100.

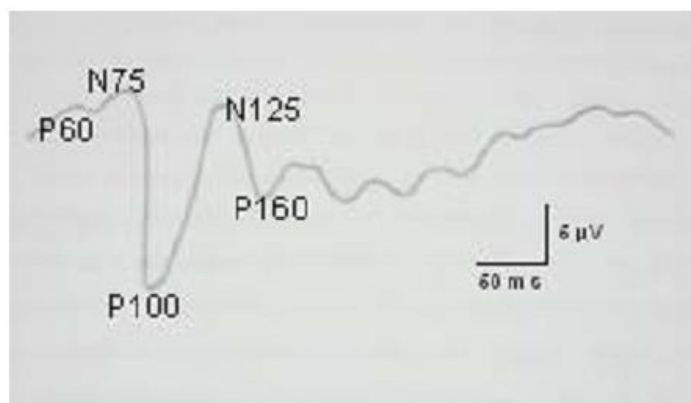


Рис. 22. Зрительный ВП на вспышку при бинокулярной стимуляции. P60, N75, P100, N125, P160 – компоненты зрительного ВП

Компоненты вызванных потенциалов оценивают по параметрам пиковой латентности и амплитуды. Пиковая латентность (измеряется в мс) – время от момента подачи стимула до максимума компонента, амплитуда (измеряется в мкВ) – определяется либо от нулевой линии, либо от максимума предыдущего компонента (этот способ измерения называется «от пика до пика»).

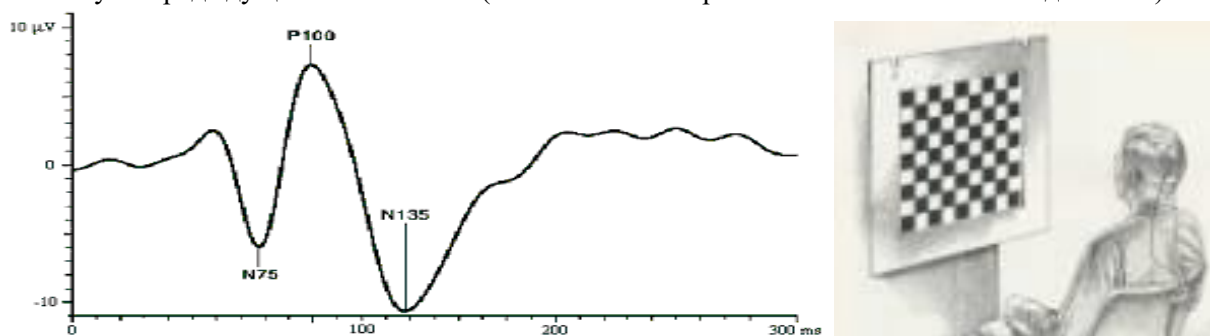


Рис. 23. Зрительный ВП на реверсивный шахматный паттерн

В норме у взрослых средний показатель латентности зрительного ВП на реверсивный шахматный паттерн основного пика P100 составляет $100,3 \pm 3,2$ мс, амплитуда - $9,8 \pm 3,1$ мкВ

(измеренная между пиками N75 и P100). Верхняя граница нормы латентности для женщин составляет 102 мс, для мужчин – 114 мс.

На выраженность отдельных компонентов зрительного ВП человека оказывают влияние темновая адаптация и параметры стимуляции (цветность, яркость стимула, расположение электродов).

Известны также исследования по ВП в состоянии гипоксии. ЦНС человека в целом и, прежде всего, кора головного мозга, обладают повышенной чувствительностью к недостатку кислорода (Баевский Р.М. и др, 2012; Сороко С.И., и др., 2005; DeKloet E.R., Joels M., Holsboer F., 2005). Есть данные о том, что в ходе развития острого гипоксического состояния нейроны коры реагируют даже на слабые колебания уровня кислорода в спинномозговой жидкости. В случае значительного снижения напряжения кислорода в тканевой жидкости, в мозговой ткани возникают грубые и необратимые изменения (Шаов М.Т. и др., 2002; LaManna J.C., Chavez J.C., Pichiule P., 2004). В связи с этим регистрация ВП в состоянии гипоксии поможет определить источник этих потенциалов.

Когнитивный вызванный потенциал

Также известны исследования по ВП в состоянии когнитивной деятельности. Когнитивный вызванный потенциал (КВП) или компонент Р 300 относится к эндогенным вызванным потенциалам. Когнитивный вызванный потенциал это компонент Р 300 или Р 3 (рис.24).

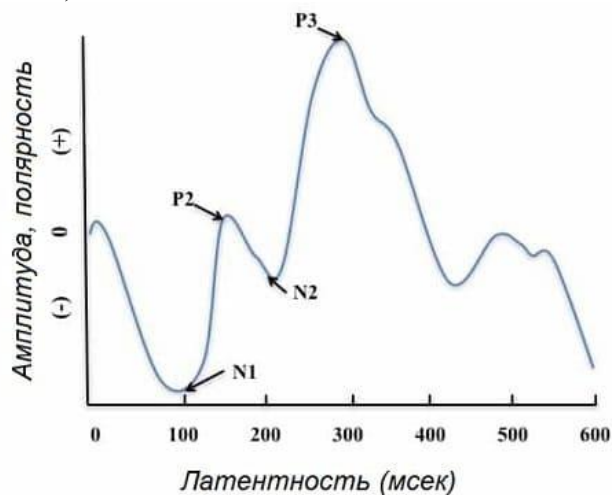


Рис. 24. ВП Р300

Электрофизиологические компоненты этого потенциала непосредственно связаны с процессами восприятия, обработки и анализа поступающей информации. Они характеризуют опознание, дифференцировку, запоминание стимулов. Весьма чувствительны, отражают изменения сознания, меняются на фоне расстройства функциональной активности мозга, нарушений внимания, эмоционального фона.

При обработке ответа на «значимые» стимулы, в вызванном потенциале формируется высокая позитивная волна с пиковой латентностью приблизительно 300 мс. Это и есть когнитивная составляющая часть ответа. Она обусловлена процессами опознания, дифференцировки, запоминания и принятия решения.

По мнению некоторых авторов, генерируют компонент Р300 таламус, гиппокамп, лобные доли, теменная область коры головного мозга, подкорковые структуры. Предполагают, что компонент N2 (негативная фаза) отражает процессы, происходящие в височной области. Вероятно, при участии теменных долей, так проходят процессы опознания стимулов. Пик Р300 совпадает с активацией лобных долей.

Процедура регистрации и анализа ВП, компонента Р 300, – безопасный и информативный метод ранней диагностики когнитивных нарушений человека, а также полезный метод для научной работы.

Глава 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Работа № 1. Регистрация энцефалограммы человека

Метод электроэнцефалографии в историческом аспекте развивался на основе визуального анализа энцефалограммы. Конечно, у ученых клиницистов возникло потребность в оценке ЭЭГ с помощью статистических количественных показателей с применением методов математического анализа.

С появлением в медицине цифровых компьютеризированных программ стало возможным оценивать электрическую активность на более новом, научном уровне. Современные методы компьютерной обработки электроэнцефалограммы позволяют анализировать различные ЭЭГ-участки, просматривать этот участок кривой в увеличенном размере, проводить оценку по амплитуде и частоте, визуализировать полученные данные в виде карт, цифр, графиков, диаграмм.

Цель лабораторной работы: научиться правильной постановке электродов и записи ЭЭГ.

Для выполнения лабораторной работы по регистрации ЭЭГ используют электроэнцефалограф, аналого-цифровой преобразователь и персональный компьютер. В нашей лаборатории используется комплексная электрофизиологическая установка системы Нейрон-Спектр (ООО «Нейрософт», Россия), предназначенная для регистрации и анализа фоновой электроэнцефалограммы и слуховых, зрительных и когнитивных вызванных потенциалов (ВП). Данная установка дает возможность исследования и диагностики центральной нервной системы (ЦНС).

Запись ЭЭГ осуществляется либо монополярно, либо биполярно, используя неполяризующиеся хлорсеребряные электроды от 8 энцефалографических отведений, установленных в соответствии с международной схемой 10-20%. Референтным электродом являются ушные электроды (A1, A2).

Ход работы:

Задание 1.

Поместите испытуемого в удобном кресле, в комнате, где отсутствуют лишние раздражители (шум, движение и т.п.). Наденьте на его голову шлем для электродов так, чтобы он прилегал к голове плотно, но не давил и не причинял неудобств. Далее освободите от волос место постановки электродов, раздвинув их. Ваткой, смоченной спиртом обезжирьте кожу под электродами. В углубления шлема для постановки электродов нанесите специальный электропроводный гель, далее установите электроды под резинками шлема. Закрепите клипсы референтных электродов на мочках ушной раковины.

Подключение электродов к коммутационному блоку электроэнцефалографа проводится согласно маркировке, а также еще раз удостоверьтесь в правильности установки каналов на панели электроэнцефалографа. Измерьте уровень переходного сопротивления электродов, оно не должно быть выше 5 кОм. Точки под электродами должны быть зеленого (или желтого) цвета, если они красные, необходимо исправить наложение электрода в соответствующей точке. Это будет видно на рисунке монтажа схемы наложения.

При регистрации записи ЭЭГ следите за наличием выраженных артефактов в ЭЭГ, которые необходимо убрать. Еще раз убедитесь в полной тишине в лаборатории, испытуемый не должен совершать никаких движений, кроме естественных движений (моргание, дыхание, глотание), совершаемые в естественном ритме. После регистрации калибровочного сигнала начните регистрацию ЭЭГ.

Задание 2.

В ходе регистрации ЭЭГ в состоянии покоя выполните функциональные пробы «открывания» и «закрывания» глаз, которые обозначьте соответствующими маркерами. Специально проделайте пробы с демонстрацией физиологических артефактов, т.е. во время записи ЭЭГ испытуемый последовательно выполняет ряд действий, приводящих к появлению артефактов, например, напрячь жевательные мышцы, мышцы шеи, поморгать, совершить движения глазами, глотательные движения, движения головой и руками.

По окончании регистрации сохраните запись на компьютере в отдельной папке, с указанием ФИО студента.

Отсоедините электроды от шлема на голове испытуемого. Промойте многоразовые электроды в проточной и дистиллированной воде. Разложите их для просушки.

Проведение функциональных проб

Проба с открыванием и закрыванием глаз

Регистрируйте ЭЭГ испытуемого в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами, во время записи визуально оцените выраженность различных ритмов в ЭЭГ данного испытуемого и особенности ЭЭГ в различных отведениях. Изучите фрагмент фоновой записи на рис. 25.

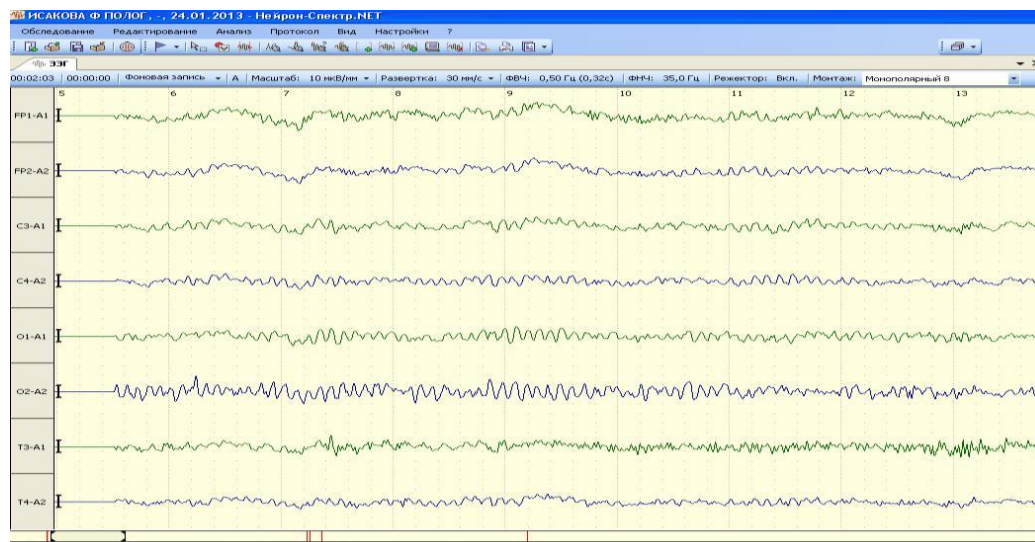


Рис. 25 Фрагмент фоновой записи (ФЗ) ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами

В ходе записи ЭЭГ испытуемого периодически просят открыть и через 10 с - закрыть глаза. Момент открывания и закрывания глаз обозначают специальными маркерами (рис.26), изменения на ЭЭГ при открывании и закрывании глаз проанализируйте. Проба с открытием глаз позволяет оценить реактивность регистрируемых ритмов. Продолжительность пробы составляет 15-20с. При открывании глаз обычно происходит подавление основного затылочного ритма-ритма, при этом на остальные ритмы открытие глаз не оказывает значительного влияния. Также обратите внимание на симметричность изменений α -ритма в обоих полушариях. Отсутствие изменений в α -колебаниях при открытии глаз может указывать на корковую или подкорковую патологию.

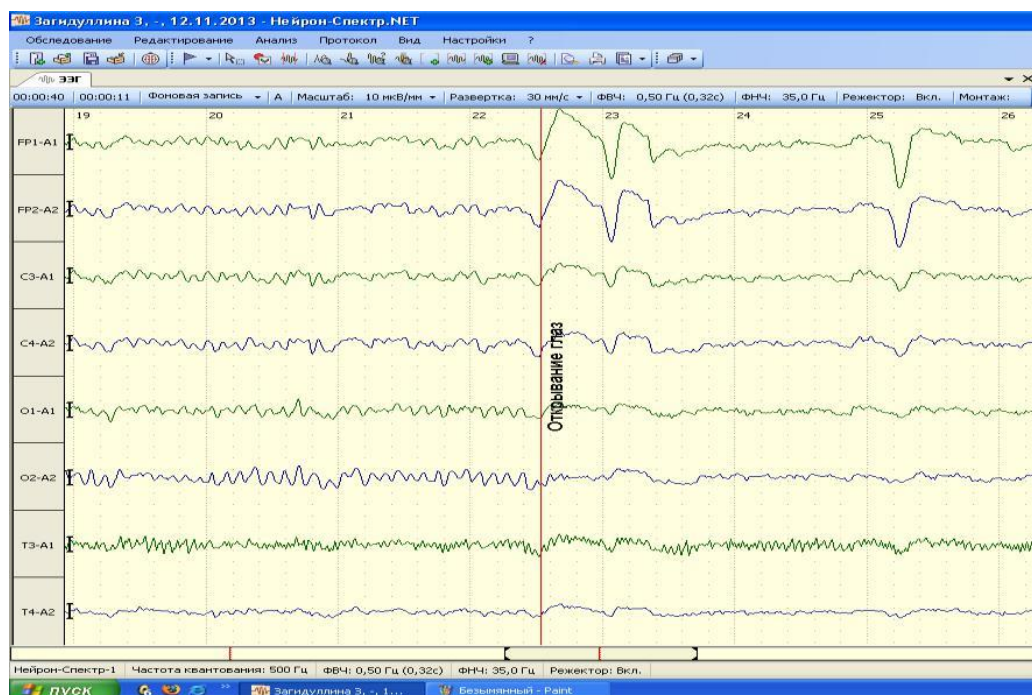


Рис. 26. Фрагмент записи ЭЭГ: проба «Открывание глаз»

В лобном отведении (Fr1-Fr2) регистрируются высокоамплитудные волны – это артефакт, связанный с движением век; в затылочном отведении (O1-O2) – угнетение (депрессия) альфа-ритма при открывании глаз. В височном отведении (T3) наблюдается наложение мышечных сокращений.

Фотостимуляция

Фотостимуляция заключается в подаче на глаза испытуемого частых световых вспышек, которые активируют мозговые потенциалы. Ритмическая фотостимуляция (РФС) осуществляется в подаче световых мельканий фиксированной частоты от 5 до 30 Гц сериями по 10-20 с паузами в 7-10 с между разными частотами. Такая процедура проведения ритмической фотостимуляции обеспечивает непосредственную диагностику феномена фоточувствительности у данного испытуемого.

В клинических исследованиях вспышки света чаще подают на закрытые глаза обследуемого при расстоянии лампы от глаз 25-30 см, хотя возможна подача стимулов и на открытые глаза (в зависимости от сложившейся в конкретной лаборатории методики обследования).

Фоностимуляция

Фоностимуляция - заключается в подаче звуков разной частоты и интенсивности. Специальные фоностимуляторы позволяют давать тон требуемой высоты (обычно от 20 Гц до 16 кГц) и интенсивности, измеряемой в децибелах (дБ). Некоторые системы стимуляторов позволяют давать ритмические серии звуковых щелчков различной громкости.

Гипервентиляция

Гипервентиляция – проба, при которой испытуемому предлагается глубоко и ритмично дышать в течение 3 мин. Глубина вдоха и полнота выдоха должны быть максимальными, это легко сделать, представив, что вы надуваете мяч или шарик. Однако при этом, частота дыхания должна быть не очень высокой (примерно 16-20 дыхательных в 1 мин). При слишком частом дыхании оно становится поверхностным и приводит к гиповентиляции, вместо гипервентиляции, т.е. к снижению минутного объема дыхания.

Регистрацию ЭЭГ начинают хотя бы за 1 мин. до начала гипервентиляции и ведут в течение всей гипервентиляции и еще не менее 3 мин. после ее окончания, когда и наблюдаются значительные изменения и проявления имеющихся патологий, которые регистрируются на записи.

При гипервентиляции изменения ЭЭГ нарастают постепенно и носят последовательный характер. Гипервентиляция приводит к изменению частотных характеристик, пространственной организации ритмов в виде замедления ритмики ЭЭГ, появления или усиления эпилептиформной активности. Имеет значение симметричность изменений. Вероятность появления высокоамплитудных разрядов медленных колебаний у детей и подростков выше, чем у взрослых. Характер изменений ЭЭГ во время гипервентиляции зависит от разных причин: режима гипервентиляции, индивидуальной чувствительности к гипокапнии, возраст испытуемого (наиболее чувствительны к развитию гипокапнии дети младше 12 лет). У здоровых людей гипервентиляция значительных изменений на ЭЭГ не вызывает, наблюдается лишь депрессия α -ритма или увеличение его амплитуды, появление эпизодов медленной активности.

Эта проба проводится обычно в конце всего исследования.

Проба с предъявлением резкого громкого звука.

При записи ЭЭГ в состоянии покоя испытуемый находится в спокойном состоянии, состоянии расслабления, с закрытыми глазами, рядом с ним неожиданно нужно подать громкий звук, например, хлопнуть в ладоши или крикнуть. Визуально оценить изменения в записи в момент подачи сигнала.

Проба с устным счетом.

Испытуемому дается задание: умножать в уме два двузначных числа (например, $12 \cdot 15$) и сообщить экспериментатору результат. Если задание выполняется легко - быстрее 16-ти секунд, необходимо повторить пробу (например, $23 \cdot 42$). Визуально оценивают изменения на записи.

Проба с составлением рассказа.

Испытуемому дается задание составить рассказ, все слова которого начинаются на одну, заданную экспериментатором, букву. ЭЭГ записывается в течение минуты, после этого испытуемый озвучивает составленный им рассказ. Изменения в записи ЭЭГ можно наблюдать визуально.

Проба с воображаемым движением.

Испытуемому предлагают представить, что он забивает мяч в ворота сначала 10 раз правой ногой, а затем 10 раз левой ногой. ЭЭГ регистрируют во время мысленного выполнения движений. Далее нужно сравнить результаты при воображаемых ударах правой и левой ногой.

С помощью кнопки «Настройка списка функциональных проб» вы можете добавить в список другие функциональные пробы. При записи функциональных проб в автоматическом режиме каждая

проба из списка будет регистрироваться в течение времени, определенного в ее настройках. При записи выбранной функциональной пробы она будет регистрироваться до тех пор, пока не будет остановлена запись или не начнется регистрация следующей пробы. Начать регистрацию следующей функциональной пробы из списка вы также можете с помощью соответствующей кнопки на панели инструментов «Регистрация» или сочетания клавиш [Alt+N]. Во время регистрации функциональной пробы в соответствующей строке отображается время текущей пробы. Записанные пробы отмечаются в списке зеленым цветом.

Ход работы:

Запустите на компьютере программу «Нейрон-Спектр.NET» дважды нажав левую кнопку мыши, наведя указатель мыши на ярлык программы  на рабочем столе. При этом электроэнцефалограф должен быть подключен к USB-порту компьютера. После запуска программы на экране появится главное окно программы (рис. 27), которое имеет традиционную структуру для приложений Windows. 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.

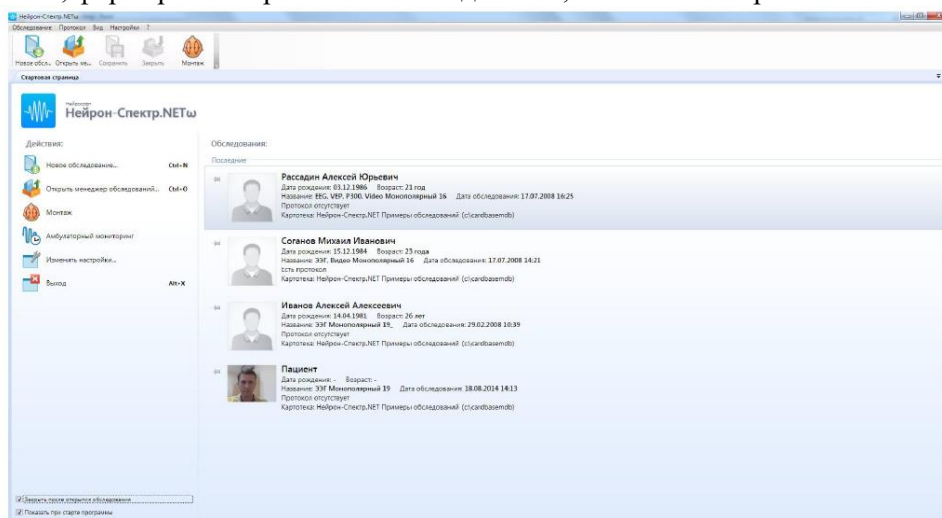


Рис. 27. Главное окно программы «Нейрон-Спектр.NET»

В главном окне программы нажмите кнопку  **Новое обследование** на панели инструментов или воспользуйтесь пунктом главного меню **Обследование|Новое...** (рис. 28.).

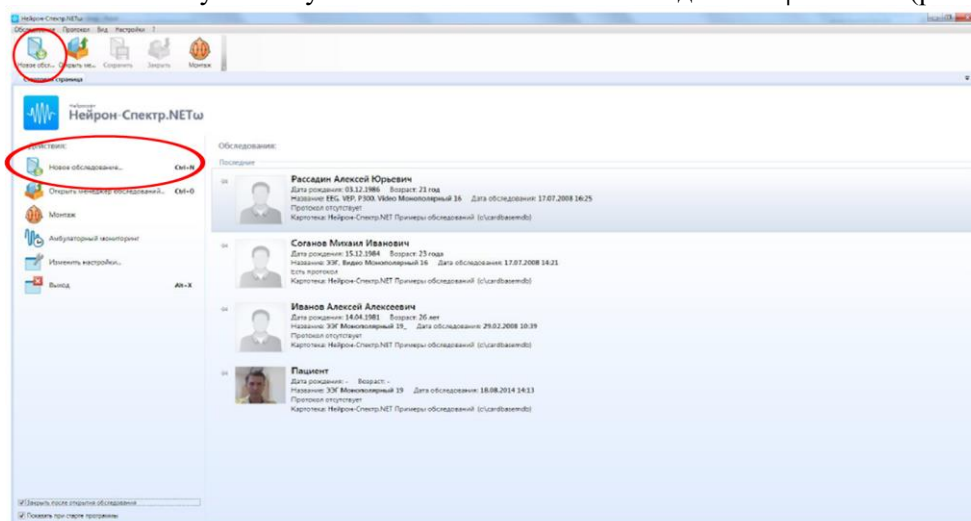


Рис. 28. Выбор нового обследования

В открывшемся окне занесите данные испытуемого (рис. 29) и нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 29. Ввод данных о пациенте

После загрузки параметров регистрации в главном окне программы нажмите кнопку **Импеданс** или кнопку  на панели инструментов (рис. 30).

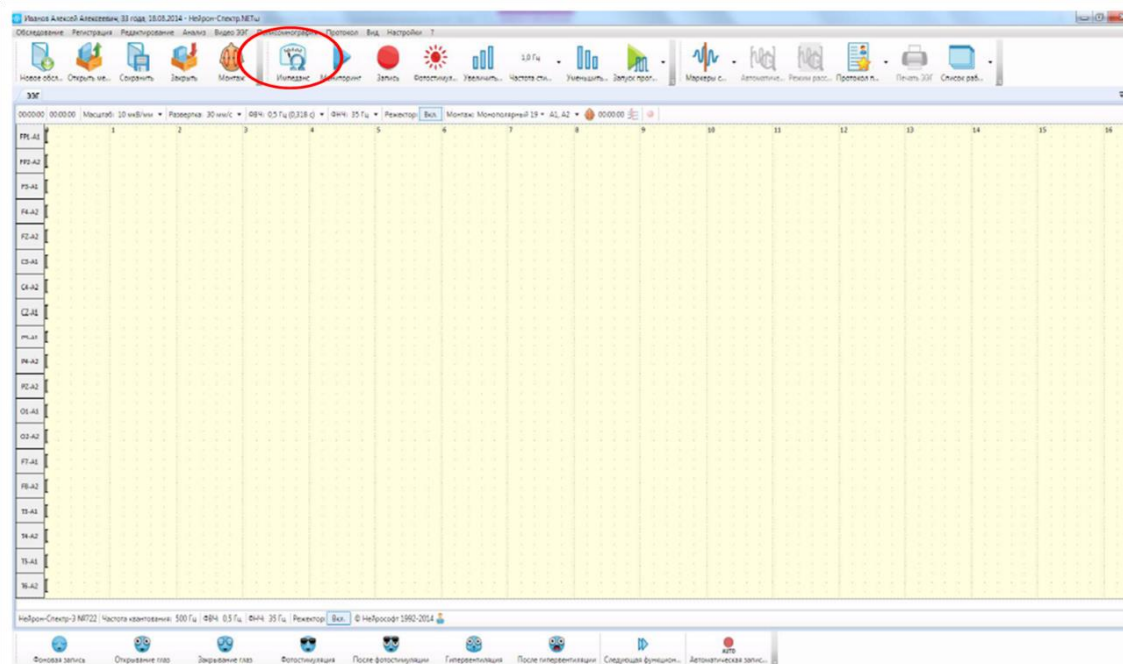


Рис. 30. Вид главного окна программы после создания нового обследования

После этого на экране появится окно с результатами измерения подэлектродного импеданса (рис. 31). В это время можно начинать наложение электродов на обследуемого, с одновременным контролем качества наложения. Точки под электродами должны иметь только зеленый или желтый, но не красный цвет (рис. 31).

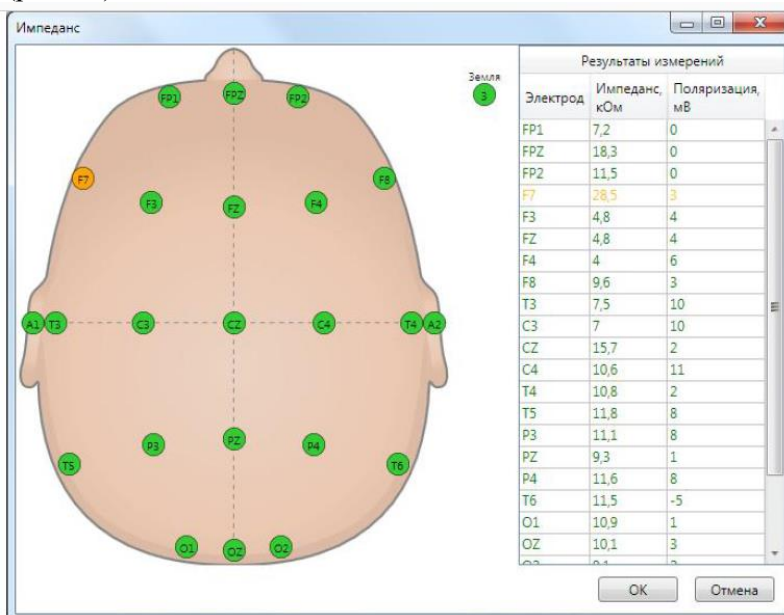


Рис. 31. Измерение импеданса и правильность наложения электродов

Иногда перед началом регистрации ЭЭГ для подтверждения работоспособности электроэнцефалографа требуется записать калибровочный сигнал (рис. 32). Для этого предназначена команда меню **Запись калибровочного сигнала** или кнопка  на панели инструментов. Для мониторинга (просмотра) калибровочного сигнала без сохранения его в обследовании служат команда меню **Мониторинг калибровочного сигнала** и кнопка  на панели инструментов.

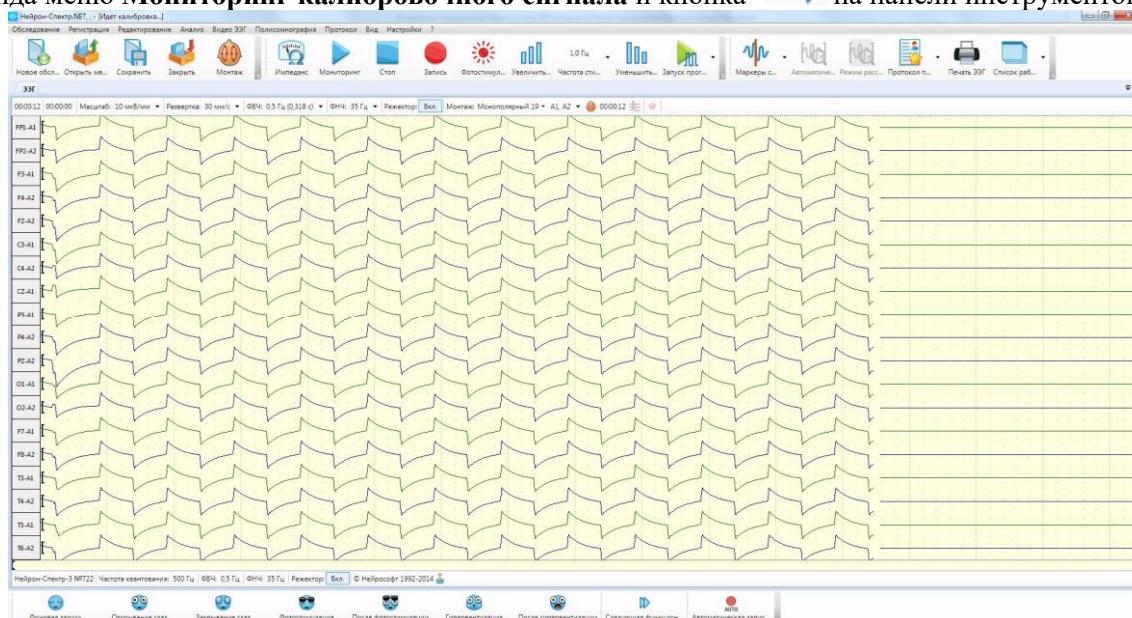


Рис. 32. Запись калибровочного сигнала

Если все правильно сделано и проверка качества проведена, начинается регистрация ЭЭГ. Перед началом записи ЭЭГ рекомендуется предварительно проверить вид поступающих с прибора данных, не записывая их в обследование, для этого необходимо воспользоваться **Мониторингом**. Запускается мониторинг ЭЭГ в команде меню **Мониторинг** или кнопкой  на панели

инструментов. Во время мониторинга ЭЭГ на экране отображаются данные, поступающие с прибора, но их запись на диск компьютера не производится.

Для начала записи ЭЭГ необходимо использовать команду меню **Запись** или кнопку  на панели инструментов и начинается регистрация электроэнцефалограммы с автоматическим началом функциональной пробы «Фоновая запись» (ФЗ). Длительность отрезков записи 30-50 с.

При регистрации ЭЭГ-обследования зачастую проводятся функциональные пробы. Во время записи функциональных проб обследуемый подвергается различным воздействиям (открытие глаз, закрывание глаз, гипервентиляция, стимуляция и т. д.). Для регистрации следующих функциональных проб вы можете использовать кнопки специальной панели, расположенной под кривыми ЭЭГ (рис. 33) или окно регистрации функциональных проб (рис. 34). Текущая регистрируемая проба подсвечена, уже зарегистрированные пробы выделены зеленым цветом.

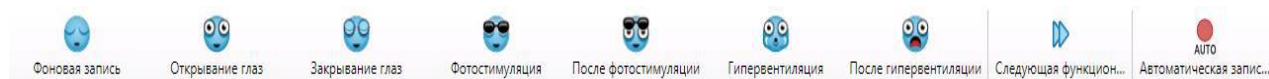


Рис. 33. Панель для записи функциональных проб

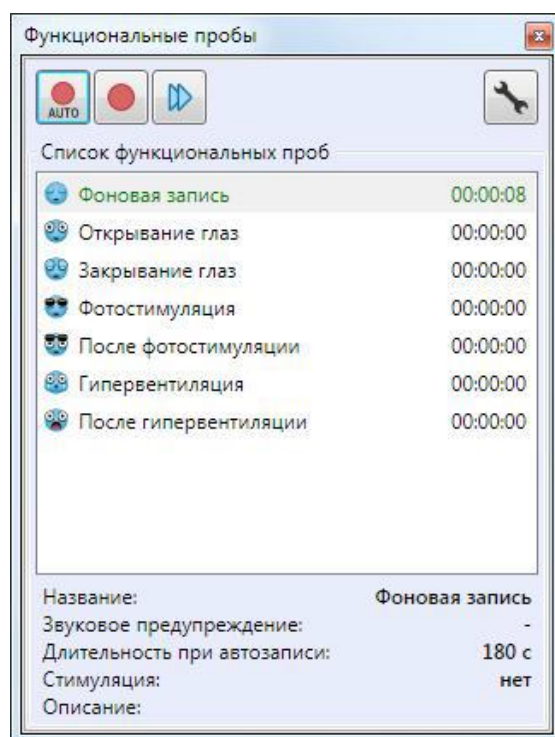


Рис. 34. Окно для записи функциональных проб

Для установки маркеров событий во время регистрации ЭЭГ вы можете использовать команду **Маркеры событий** или кнопку  на панели инструментов.

Для завершения регистрации ЭЭГ нажмите команду **Стоп** или кнопку  на панели инструментов. Для просмотра результатов анализа во время регистрации или после нее вы можете открыть необходимые окна анализа с помощью пункта меню **Анализ**.

Для подготовки автоматического заключения нажмите кнопку **Протокол** на панели инструментов или выберите из выпадающего списка шаблон «Протокол обследования». После этого будет сформирован автоматический протокол обследования.

Для сохранения обследования нажмите кнопку **Сохранить** или кнопку  на панели инструментов. Перед закрытием несохраненного обследования на экране появится запрос на сохранение обследования (рис. 35).

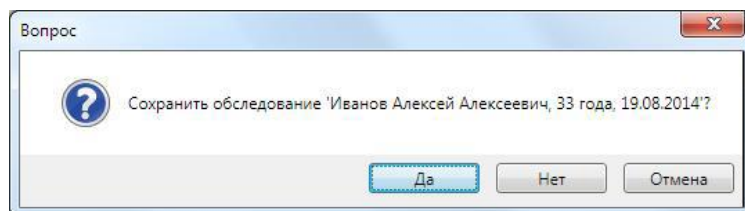


Рис. 35. Запрос на сохранение обследования

После закрытия обследования программа готова для начала нового или открытия существующего обследования, в главном окне программы нажмите кнопку **Новое обследование** на панели инструментов и повторите процедуру.

Для закрытия обследования нажмите команду **Закрыть** или кнопку  на панели инструментов.

Экспорт обследований

Экспорт обследований можно сохранить в формате RTF (RichTextFormat). В этом формате кривые ЭЭГ копируются в файл в виде картинок, которые можно потом посмотреть 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.

Программа «EEGViewer.NET», входящая в комплект поставки программного обеспечения «Нейрон-Спектр.NET» даст возможность для просмотра ЭЭГ-обследований, сохраненных в указанных форматах

Выход из программы

После окончания работы с программой ее следует закрыть. Для этого необходимо выполнить одно из перечисленных действий:

- Нажать на кнопку  в правом верхнем углу главного окна программы.
- Использовать команду меню **Обследование|Выход**.
- Использовать быстрое сочетание клавиш [Alt+X] на клавиатуре.
- Использовать кнопку  на стартовой странице.

Контрольные вопросы

1. Определите основные положения метода электроэнцефалографии?
2. Назовите основные направления практического применения метода ЭЭГ.
2. В чем заключается феномен электрической активности?
3. Назовите основные ритмы ЭЭГ.
4. Артефакты. Виды артефактов. Способы выявления и устранения артефактов.
5. Поясните принцип расположения электродов по международной системе 10-20%.
6. Что отражает понятие «индекс ритма»?
7. Основные этапы развития энцефалографии.

Рекомендуемая литература

1. Александров Ю.И. Психофизиология. Учебник для вузов 3-е издание. Изд-во : Питер. 2010. 464 с.
2. Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга (курс лекций). Москва : Высшая школа, 1976. 423 с.
3. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии. Таганрог : Изд-во Медиком-Лтд., 1996. 358 с.
4. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГУ, 2002. 380 с.
5. Уолтер Г. Живой мозг. Москва : Мир, 1966. 300 с.

Работа № 2. Оценка биоритмов мозга

В настоящее время очень часто применяется метод визуального анализа электроэнцефалограммы, особенно в медицинских исследованиях при обследованиях больных людей.

При анализе электроэнцефалограммы выделяются стационарные участки записи, которые называются эпохи анализа. Анализировать любой выделенный фрагмент записи или текущую страницу электроэнцефалограммы на экране можно при помощи программы «Нейрон-Спектр.NET».

Цель работы: овладение методами анализа электроэнцефалографии.

Экспресс-анализ

Проводится как анализ без выделения эпох электроэнцефалограммы. Экспресс-анализ, применяется в случае, когда необходима очень быстрая оценка параметров некоторого фрагмента записи электроэнцефалограммы, это также применяется при визуальном анализе прямо в ходе записи электроэнцефалограммы.

Анализ эпох

Для полного анализа всей записи электроэнцефалограммы в ней необходимо выделить стационарные участки записи, которые называются эпоха. Размер данного участка определяется в секундах и его можно редактировать с помощью пункта меню **Анализ|Эпохианализа|Длина эпохи** по умолчанию.

Для отображения результатов анализа эпох откройте одно или несколько нужных вам окон анализа. В открытых вами окнах анализа отображаются усредненные результаты анализа эпох всей записи или выбранной функциональной пробы. При добавлении новых эпох анализа или при удалении существующих результаты анализа будут автоматически обновляться. При отсутствии эпох в окнах анализа ничего не отображается или отображаются результаты экспресс-анализа.

Окна анализа

Окна анализа служат для отображения результатов анализа. Каждое окно показывает либо результаты экспресс-анализа, либо анализа эпох (рис. 36). Переключая кнопкой необходимо поставить используемый анализ.

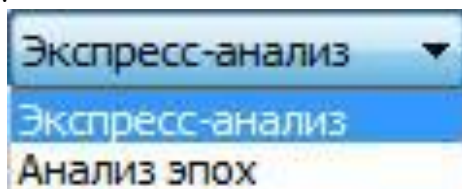


Рис. 36. Переключение между экспресс-анализом и анализом эпох

В левом верхнем углу окна отображается анализируемый фрагмент записи:

Экспресс-анализ:

«Выделенный фрагмент» – анализируется выделенный фрагмент записи. Результаты анализа автоматически обновляются при изменении выделенного фрагмента ЭЭГ.

«Текущая страница» — анализируется текущая видимая на экране страница ЭЭГ, ни один фрагмент не выделен. Результаты анализа автоматически обновляются при навигации по ЭЭГ.

«Последняя эпоха записи» — анализируется последняя записанная часть ЭЭГ длиной до 5 секунд (в зависимости от используемой длины эпох анализа) непосредственно во время регистрации. Результаты анализа автоматически обновляются каждую секунду записи.

Анализ эпох:

«Вся запись» — анализируются эпохи анализа всей записи ЭЭГ. При добавлении, удалении и перемещении эпох результаты анализа автоматически обновляются. Если эпохи анализа отсутствуют, в окне ничего не отображается. Результаты анализа эпох усредняются.

«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. 37). В списке отображаются все функциональные пробы, зарегистрированные в ходе обследования.

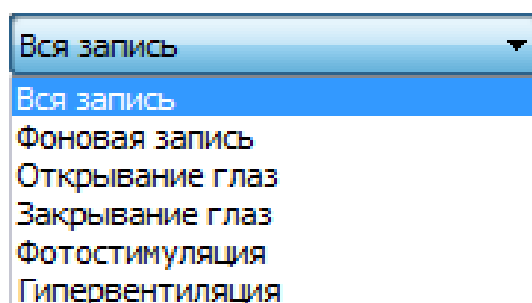


Рис. 37. Выбор функциональной пробы для анализа

При выборе функциональной пробы, к началу выбранной функциональной пробы из списка происходит автоматическая навигация, а также соответственно и, наоборот, при перемещении по ЭЭГ к функциональной пробе в окне анализа автоматически отображаются результаты анализа текущей функциональной пробы. Синхронный просмотр кривых ЭЭГ и результатов анализа обеспечивается программой. Программа позволяет просматривать одновременно для анализа электроэнцефалограммы несколько окон анализа.

Амплитуда ритмов волн

Отображения амплитуды отдельных ритмов ЭЭГ просматриваются в окне «Амплитуда ритмов волн» (рис. 38). Работа с окном даст возможность скрыть это окно при команде меню Анализ|Амплитудный анализ|Амплитуда ритмов волн.

Амплитуда ритмов волн

Выделенный фрагмент: длительность 26,9 с

Экспресс-анализ

Амплитуда: Средняя

Таблица

Картирование

Диаграммы

Отведение	Полоса пропускания, мкВ	Дельта-ритм, мкВ	Тета-ритм, мкВ	Альфа-ритм, мкВ	Бета-НЧ-ритм, мкВ	Бета-ВЧ-ритм, мкВ
FP1-A1	14	9	3	17	4	3
FP2-A2	15	10	5	19	4	4
FPZ-A1	19	13	5	21	5	4
F3-A1	20	7	3	23	5	4
F4-A2	17	5	3	22	5	5
FZ-A2	18	5	3	23	5	5
C3-A1	24	5	2	27	6	4
C4-A2	21	4	4	26	6	5
CZ-A1	25	6	3	27	6	5
P3-A1	52	3	2	55	9	6
P4-A2	39	3	2	46	8	6
PZ-A2	39	3	2	44	8	6
O1-A1	53	2	1	55	9	6
O2-A2	47	3	1	54	9	7
OZ-A1	38	2	1	42	7	5
F7-A1	27	2	29	21	5	4
F8-A2	12	4	3	16	4	4
T3-A1	19	4	3	23	6	5
T4-A2	17	3	3	21	5	5
T5-A1	45	2	2	49	8	6
T6-A2	44	2	2	49	9	6

Рис. 38. Таблица амплитуд ритмов волн.

Окно «Амплитуда ритмов волн» имеет следующие закладки: «Таблица», «Картирование» и «Диаграммы». В столбцах закладки «Таблица» по отведениям представлены амплитуды ритмов волн анализируемого отрезка записи.

Используя панель инструментов закладки «Картирование» (рис. 39), вы можете отображать в окне одновременно амплитудные карты по всем ритмам волн или выбранную карту отдельно для ее детального просмотра.

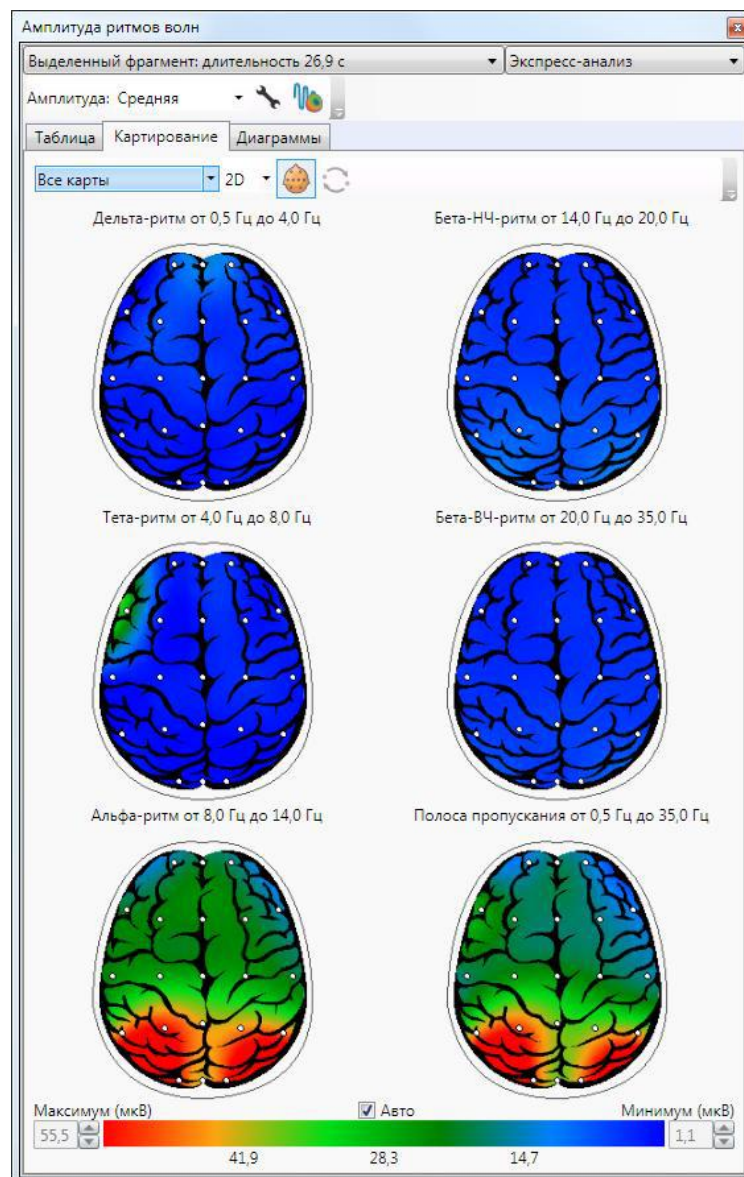


Рис. 39. Картирование амплитуды ритмов волн

На закладке «Диаграммы» (рис. 40) 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 цветом соответствующего ритма в текущей цветовой схеме.

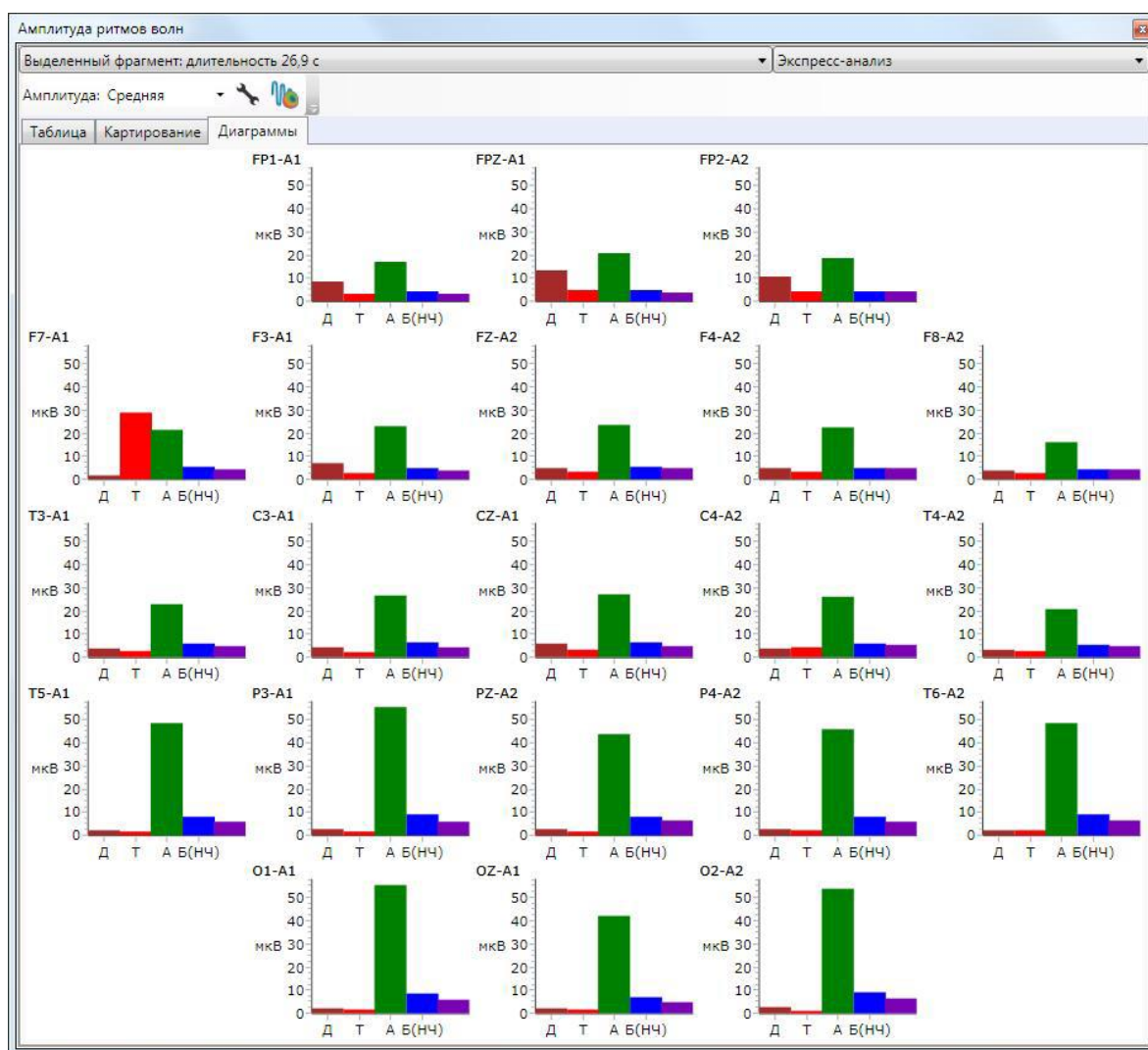


Рис. 40. Амплитуда ритмов волн. Диаграммы

Так же как и для других окон анализа, вы можете открыть дополнительное окно «Амплитудное картирование», используя соответствующую кнопку на панели инструментов. 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. 41).

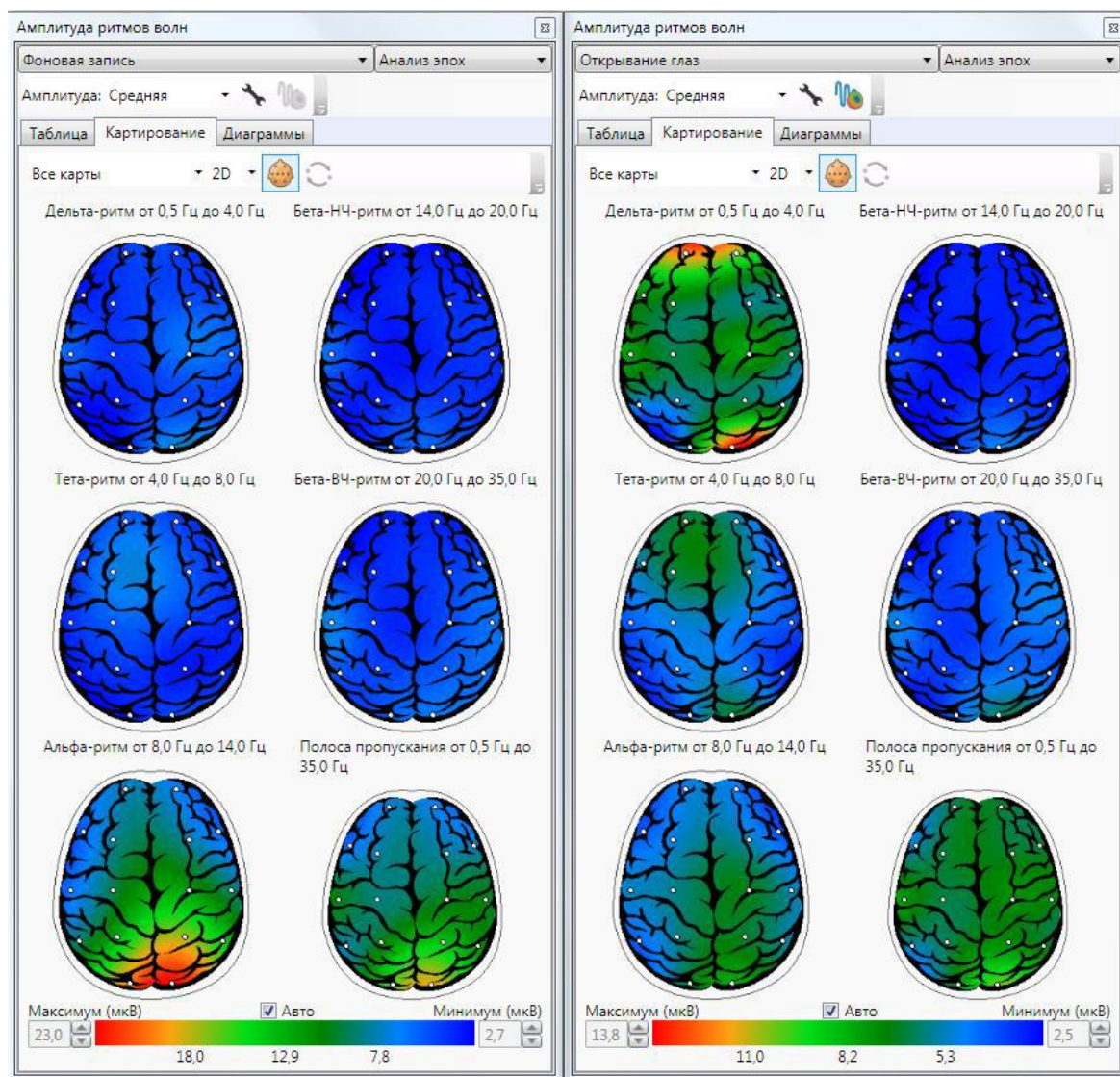


Рис. 41. Сравнение амплитуды ритмов волн в двух функциональных пробах

Графики спектров

Спектральный анализ ЭЭГ, проводится с помощью преобразования Фурье, позволяющего перевести зарегистрированный сигнал из временной области в частотную. Использование частотного представления сигнала является неотъемлемой частью современного математического анализа ЭЭГ.

Окно анализа «Графики спектров» (рис. 42) 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**.

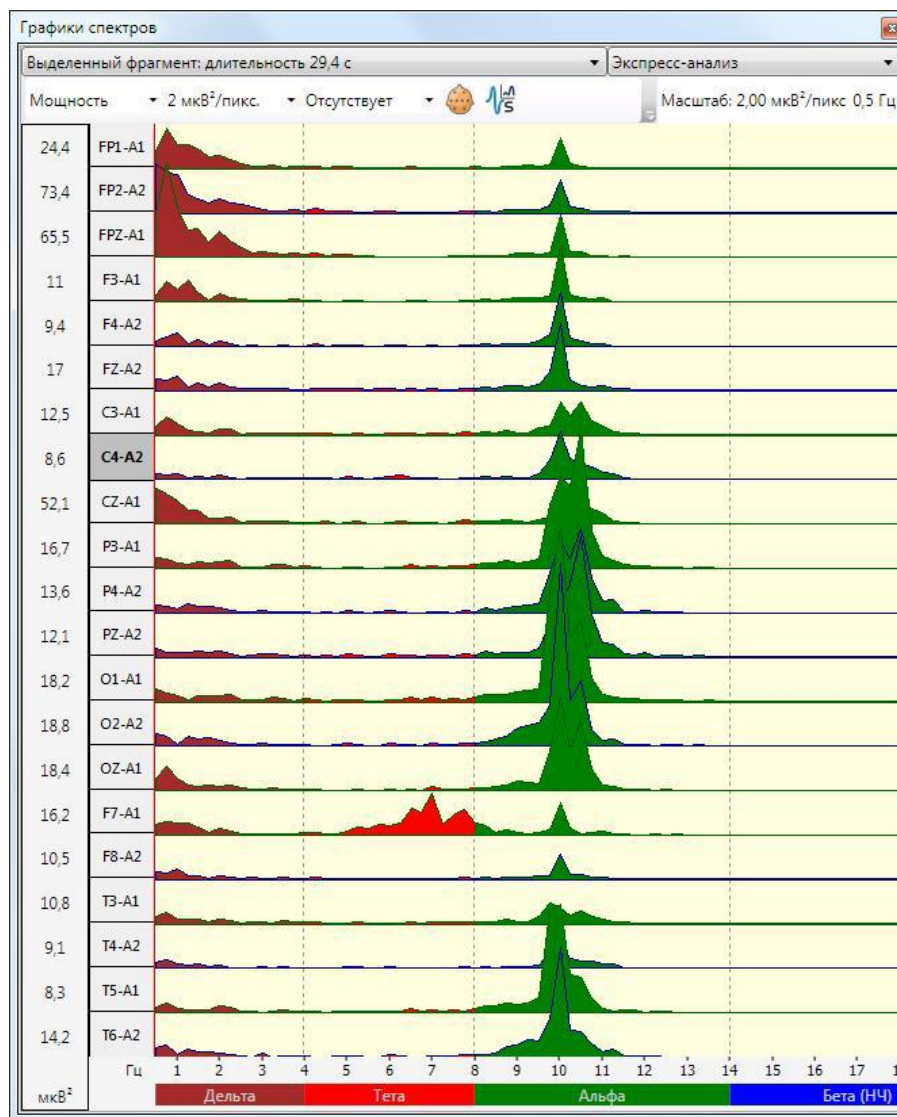


Рис. 42. Графики спектров

В данном окне представлены графики спектров по всем видимым ЭЭГ-отведениям. По оси абсцисс отложена частота сигнала, по оси ординат — амплитуда или мощность спектра (в зависимости от настроек).

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. 43).

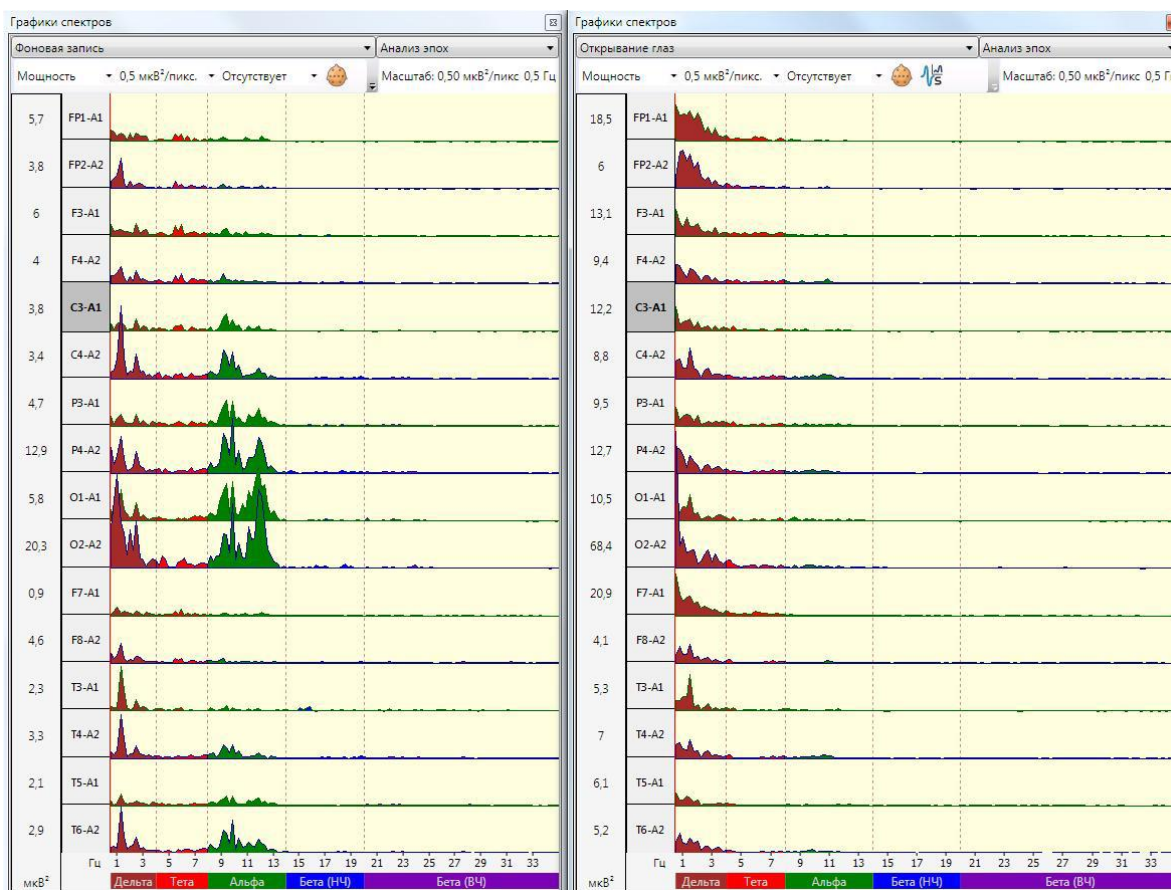


Рис. 43. Сравнение графиков спектров двух функциональных проб

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

Частотные характеристики

Для табличного отображения частотных характеристик сигнала служит окно анализа «Частотные характеристики» (рис. 44). Для того чтобы показать или скрыть данное окно, воспользуйтесь командой меню **Анализ|Спектральный анализ|Частотные характеристики** или соответствующей кнопкой на панели инструментов «Анализ».

Частотные характеристики

Вся запись

Анализ эпох

По ритмам

По параметру

Альфа-ритм

от 8,0 Гц до 14,0 Гц

Мощность

Отсутствует

Таблица значений мощности спектров (Альфа-ритм)

Отведение	Минимальная амплитуда, мкВ ²	Максимальная амплитуда, мкВ ²	Средняя амплитуда, мкВ ²	Полная амплитуда, мкВ ²	Доминирующая частота, Гц	Средняя частота, Гц	Индекс, %	Асимметрия, %	Спектральный край, Гц
FP1-A1	0,17	1,47	0,70	16,76	12,25	10,50	11,3%	10%	12,75
FP2-A2	0,17	1,52	0,58	13,84	9,25	10,50	10,0%	-10%	13,25
F3-A1	0,18	1,66	0,77	18,36	9,50	10,25	17,1%	-3%	13,00
F4-A2	0,20	2,51	0,81	19,34	9,25	10,25	18,3%	3%	13,25
C3-A1	0,18	4,14	1,19	28,50	9,50	10,00	27,1%	-27%	13,00
C4-A2	0,27	6,39	2,09	50,07	9,25	10,00	29,8%	27%	12,50
P3-A1	0,23	5,97	1,99	47,69	9,50	10,00	39,7%	-29%	13,00
P4-A2	0,38	12,01	3,62	86,77	10,00	10,25	43,4%	29%	12,75
O1-A1	0,35	10,92	4,24	101,76	12,00	11,25	50,0%	-13%	13,00
O2-A2	0,51	16,18	5,50	132,08	12,00	11,25	34,6%	13%	13,00
F7-A1	0,13	0,89	0,42	10,04	12,25	10,75	9,9%	-7%	13,00
F8-A2	0,12	1,31	0,48	11,49	9,25	10,50	14,4%	7%	13,25
T3-A1	0,19	1,60	0,63	15,08	9,50	10,00	13,9%	-32%	13,25
T4-A2	0,18	3,59	1,22	29,23	10,00	10,00	25,3%	32%	13,00
T5-A1	0,24	2,36	0,94	22,61	9,50	10,25	31,2%	-38%	13,25
T6-A2	0,21	7,49	2,11	50,58	10,00	10,00	35,9%	38%	12,75

Рис. 44. Частотные характеристики по ритмам. Сравнительный анализ

Для сравнения двух участков записи ЭЭГ между собой служит окно «Сравнительный анализ» (рис. 45). Для того чтобы показать или скрыть окно «Сравнительный анализ», воспользуйтесь командой меню **Анализ|Сравнительный анализ|Сравнительный анализ эпох** или соответствующей кнопкой на панели инструментов «Анализ». Для сравнения двух участков ЭЭГ в записи должны быть выделены эпохи анализа.

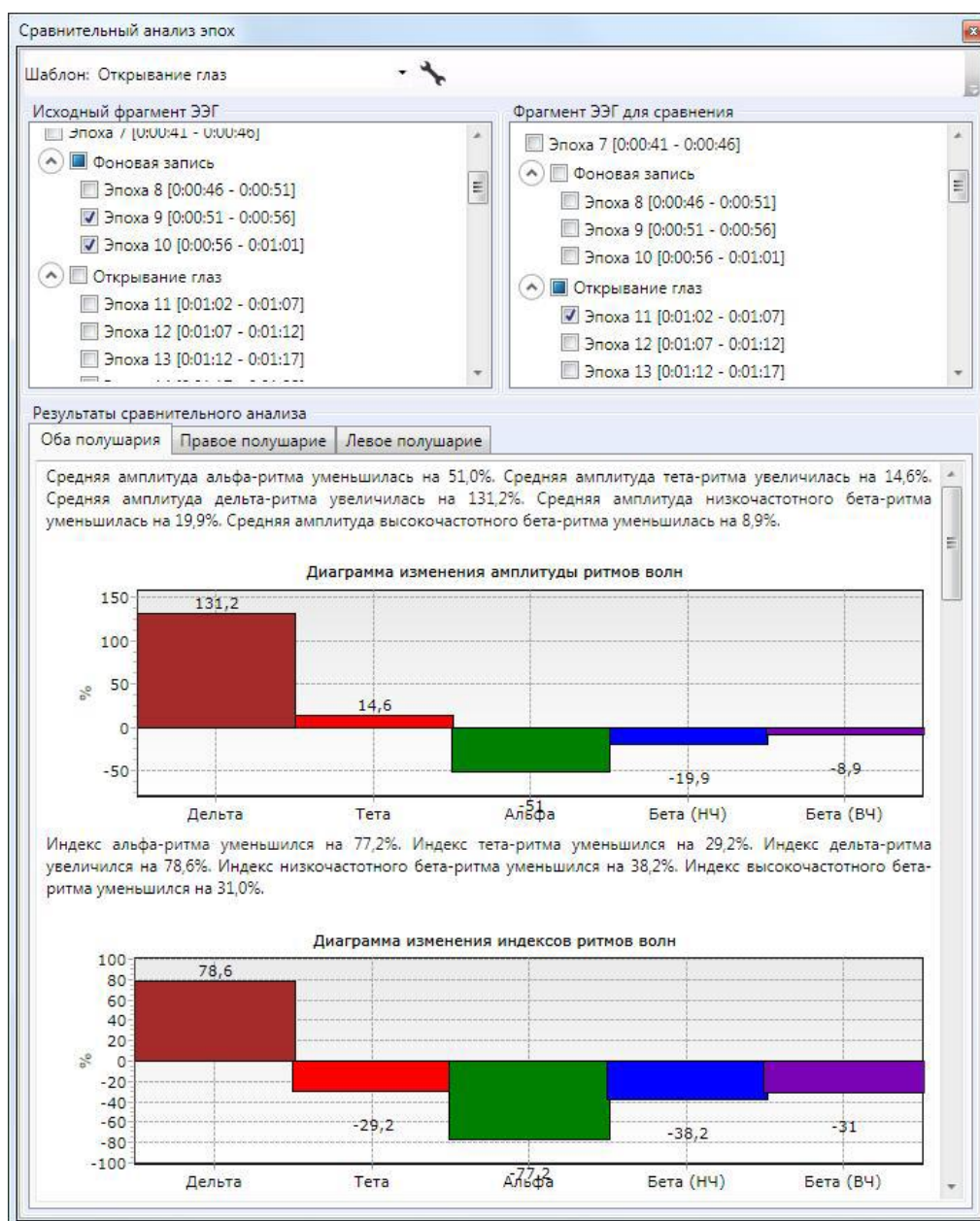


Рис. 45. Сравнительный анализ.

Используя контекстное меню, вы можете копировать результаты сравнительного анализа в текущий протокол обследования.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы анализа ЭЭГ.
2. Поясните сущность экспресс анализа и анализа эпох.
3. Расскажите об анализе амплитуд ритмов волн.
4. Графики спектров. Частотные характеристики
5. Как осуществляется сравнительный анализ ЭЭГ?

Рекомендуемая литература

1. Гусельников В.И. Электрофизиология головного (курс лекций). Москва : Высшая школа, 1976. 423 с.
2. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии. Таганрог : Изд-во Медиком-Лтд., 1996. 358 с.
4. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГУ, 2002. 380 с.
5. Уолтер Г. Живой мозг. Москва : Мир, 1966. 300 с.

Работа 3. Изучение вызванных потенциалов мозга человека

Регистрация ВП также проводится с помощью электродов и усилителей как и для обычной записи ЭЭГ. В ходе регистрации ЭЭГ на фоне спонтанной электрической активности мозга появляются вызванные стимулом колебания, которые и являются ВП.

Выделение ВП на фоне ЭЭГ достаточно сложно, поскольку амплитуда ВП во много раз меньше амплитуды ЭЭГ и они плохо различимы, а также затрудняет анализ ВП наличие артефактов (например: напряжение мышц, движения глаз).

В связи с этим, чаще всего применяется метод синхронного (когерентного) усреднения нескольких десятков записей ЭЭГ. Также используется другой метод - синхронного накопления. Эти методы идентичны, поскольку основываются на многократных повторениях стимула, вызывающих повторные аналогичные реакции, тогда как спонтанная активность и другие колебания, относящиеся к шуму, являются случайными.

Суть методики синхронного накопления заключается в суммировании по амплитуде отрезков ЭЭГ, следующих за подачей очередного стимула. В результате связанные со стимулом колебания ВП накапливаются синфазно и дают прирост амплитуды. Колебания спонтанной ритмики при суммации попадают друг относительно друга в случайные фазы, в связи с этим они увеличиваются по амплитуде значительно медленнее.

Суммированные амплитуды ответов затем делятся на число суммаций и выделяются среднестатистические показатели, это все делается в программе в современных устройствах регистрации ЭЭГ.

Методика «odd-болл». Одна из распространенных методик для изучения селективного внимания на людях и на животных получила несколько необычное и трудно переводимое на русский язык название «odd-болл», или «парадигма необычного стимула» (англ. «oddball»). Впервые эта методика была применена в электрофизиологическом эксперименте на людях С.Саттоном в 1965 г.; она специально разработана с учетом условий, необходимых для изучения вызванных потенциалов в ЭЭГ.

Обычно в данной методике используют слуховые или зрительные стимулы: объекту исследования в случайном порядке предъявляют последовательность из двух стимулов, различающихся по какому-либо параметру (например, по высоте звукового тона или по форме геометрической фигуры), причем вероятность появления одного стимула существенно ниже, чем другого (на практике обычно используют соотношения от 1:4 до 1:9). Квази случайная последовательность стимулов строится таким образом, чтобы два редких («девиантных») стимула никогда не следовали непосредственно друг за другом, а частые («стандартные») стимулы всегда повторялись несколько раз подряд.

Даже в том случае, если по условиям эксперимента редкий стимул не требует никакой поведенческой реакции, он все равно привлекает к себе внимание (становится «значимым») в силу низкой вероятности своего появления, которая делает его неожиданным для испытуемого. Согласно предположению С. Саттона, предъявление редкого стимула нарушает ожидание, складывающееся у испытуемого после нескольких последовательных повторений частого стимула. Следует также сказать, что согласно теории нервной модели стимула Е.Н.Соколова (1960), появление стимула, отличающегося от монотонной последовательности других стимулов, ведет к рассогласованию с существующей нервной моделью стимула, что приводит к возникновению ориентировочной реакции.

Впоследствии были разработаны различные модификации данной методики, и помимо собственно «пассивного odd-болла», при котором испытуемому, как правило, дают какое-либо отвлекающее задание (например, чтение произвольно выбранной книги), была введена в практику методика «активный odd-болл», при реализации которой испытуемого просят либо считать про себя число предъявленных редких стимулов, либо в ответ на каждый редкий стимул производить нажатие на кнопку. В этой методике редкий («девиантный») стимул называют также «целевым». В некоторых исследованиях в последовательность из двух неравно вероятных стимулов вводят также небольшое количество новых стимулов, не предъявлявшихся испытуемому ранее и привлекающих внимание в силу своей новизны (т.е. вызывающих ориентировочную реакцию).

При реализации odd-болла Р300 стабильно возникает в ответ на редкий, т.е. значимый стимул, в то время как предъявления частого (незначимого) стимула обычно не вызывают его генерации.

Имеется предположение о том, что волна Р300 формируется на реакции оценки значимости полученного сигнала в сравнении с имеющимся прошлым опытом человека (А.М. Иваницкий, 1976). Оценка стимула начинается в первичных проекционных зонах анализатора, оценивающего его по

физическим характеристикам, затем возбуждение вызывает активацию подкорковых центров мотиваций и эмоций, и в конце возбуждение приходит в кору больших полушарий. Таким образом, синтезируется информация как о физических показателях раздражителя, так и об эмоционально-мотивационной характеристике. Согласно такой гипотезе, генерация волны P300в ЭЭГ возникает в процессе данной интеграции.

Таким образом, все гипотезы и теории не являются противоречивыми, а только анализируют и отражают разные аспекты одного и того же явления – внимания.

В волне P300 регистрируют два взаимосвязанных компонента характеризующиеся различной топографией и различное происхождение, это зависит от избранной методики.

В зависимости от ситуации активного или пассивного внимание будет регистрироваться P300 с разной латентностью. Пассивное внимание соответствует положительному колебанию потенциала с латентностью около 300 мс и обозначается как P3a, а при активном внимании, когда создается ситуация для испытуемого по условиям эксперимента реагирования на редкий значимый стимул (считать его, нажимать на кнопку и т.п.) положительное отклонение потенциала характеризуется более значительным латентным периодом 310 - 380 мс и выше, такой потенциал классифицируется как компонент P3b.

Компонент P3a наиболее выражен в лобной доле и его рассматривают как коррелят ориентировочной реакции на неожиданный стимул, в то время как компонент P3b значительнее в центрально-теменной области и, по всей вероятности, связан с обработкой информации и принятием решения, а также с когнитивной оценкой значимости стимула.

Резюмируя гипотезы и теории относительно возникновения P300, важно, что в различных своих модификациях методика одд-болл позволяет оценивать разные виды внимания, в частности, произвольное и произвольное.

Цель работы:

1. Обучение методике регистрации вызванных потенциалов.
2. Изучение компонентов зрительных вызванных потенциалов и когнитивного вызванных потенциалов (P300).
3. Регистрация P300 по методу «одд-болл»;

Методика

Вызванные потенциалы регистрируют на фоне спонтанной электрической активности мозга (ЭЭГ) при помощи электроэнцефалографической установки.

Регистрацию ЭЭГ осуществляют монополярно, с помощью неполяризуемых хлорсеребряных электродов от 32энцефалографических отведений, установленных в соответствии с международной схемой 10-10% (рис. 46).

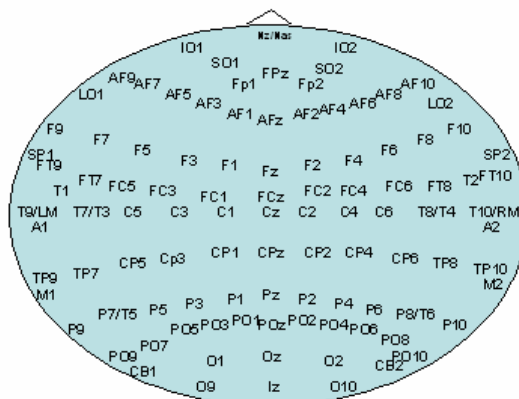


Рис. 46.Схема монтажа электродов 10–10%

В качестве референтного электрода используют ушной электрод (A2). Установку электродов осуществляют в соответствии с методикой задачи 1.

Испытуемому предъявляются 2 звуковых стимула, различающихся по высоте звукового тона. Звуковые стимулы подбираются индивидуально для каждого испытуемого. Стимулы подаются в соответствии с методикой одд-болл, т.е. объекту исследования в случайном порядке предъявляют последовательность из двух стимулов, причем вероятность появления одного стимула существенно ниже, чем другого (1:4). Квазислучайная последовательность стимулов строится таким образом,

чтобы два редких («целевых») стимула никогда не следовали непосредственно друг за другом, а частые («стандартные») стимулы всегда повторяются несколько раз подряд (рис. 47).

... S2, S2, S2_{посл}, S1, S2, S2, S2, S2_{посл}, S1, S2, ...

Рис. 47. Пример фрагмента последовательности стимулов при реализации odd-болла

S1 – редкий (значимый, девиантный) стимул, **S2** – частый (незначимый, стандартный), **S2_{посл}**,- последний стимул в непрерывной последовательности частых стимулов, вслед за которым идет редкий стимул.

Испытуемому дается задание нажимать на кнопку в ответ на предъявление редкого, более высокого по тону стимула. Выполнение задачи требует большой концентрации внимания и интеллектуального напряжения.

После выполнения задачи, с испытуемого снимаются электроды.

Зарегистрированная вызванная активность выделяется из фоновой ЭЭГ путем синхронного (когерентного) усреднения.

- Строятся кривые ВП (рис. 48, 49).

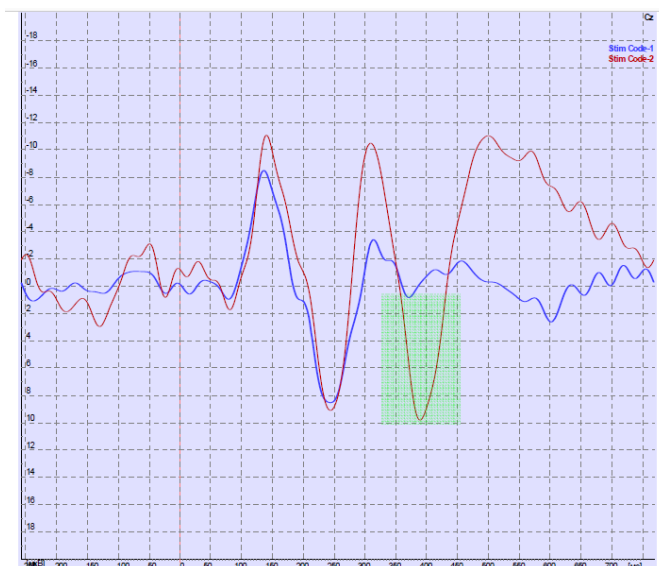


Рис. 48. ВП на значимый (красная линия) и незначимый (синяя линия) стимулы в задаче «odd-болл». Зеленым прямоугольником обозначен P300 на значимый стимул

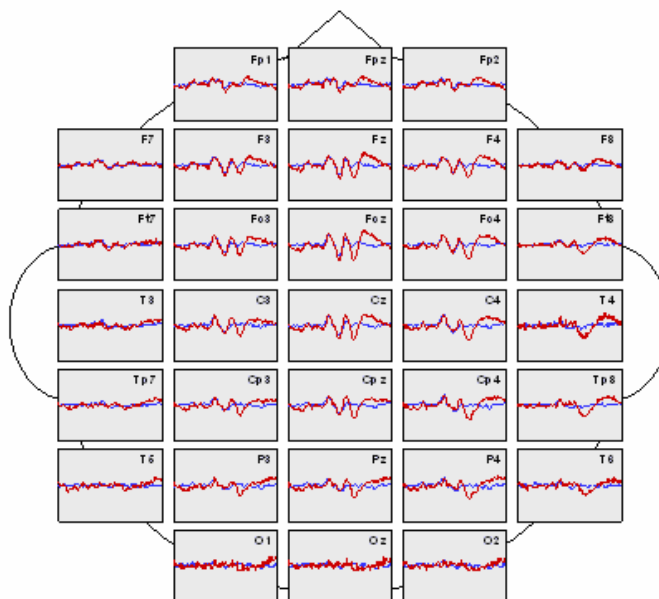


Рис.49. На рисунке представлены результаты регистрации P300 в различных отведениях по поверхности головы в соответствии со схемой 10-20 %

Голова изображена схематически, на ней отмечены нос (вверху) и уши (слева и справа). Потенциал Р300 хорошо выражен в центральных, теменных, некоторых лобных и височных отведениях в виде отклонения красной линии вниз (в центральных отведениях обозначен желтым прямоугольником).

- Анализируется наличие или отсутствие на записи когнитивного потенциала Р300.
- Строятся топографические карты: интегральная, анимационная и последовательность карт (рис. 50).

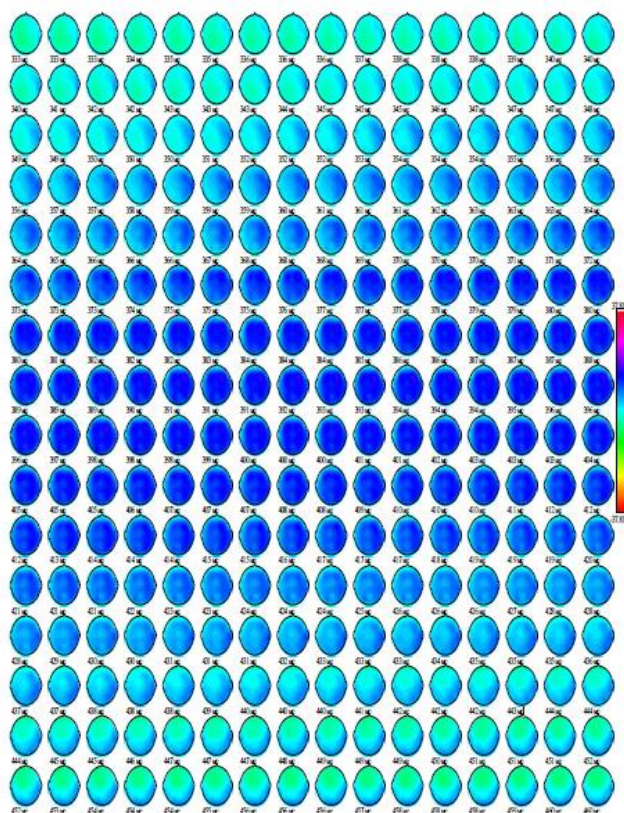
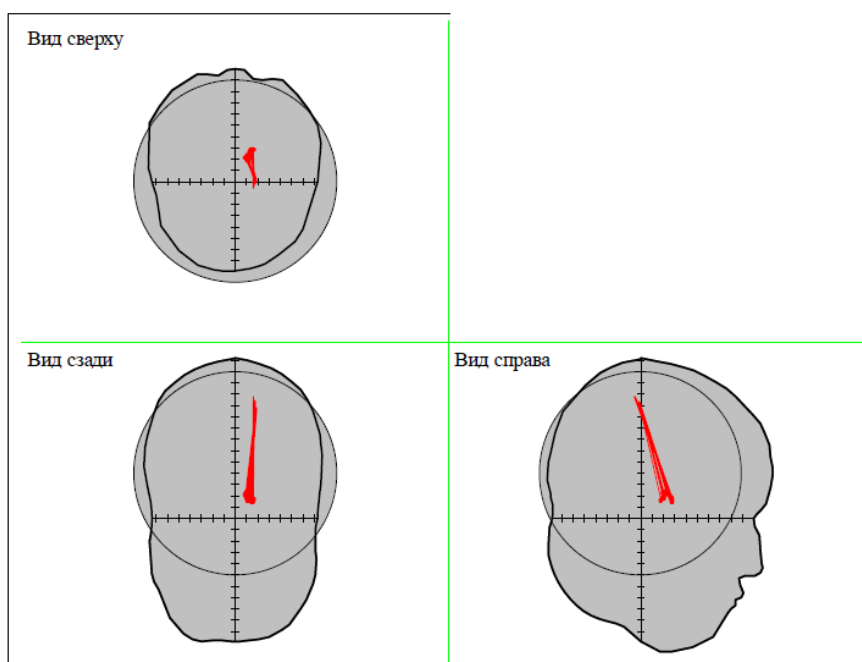


Рис. 50. Пример топографического картирования

Р300 в виде последовательности карт (интервал между картами – 1 мс). На рисунке видно постепенное нарастание, а затем угасание когнитивного потенциала Р300

- Обсуждается возможный источник генерации потенциалов с применением 3-х мерной локализации (рис. 51).

А



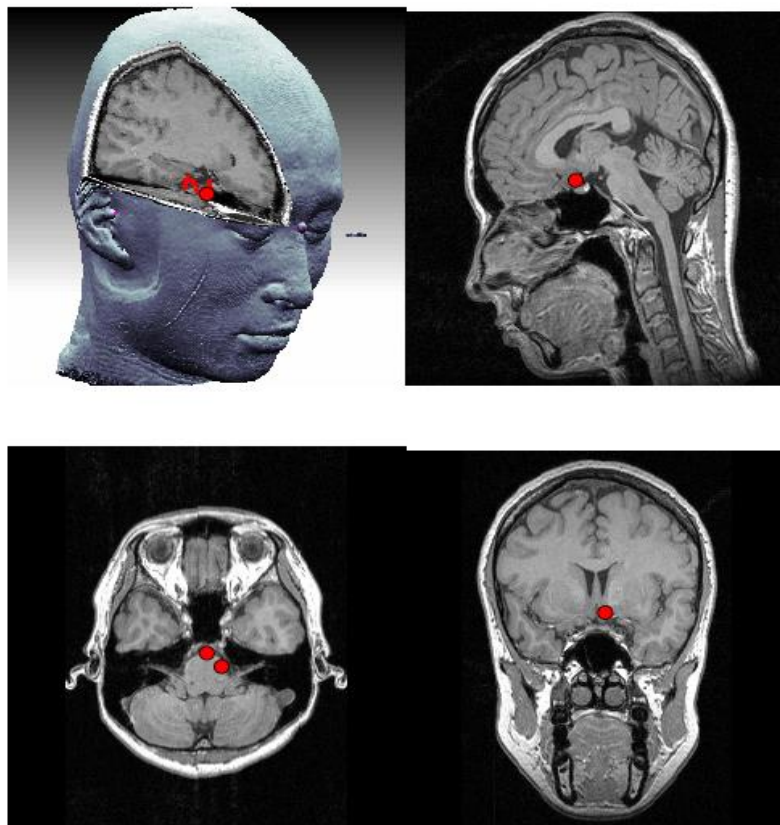


Рис. 51. Локализация источников P300 в мозге. А – двухмерная, Б – трехмерная
- Подводят итоги проведенного исследования.

Контрольные вопросы

1. Выделите основные положения метода регистрации ВП?
2. Назовите основные виды вызванных потенциалов.
3. В чем различия ВП на внимание и когнитивный ВП P300.
4. В чем различия ВП на пассивное и активное внимание?
5. Какие виды топографических карт используются при анализе?

Рекомендуемая литература

1. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. Таганрог : Изд-во ТРТУ, 1997. 252 с.
2. Думенко В.Н. Высокочастотные компоненты ЭЭГ и инструментальное обучение. Москва : Наука, 2006. 151 с.
3. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии. Таганрог : Изд-во Медиком – Лтд, 2007. 358 с.
4. Иваницкий А.М. Мозговые механизмы оценки сигналов. М.: Медицина, 1976. 264 с.
5. Канеман Д. Внимание и усилие. Москва : Смысл, 2006. 287 с.
6. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология. Москва : Изд-во МГУ, 2002. 380 с.
7. Наатанен Р. Внимание и функции мозга. Москва : Изд-во МГУ, 1998. 559 с.
8. Соколов Е.Н. Нервная модель стимула и ориентировочный рефлекс // Вопросы психологии, 1960. № 4. С. 61- 72.
9. Berger A., Posner M.I. // Pathologies of brain attentional networks. Neurosci.Biobehav.Rev. 2000.V.24. P.3-5.
10. Donchin E., Coles M.G.H. Is the P300 component manifestation of context updating? //Behavioral and Brain Sciences. 1988. V.11. №3. P.357-374.
11. Polich J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b // Clinical Neurophysiology. 2007. V.118. №10.P.2128-2148.
12. Sutton S., Braren M., Zubin J., John E.R. Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty // Science. 1965. V.150. P.1187-1188.

Примерные тесты к промежуточной аттестации

Выберите один ответ

1. Депрессия альфа-ритма свидетельствует
 - об общей активации коры головного мозга
 - об общем угнетении коры головного мозга
 - о патологическом процессе в коре.
2. ЭЭГ является
 - суммой потенциалов действия отдельных нейронов
 - длительными процессами не импульсной природы.
3. Когда вышла первая публикация о наличии токов в центральной нервной системе?
 - в 1849 г.
 - в 1899 г
 - в 1830 г
4. Кто первый показал возможность регистрации электрической активности мозга?
 - В.Я. Данилевский
 - П.Ю. Кауфман
 - В.В.Правдич-Неминский
5. Впервые осуществил регистрацию электрических потенциалов головного мозга у человека, используя скальповые игольчатые электроды
 - Ганс Бергер
 - П.Ю. Кауфман
 - G.Walter
6. Регистрация суммарной электрической активности клеток полушарий мозга называется?
 - электроэнцефалография
 - электрокардиография
 - электроциклография
7. Какие способы регистрации ЭЭГ применяются в настоящее время
 - монополярный
 - биполярный
 - оба способа
8. Генератором ритмической активности в диапазоне альфа-ритма является
 - таламус промежуточного мозга
 - кора больших полушарий
9. Как обозначается спектр активности по цвету
 - зеленым – альфа-ритм,
 - синим –тета,
 - красным– бета
10. Лучше всего альфа-ритм выражен
 - в состоянии относительного покоя
 - в состоянии глубокого сна
 - при открытых глазах
11. Топографические карты выраженности частотных диапазонов строятся по данным:
 - спектрального анализа
 - амплитудного анализа
12. При биполярном отведении разность потенциалов измеряют
 - между двумя электрически активными участками головного мозга
 - между электрически активной и электрически нейтральной точками.
13. Дельта-ритм – серия периодически повторяющихся колебаний с частотой:
 - 10-13 Гц,
 - 4-8 Гц,
 - 1-4 Гц,
14. Эмоциональное напряжение приводит к увеличению спектральной мощности
 - тета-волн
 - дельта-волн
 - альфа-волн

15. При открывании глаз обычно происходит подавление основного ритма.

- Альфа-ритма
- Бета-ритма
- Дельта-ритма

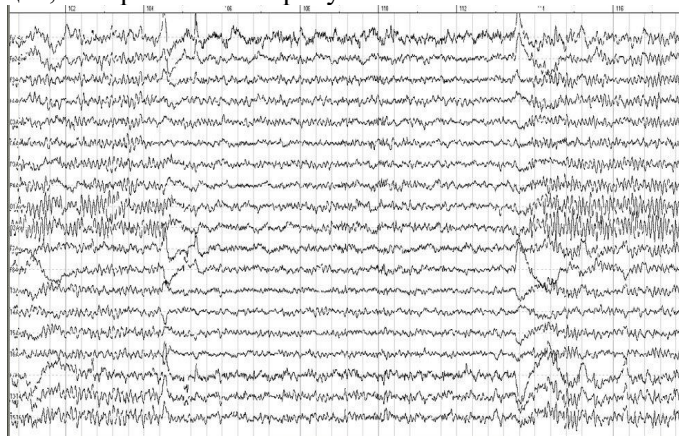
16. Оценка отдельных ритмов ЭЭГ дается в окне

- амплитуда ритмов волн
- частота ритмов волн
- спектральный анализ

17. Какие структуры генерируют компонент Р300

- таламус,
- гиппокамп,
- лобные доли
- зубчатое ядро

18. Как называется реакция, изображенная на рисунке?



- синхронизации
- деполяризации
- десинхронизации

19. Как называется методика регистрации ВП, которую впервые осуществил С. Саттон в 1965 году?

- «Р 300»
- «одд-болл»
- «обб-долл»

Впишите правильный ответ

20. При засыпании, при глубоком сне, появляется _____ с частотой 0,5 - 3,5 Гц, амплитудой от 100 до 300 мкВ.

22. Н.Е. Введенский, для изучения работы нервных центров, применил _____ метод регистрации.

23. Электроэнцефалографическим индикатором высокого уровня бодрствования является _____ ритм человека.

24. К _____ 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.

25. При переходе от состояния бодрствования к засыпанию происходит появление _____ (частота 4 — 7 Гц).

26. Наиболее выраженный в ЭЭГ ритм называют _____.

27. Термин «десинхронизация» касается общего наблюдения, что предъявление релевантного зрительного стимула десинхронизирует затылочный _____ ритм.

28. При раздражении различных рецепторов и афферентных путей в ЦНС, в частности в коре большого мозга, возникают колебания электрического потенциала, которые называются _____ потенциалами.

29. В звуковых вызванных потенциалах _____ считают компоненты до 100 мс, а _____ - с латентностью свыше 100 мс

30. При воздействии раздражителя начинается формирование потенциала _____ и клетка из состояния покоя переходит в состояние возбуждения на ЭЭГ возникает ВП.

Выберите несколько правильных ответов

31. Дендриты нервных клеток -

- афферентные отростки
- эфферентные отростки
- длинные отростки
- короткие отростки

32. Потенциал P300 хорошо выражен в отведениях

- центральных,
- теменных,
- височных
- таламических

33. Отведения электродов обозначают буквой

- Лобные F (frontalis),
- теменные - О (occipitalis).
- височные - Т (temporalis)
- затылочные - Р (parietalis),

34. Установление электродов рекомендуется в соответствии со схемой

- 10-10%
- 10-20%
- 10-30%

35. Дельта-активность может возникать

- в бодрствующем состоянии особенно при тяжелой умственной нагрузке
- в стрессовом напряжении в виде колебаний низкой амплитуды 20–30 мкВ.
- в состоянии умственной нагрузки в виде устного счета в уме

36. Какую роль играет альфа-ритм?

- временного сканирования ("считывания") информации
- связан с механизмами восприятия и памяти
- отражает реверберацию возбуждения,

37. Количественная обработка ЭЭГ сигналов включает анализы:

- спектральный
- частотно-временной
- входной

38. На какие раздражители возникают вызванные потенциалы ?

- на внутренние
- на внешние раздражители

39. Вызванные потенциалы возникают в связи с какими эндогенными событиями в мозге?

- опознание,
- ожидание,
- открытие глаз
- закрытие глаз

40. В каких случаях применяется экспресс-анализ ЭЭГ?

- когда необходима очень быстрая оценка параметров
- при визуальном анализе прямо в ходе записи ЭЭГ
- при полном анализе всей ЭЭГ.

41. По международной системе 10—20% обычно устанавливается

- 8 -21 электродов
- 10-25 электродов
- 30-40 электродов

42. Какой ритм имеет частоту колебаний в диапазоне 0,5-3,5 Гц

- тета-ритм
- альфа-ритм
- дельта-ритм
- бета-ритм

Основная литература

1. Бутова, О. А. Клиническая физиология : лабораторный практикум / О. А. Бутова, Е. А. Гришко. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 229 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63095.html> (дата обращения: 06.03.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей <http://www.iprbookshop.ru/63095.html>
2. Воробьева, Е. В. Психофизиология детей и подростков : учебное пособие / Е. В. Воробьева, И. А. Кайдановская. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. — 175 с. — ISBN 978-5-9275-2670-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/87481.html> (дата обращения: 06.03.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей <http://www.iprbookshop.ru/87481.html>
3. Гусельников, В.И. Электрофизиология головного мозга (курс лекций)./ В.И. Гусельников. — Текст : непосредственный // Учеб.пособие для биолог. специальностей университетов. — Москва : Высшая школа, 1976. — 423 с.
4. Егорова, И.С. Электроэнцефалография / И. С.– Егорова. — Текст : непосредственный // Москва : Медицина, 1973. — 296 с.
5. Латышева, В. Я. Неврология и нейрохирургия : учебное пособие / В. Я. Латышева, Б. В. Дривотинов, М. В. Олизарович. — Минск :Вышэйшая школа, 2013. — 512 с. — ISBN 978-985-06-2229-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/24068.html> (дата обращения: 06.03.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей <http://www.iprbookshop.ru/24068.html>
6. Николаева, Е. И. Психофизиология. Психологическая физиология с основами физиологической психологии : учебник / Е. И. Николаева. — 4-е изд. — Москва, Саратов : ПЕР СЭ, Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 623 с. — ISBN 978-5-4486-0833-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88212.html> (дата обращения: 06.03.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей <http://www.iprbookshop.ru/88212.html>

Дополнительная литература

1. Архаров, Н. А. Ритмическая стимуляция пропускной способности человека–оператора / Н.А.Архаров, Ю.А.Баранова, М.В.Васильева, М.Н. Романовский. — Текст : непосредственный // Материалы Международной научно-технической конференции, 1–5 декабря 2015 года. - Москва :МИРЭА, 2015. – Ч. 5. – С. 305.
2. Баевский, Р. М. Проблема оценки адаптационных возможностей человека в авиакосмической физиологии / Р.М.Баевский, Е.Ю.Береснев, О.И. Орлов и др. — Текст : непосредственный // Российский физиологический журнал имени И.М. Сеченова. – 2012. – Т.98, №1. – С. 95-107.
3. Герасимова, Е.В., Хазипов Р.Н., Ситдикова Г.Ф. Физиология нервной системы : Учебно-методическое пособие / Герасимова Е.В., Хазипов Р.Н., Ситдикова Г.Ф. — Текст : непосредственный// Казань: Казанский университет, 2012. — 43 с.
4. Звёздочкина, Н.В. Исследование электрической активности головного мозга / Н.В. Звёздочкина. —Текст : непосредственный// Казань : Казан.ун-т, 2014. — 59 с.
5. Александров, Ю.И. Психофизиология Учебник для вузов 3-е издание / Ю.И. Александров — Текст : непосредственный // Изд-во: Питер. 2010. 464 с.
6. Зенков, Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии/Л.Р. Зенков— Текст : непосредственный//Таганрог : Изд-во Медиком—Лтд., 1996. 358 с.
7. Кулаичев, А.П. Компьютерная электрофизиология / А.П. Кулаичев— Текст : непосредственный // 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГУ, 2012. 380 с.
8. Сороко, С. И. Комплексное многопараметрическое исследование системных реакций человека при дозированном гипоксическом воздействии / С.И.Сороко, Э.А.Бурых, С.С.Бекшаев, Е.Г. Сергеева. — Текст : непосредственный // Физиология человека. – 2005. – Т.31, №5. – С. 88-109.
9. Уолтер, Г. Живой мозг/ Г. Уолтер — Текст : непосредственный //Москва : Мир, 1966. 300 с.
10. Шеповальников, А. Н. О некоторых принципах интеграции биоэлектрической активности пространственно-распределенных отделов неокортекса в целостную динамическую систему / А.Н. Шеповальников, М.Н. Цицерошин, А.А. Погосян. — Текст : непосредственный // Физиология человека. - 1995. - Т. 21, № 3. - С. 36–49.
11. Шаов, М. Т. Механизмы влияния гипоксии на биоэлектрические процессы головного мозга / М. Т. Шаов, Х. М. Каскулов, И. И. Темботова. — Текст : непосредственный // Гипоксия : механизмы, адаптация, коррекция : материалы 3-й Всероссийской конференции. — Москва, 2002. — С. 151.

12. Яценко, М. В. Влияние цветовой фотостимуляции на показатели умственной работоспособности / М. В. Яценко, Н. З. Кайгородова // Интернет-журнал «Мир науки». – 2017. – Том 5, № 2. – URL: <http://mirnauki.com/PDF/49PSMN217.pdf> (дата обращения: 03.03.2020). – Текст : электронный.
13. Niedermeyer, E. Alpharhythms as physiological and abnormal phenomena = Альфа-ритмы как физиологические и аномальные явления / E. Niedermeyer. – Текст : непосредственный // Psychophysiology. – 1997. – Vol. 26, № 1-3. – P. 31-49.
14. Klimesch, W. Induced alpha band power changes in the human EEG and attention = Индуцированные изменения мощности Альфа-диапазона в ЭЭГ и внимании человека / W. Klimesch, M. Doppelmayr, H. Russegger. – Текст : непосредственный // Neurosci. – Lett, 1998. – № 244. – P. 73-91. 4.
15. Klimesch, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis = Альфа-и тета-колебания ЭЭГ отражают когнитивные показатели и показатели памяти: обзор и анализ / W. Klimesch. – Текст : непосредственный // Brain Res. Rev. – 1999. – Vol. 29, № 2-3. – P. 169-195.
16. Van, Beijsterveldt. Twin and family studies of the human electroencephalogram : a review and meta-analysis Близнецы и семейные исследования электроэнцефалограммы человека: обзор и метаанализ / B. Van, Baal Van. – Текст : непосредственный // Biological Psychology. – 2002. – Vol. 21, № 2. – P. 111-138.
17. De Kloet, E. R. Stress and the brain: from adaptation to disease = Стресс и мозг: от адаптации к болезни / E. R. De Kloet, M. Joels, F. Holsboer. – Текст : непосредственный // Neurology. – 2005. – № 6. – P. 463-475.
18. LaManna, J. C. Structural and functional adaptation to hypoxia in the rat brain = Структурно-функциональная адаптация к гипоксии в мозге крыс / J. C. LaManna, J. C. Chavez, P. Pichiule. – Текст : непосредственный // Journal of General Biology. – 2004. – V. 207. – P. 3163-3169.

Учебно издание

Будук-оол Лариса Кара-Саловна, Куулар Шенне Владимировна, Ховалыг Аяна Монгушовна

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

Учебно-методическое пособие

Редактор А.Р. Норбу
Дизайн обложки К.К. Сарыглар

Сдано в набор: 03.12.2019. Подписано в печать: 21.12.2019.
Формат бумаги 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная.
Физ. печ. л. 6,0. Усл. печ. л. 5,6. Заказ № 1576. Тираж 50 экз.

667000, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Ленина, 36
Тувинский государственный университет
Издательство ТувГУ