

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

**ПРАКТИКУМ
ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ**

В двух частях. Часть II

учебное пособие

ТОМСК
Издательство СибГМУ
2021

УДК 616-072.7(075.8)
ББК 53.434я73
П 691

Авторы:

Носарев А.В., Бирулина Ю.Г., Ким В.Н., Ковалев И.В., Петрова И.В., Смаглий Л.В., Гусакова В.С., Гусакова С.В.

П 691 Практикум по функциональной диагностике:
учебное пособие: в 2-х частях. Ч. II / А. В. Носарев и
[др.]. – Томск: Изд-во Сиб- ГМУ, 2021. – 68 с.

Данное пособие содержит описание практических работ, направленных на освоение нейрофизиологических и биофизических основ электроэнцефалографии, методологии анализа электроэнцефалограммы, а также на получение навыков выполнения функционально-диагностических исследований регионарной гемодинамики. В каждой работе представлено теоретическое обоснование используемого метода, подробное изложение подходов для выполнения исследования. В пособии содержатся вопросы, тестовые задания и ситуационные задачи для самоконтроля.

Учебное пособие «Практикум по функциональной диагностике. Часть II» подготовлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для студентов, обучающихся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования – программам специалитета по направлениям подготовки: 30.05.02 – Медицинская биофизика и 30.05.03 – Медицинская кибернетика.

УДК 616-072.7(075.8)
ББК53.434я73

Рецензент:

Л.В. Капилевич – д-р мед. наук, проф., зав. каф. спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины НИ ТГУ.

Утверждено и рекомендовано к печати Учебно-методической комиссией медико-биологического факультета ФГБОУ ВО СибГМУ (протокол № 2 от «9» июня 2020 г.).

© Издательство СибГМУ, 2021
© Носарев А.В., Бирулина Ю.Г., Ким В.Н., Ковалев И.В.,
Петрова И.В., Смаглий Л.В., Гусакова В.С., Гусакова С.В., 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ	5
1.1 Электроэнцефалография	5
1.2 Вызванные и связанные с событиями потенциалы...	16
ГЛАВА 2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА РЕГИОНАРНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ	26
2.1 Реоэнцефалография	26
2.2 Дуплексное сканирование сосудов головы и шеи	36
Тестовые задания.....	48
Эталоны ответов на тестовые задания	54
Ситуационные задачи	55
Ответы на ситуационные задачи	60
Список сокращений	66
Рекомендуемая литература	67

ВВЕДЕНИЕ

Современная диагностика неврологических болезней в значительной мере базируется на данных многочисленных инструментальных исследований, обычно объединяемых в общее понятие «функциональная диагностика». Функциональная диагностика – одна из стремительно развивающихся областей медицины, содержанием которой являются объективная оценка, обнаружение отклонений и установление степени нарушений функции различных органов и систем организма на основе измерения объективных показателей их деятельности с помощью инструментальных исследований.

Широкое внедрение в повседневную клиническую практику электроэнцефалографии, методики вызванных потенциалов, реоэнцефалографии и других подходов исследования обуславливает необходимость овладения не только нейрофизиологическими и биофизическими теоретическими основами, но и практическими навыками для их выполнения.

В последние годы наблюдается бурный прогресс в области функциональной неврологической диагностики, что связано, прежде всего, с внедрением микропроцессорной техники. Это привело к совершенствованию, ускорению и упрощению методов получения и анализа диагностической информации, позволило применить новые способы обработки и представления данных, а также получить существенно новые сведения о состоянии центральной и периферической нервной системы. Несмотря на активное развитие технологий нейроимиджинга, которые потеснили электроэнцефалографию, она и по сей день остается незаменимым методом диагностики функциональной активности центральной нервной системы, а электроэнцефалографические критерии являются неотъемлемой частью в определении эпилепсии как заболевания и в определении ее многочисленных форм.

Данное учебное пособие предназначено для использования студентами, обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования – программам специалитета по направлениям подготовки: Медицинская биофизика (30.05.02) и Медицинская кибернетика (30.05.03), с целью освоения методов исследования функциональной активности центральной нервной системы и регионарной гемодинамики, включая их практическое выполнение и трактовку полученных результатов.

ГЛАВА 1

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

1.1 Электроэнцефалография

Цель работы: освоить метод электроэнцефалографии и оценить функциональную активность головного мозга по данным электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в покое и после выполнения функциональных проб.

Материалы и оборудование: 16-канальный электроэнцефалограф Нейрон-Спектр-2 с программным модулем Нейрон-Спектр.NET (ООО «Нейрософт», РФ), мостиковые и ушные электроды, шлем для крепления электродов, фотостимулятор светодиодный, наушники, электрокардиографические электроды, электродный контактный гель или спрей (при отсутствии – раствор натрия хлорида 0,9 %), спирт этиловый 70 %, вата, бинт.

Вопросы для самоподготовки:

1. Условия подготовки пациента к исследованию ЭЭГ.
2. Правила наложения электродов для регистрации ЭЭГ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электроэнцефалография (ЭЭГ) – метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его электрических потенциалов.

ЭЭГ представляет собой сложный колебательный электрический процесс, который может быть зарегистрирован при расположении электродов на мозге или на поверхности скальпа, и является результатом электрической суммации и фильтрации элементарных процессов, протекающих в нейронах головного мозга.

Многочисленные исследования показывают, что электрические потенциалы отдельных нейронов головного мозга связаны тесной и достаточно точной количественной зависимостью с информационными процессами.

Чтобы нейрон генерировал потенциал действия, передающий сообщение другим нейронам или эффекторным органам, необходимо, чтобы собственное его возбуждение достигло определенной пороговой величины. Уровень возбуждения нейрона определяется суммой

возбуждающих и тормозных воздействий, оказываемых на него в данный момент через синапсы. Если сумма возбуждающих воздействий больше суммы тормозных на величину, превышающую пороговый уровень, нейрон генерирует нервный импульс, распространяющийся затем по аксону. Описанным тормозным и возбуждающим процессам в нейроне и его отростках соответствуют определенной формы электрические потенциалы.

Мембрана – оболочка нейрона – обладает электрическим сопротивлением. За счет энергии обмена веществ концентрация положительных ионов в экстраклеточной жидкости поддерживается на более высоком уровне, чем внутри нейрона. В результате существует разность потенциалов, которую можно измерить, вводя один микроэлектрод внутрь клетки, а второй расположив экстраклеточно. Эта разность потенциалов называется потенциалом покоя нервной клетки и составляет около 60–70 мВ, причем внутренняя среда заряжена отрицательно относительно экстраклеточного пространства. Наличие разности потенциалов между внутриклеточной и внеклеточной средой носит название *поляризации мембраны нейрона*. Увеличение разности потенциалов называется, соответственно, *гиперполяризацией*, а уменьшение – *деполяризацией*.

Потенциал покоя является тем исходным уровнем, на котором происходят изменения, связанные с процессами возбуждения и торможения, – спайковая импульсная активность и градуальные изменения потенциала. Спайковая активность характерна для тел и аксонов нервных клеток и связана с бездекрементной передачей возбуждения от одной нервной клетки к другой, от рецепторов к центральным отделам нервной системы или от центральной нервной системы к исполнительным органам. Градуальные электрические реакции присущи, в основном, дендритам в соме нейрона и представляют собой постсинаптические потенциалы (ПСП), возникающие в ответ на приход к нейрону спайковых потенциалов по афферентным путям от других нервных клеток. В зависимости от активности возбуждающих или тормозящих синапсов, соответственно, различают возбуждающие постсинаптические потенциалы (ВПСП) и тормозные постсинаптические потенциалы (ТПСП). Эти потенциалы отличаются локальностью, декрементным распространением на очень короткие расстояния по соседним участкам дендритов и сомы. Именно процессы суммации ТПСП и ВПСП определяют уровень деполяризации нейрона и,

соответственно, вероятность генерации нейроном спайка, т.е. передачи накопленной информации другим нейронам.

Таким образом, ЭЭГ является результатом сложной суммации электрических потенциалов многих нейронов, работающих в значительной степени независимо. Следовательно, можно сделать заключение, что суммарная ЭЭГ также отражает функциональную активность, но уже не отдельных нервных клеток, а их громадных популяций, т.е., иначе говоря, функциональную активность мозга.

На разных уровнях ствола и в передних отделах лимбической системы имеются ядра, активация которых приводит к глобальному изменению уровня функциональной активности практически всего мозга. Среди этих систем выделяют, так называемые, восходящие активирующие системы, расположенные на уровне ретикулярной формации среднего мозга и в преоптических ядрах переднего мозга, и подавляющие или тормозящие сомногенные системы, расположенные, главным образом, в неспецифических таламических ядрах, в нижних отделах моста и продолговатом мозге. Показано, что возбуждение активирующих ретикулокортикальных систем приводит к десинхронизации на ЭЭГ, выражающейся появлением высокочастотной низкоамплитудной, нерегулярной по частоте электрической активности.

Высокий уровень функциональной активности мозга, соответствующий эмоциональному напряжению, направленному вниманию для выполнения новой задачи, требующей интеллектуальной мобилизации, проявляется десинхронизацией в суммарной электрической активности. Снижение уровня функциональной активности сопровождается сокращением афферентного притока. В этих условиях отдельные нейроны, объединяясь в большие синхронизированные группы, оказываются в большей зависимости от деятельности связанных с ними больших популяций нейронов. Такая синхронизированная активность, отражающаяся на ЭЭГ регулярными высокоамплитудными, но медленными колебаниями, соответствует меньшей информационной содержательности процессов мозга, характерной для сна без сновидений, наркоза или глубокой комы.

Из изложенного выше следует, что ЭЭГ представляет собой процесс, обусловленный активностью огромного числа генераторов, и, в соответствии с этим, создаваемое ими поле представляется весьма неоднородным по всему пространству мозга и меняющимся во времени. В связи с этим между двумя точками мозга, а также между мозгом и удаленными от него тканями организма возникают переменные

разности потенциалов, регистрация которых и составляет задачу электроэнцефалографии. В клинической электроэнцефалографии ЭЭГ отводится с помощью электродов, расположенных на интактных покровах головы и в некоторых экстракраниальных точках.

При расположении электродов на голове обследуемого используемые схемы отведений должны отвечать некоторым основным требованиям. Во-первых, в схеме должны быть представлены все основные отделы конвекситальной поверхности мозга: лобные, центральные, теменные, затылочные, передние и задние височные. Во-вторых, электроды должны располагаться симметрично относительно срединной сагиттальной линии головы. Наконец, расстояния между всеми соседними электродами должны быть одинаковыми. Разность электрических потенциалов на поверхности интактных покровов головы имеет относительно небольшую амплитуду, в норме не превышающую 100–150 мкВ, а для высокочастотных ритмов – 3–50 мкВ.

В клинической электроэнцефалографии используют две основные системы отведений ЭЭГ: международную систему «10–20» (Jasper H., 1957), а также модифицированные схемы с уменьшенным количеством электродов (Jung J., 1939; Gibbs P., Gibbs E., 1950).

Точки расположения электродов в системе «10–20» определяют следующим образом (рис. 1):

- Измеряют расстояние по сагиттальной линии от *inion* до *nasion* и принимают его за 100 %. В 10 % этого расстояния от *inion* и *nasion* устанавливают соответственно нижний лобный (Fp) и затылочный (O) сагиттальные электроды.
- Остальные сагиттальные электроды (F, Cz и P) располагают между этими двумя на равных расстояниях, составляющих 20 % от расстояния *inion*–*nasion*.
- Вторая основная линия проходит между двумя слуховыми проходами через *vertex* (макушку).
- Нижние височные электроды (T3, T4) располагают соответственно в 10 % этого расстояния над слуховыми проходами, а остальные электроды этой линии (C3, C4) – на равных расстояниях, составляющих 20 % длины биаурикулярной линии.
- Через точки T3, C3, C4, T4 от *inion* к *nasion* проводят линии и по ним располагают остальные электроды (P3, P4, T5, T6, F3, F4, F7, F8, Fp1, Fp2).

- На мочки ушей помещают электроды, обозначаемые, соответственно, А1 и А2. Нечетные цифровые индексы соответствуют электродам над левым, а четные – над правым полушарием мозга.

В модификации Gibbs F., Gibbs E. (1950) положения электродов те же, что в системе «10–20», но количество их уменьшено до 12.

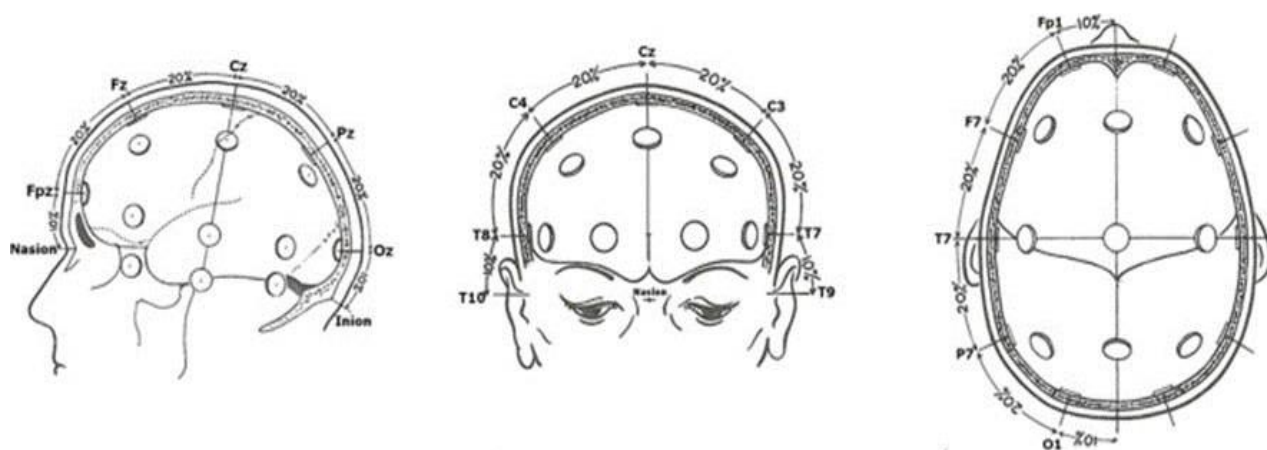


Рис. 1. Международная система расположения электродов «10–20»

С практической точки зрения используемые варианты отведения потенциалов могут быть разделены на монополярные и биполярные.

Монополярным называют такое отведение, когда на одну из входных клемм усилителя подается электрический потенциал от электрода, стоящего над мозгом, а на другую – потенциал от электрода, установленного на определенном удалении от мозга, или некоторый усредненный потенциал, не обусловленный каким-либо одним локальным источником. Электрод, расположенный над мозгом, чаще всего называют активным. Электрод, удаленный от мозговой ткани, носит название пассивного, референтного, индифферентного. Референтный электрод располагают на мочке ипсилатерального (контралатерального) уха, на подбородке или иногда на носу. Преимуществом монополярного отведения является возможность зарегистрировать неискаженную форму электрического потенциала. Кроме того, поскольку регистрирующие электроды расположены относительно далеко друг от друга, амплитуда ЭЭГ получается достаточно высокой, что позволяет выявить низкоамплитудные электрические компоненты на ЭЭГ. Однако при монополярном отведении суждение о локализации источника потенциала существенно ограничено, и сказать, что зарегистрированная ЭЭГ отражает активность какого-то локального источника, нельзя.

Биполярным называют отведение, при котором к положительной и отрицательной входным клеммам электроэнцефалографического усилителя подсоединяют электроды, стоящие над мозгом. Анализ ЭЭГ, зарегистрированных от нескольких пар электродов в различных комбинациях, позволяет выяснить локализацию источников потенциалов, составляющих компоненты сложной суммарной кривой, получаемой при биполярном отведении.

Стандартное исследование ЭЭГ проводится в состоянии расслабленного бодрствования (сидя или лежа, с закрытыми глазами). Также включает проведение функциональных проб – открывание глаз, ритмическая фотостимуляция, гипервентиляция. Эти пробы позволяют выявить активность, которая не регистрируется в обычной фоновой записи. Основное требование, предъявляемое к функциональным пробам, – стандартность их проведения и воспроизводимость, позволяющая сопоставлять данные, получаемые у разных обследуемых, и наблюдать за изменениями ЭЭГ одного больного в динамике.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1.

Исследование рекомендуется проводить в свето- и звукоизолированном помещении. Перед началом работы необходимо внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору, проверить его заземление. Затем расположить добровольца в свободной позе (сидя или полулежа) в удобном кресле с подголовником. Места наложения электродов на поверхность кожи обезжирить спиртом этиловым, сами электроды обработать электродным гелем или спреем, в случае их отсутствия – смочить 0,9 % раствором натрия хлорида. В присутствии преподавателя соответственно схеме наложить электроды для записи ЭЭГ. Для синхронной регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) на конечности испытуемого закрепить стандартные прижимные электроды («прищепки»).

Задание 2.

Зарегистрировать фоновую запись ЭЭГ в состоянии расслабленного бодрствования добровольца с закрытыми глазами.

Затем последовательно произвести функциональные пробы, постоянно контролируя поведенческие реакции добровольца во время исследования:

а) проба с открыванием и закрыванием глаз: продолжительность пробы составляет 15–20 секунд, при этом на ЭЭГ появляются характерные артефакты электроокулограммы, которые не следует путать с волнами собственно ЭЭГ. Проба с открыванием глаз позволяет оценить реактивность регистрируемых ритмов и симметричность изменений. При этом обычно происходит подавление α -ритма, который восстанавливается при закрывании глаз. Редко закрытие глаз может провоцировать появление непродолжительной эпилептиформной активности – признак фотосенситивности, известный как «eye closure sensitivity»;

б) проба с ритмической фотостимуляцией: добровольцу предъявляются световые вспышки различной частоты. Для этого на расстоянии 30 см от добровольца (дистанция от переносицы до лампы) располагают стойку с фотостимулятором. Вспышки предъявляются на закрытые глаза отдельными сериями длительностью 10–12 секунд для каждой частоты, с интервалом между сериями 10 секунд. Частота стимулов возрастает от 1 Гц до 20 Гц. При фотостимуляции могут отмечаться: падение амплитуды основного (затылочного) ритма, усвоение ритма фотостимуляции (способность электроэнцефалографических колебаний воспроизводить ритм вспышки), фотомиоклонический ответ (проявляется в виде полиспайков, которые возникают синхронно со световыми вспышками, отражают ритмические подергивания мышц в области лба, лица, век), фотопароксизмальный ответ (провокация эпилептиформной активности);

в) проба с фоностимуляцией: проба с громкими ритмическими звуками частотой от 20 Гц до 16 кГц с использованием фоностимулятора, вмонтированного в наушники;

г) проба с гипервентиляцией: проба проводится обычно в конце исследования, обследуемому предлагают глубоко, ритмично дышать в течение 3 минут. Обращают внимание на то, чтобы глубина вдоха и полнота выдоха были максимальными. Для достижения максимального выдоха обследуемому предлагают выдохнуть так, как при надувании мяча. Частота дыхания должна быть не слишком высокой (обычно в пределах 16–20 в мин). Одной из распространенных ошибок является частое дыхание. Регистрацию ЭЭГ начинают, по меньшей мере, за 1 мин до начала гипервентиляции, ведут в течение всей гипервентиляции и еще не менее 3 мин после ее окончания. Обычно гипервентиляция приводит к дезорганизации нормальной ритмики ЭЭГ, повышению количества медленных (дельта- и тета-) колебаний.

Усиление синхронизации работы нейронов может приводить к появлению билатеральных разрядов медленных волн, а также собственно эпилептиформной активности – комплексов спайк-волна.

Задание 3.

Выполнить интерпретацию полученной ЭЭГ и дать клинко-электроэнцефалографическое заключение.

Анализ ЭЭГ складывается из трех взаимосвязанных компонентов:

1. Оценка качества записи и дифференциация артефактов от собственно электроэнцефалографических феноменов.

2. Частотная и амплитудная характеристика ЭЭГ, выделение характерных графоэлементов на ЭЭГ (феномены «острая волна», «спайк», «спайк-волна» и др.), определение пространственного и временного распределения этих феноменов на ЭЭГ, оценка наличия и характера переходных явлений на ЭЭГ, таких как «вспышки», «разряды», «периоды» и др., а также определение локализации источников различного типа потенциалов в мозге.

3. Физиологическая и патофизиологическая интерпретация данных и формулирование диагностического заключения.

Артефакты на ЭЭГ по своему происхождению могут быть разделены на две группы – физические и физиологические (рис. 2).

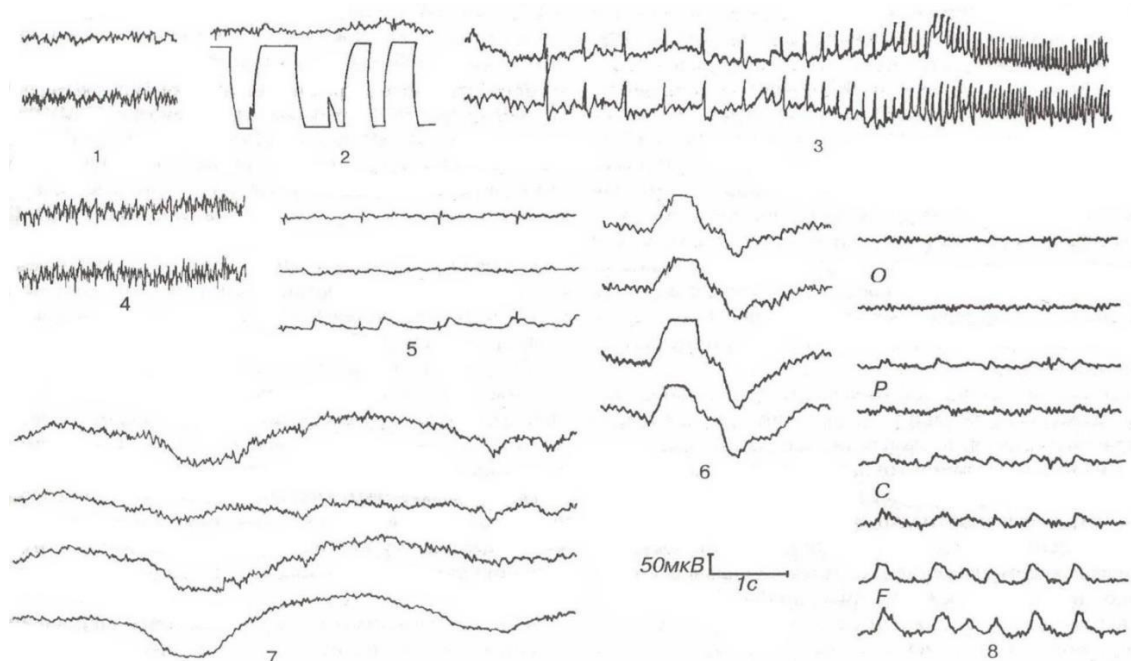


Рис. 2. Некоторые основные типы артефактов в ЭЭГ:

- 1 – наводка сетевого тока частотой 50 Гц, 2 – артефакты движения электрода, 2 – артефакты от лампы фотостимулятора, 4 – электромиограмма, 5 – артефакт ЭКГ, 6 – артефакт потенциала, связанного с глотательным движением, 7 – артефакт электрокожного потенциала, 8 – электроокулограмма

Физические артефакты обусловлены нарушениями технических правил регистрации ЭЭГ (помехи от внешних электрических полей, отсутствие заземления аппаратуры, плохой контакт электрода с телом обследуемого, движение электродов, поляризация электродов и др.).

Физиологические артефакты могут быть связаны с проявлениями жизнедеятельности организма обследуемого (появление потенциалов электромиограммы, электроокулограммы, ЭКГ и др.)

Под понятием «ритм» на ЭЭГ подразумевается определенный тип электрической активности, соответствующий некоторому определенному состоянию мозга и связанный с определенными церебральными механизмами. Соответственно, при описании ритма указывается его частота, типичная для определенного состояния и области мозга, амплитуда (рис. 3) и некоторые черты его изменений во времени при изменениях функциональной активности мозга.

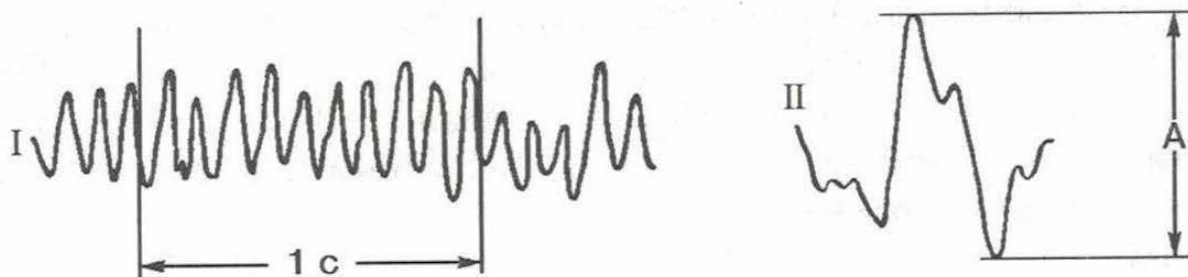


Рис. 3. Измерение частоты (II) и амплитуды (I) на ЭЭГ

Ритмы ЭЭГ взрослого бодрствующего человека:

– альфа(α)-ритм: частота – 8–13 Гц, амплитуда – до 100 мкВ. Лучше всего выражен в затылочных отделах. Наибольшую амплитуду имеет в состоянии спокойного расслабленного бодрствования, особенно при закрытых глазах в затемненном помещении;

– бета(β)-ритм: частота – 14–40 Гц, амплитуда – до 15 мкВ. Лучше всего регистрируется в области передних центральных извилин, однако распространяется и на задние центральные и лобные извилины. β -ритм связан с соматическими, сенсорными и двигательными корковыми механизмами и дает реакцию на двигательную активность или тактильную стимуляцию;

– мю(μ)-ритм: частота – 8–13 Гц, амплитуда – до 50 мкВ. Визуально регистрируемый μ -ритм наблюдается у небольшого количества

индивидуумов (5–15 %) и регистрируется в роландической области, т.е. соответственно распределению β -ритма. Активируется μ -ритм во время умственной нагрузки и психического напряжения.

Виды активности, патологические для взрослого бодрствующего человека:

- тета(θ)-активность: частота – 4–6 Гц, амплитуда – 30–40 мкВ (до 300 мкВ при регистрации ЭЭГ сна);

- дельта(δ)-активность: частота – 0,5–3 Гц, амплитуда – как у θ -активности. θ - и δ -колебания могут в небольшом количестве и при амплитуде, не превышающей амплитуду α -ритма, встречаться на ЭЭГ взрослого бодрствующего человека. В этом случае они указывают на определенное снижение уровня функциональной активности мозга;

- эпилептиформная активность: термин, обозначающий определенные типы колебаний и графоэлементов, характерных для людей, страдающих эпилепсией (рис. 4). Этот термин применяется к характеристике активности мозга вне приступа.

Одной из особенностей мозга при эпилепсии является свойство нейронов давать более активные реакции возбуждения и вступать в синхронизированную активность. Процесс синхронизации приводит к нарастанию амплитуды волн на ЭЭГ.

Потенциалы эпилептиформной активности: спайк (имеет острую форму, длительность – 15–70 мс, амплитуда его превосходит амплитуду фоновой активности, близким по происхождению феноменом является острая волна, важной характеристикой спайков и острых волн является их четкое отличие от фоновой активности); спайк-волна (комплекс, возникающий от комбинации спайка с медленной волной, имеют высокую амплитуду, период – 400–160 мс, часто следуют сериями повторяющихся феноменов); острая волна-медленная волна (напоминает по форме комплекс спайк-волна, но имеет большую длительность – 1300–500 мс).

Таким образом, наличие эпилептиформных феноменов в ЭЭГ является прямым следствием того, что в соответствующей области в данный момент происходят гиперсинхронные, патологические разряды больших групп нервных клеток. Эта особенность эпилептических феноменов делает их особенно ценными для изучения и диагностики эпилепсии.

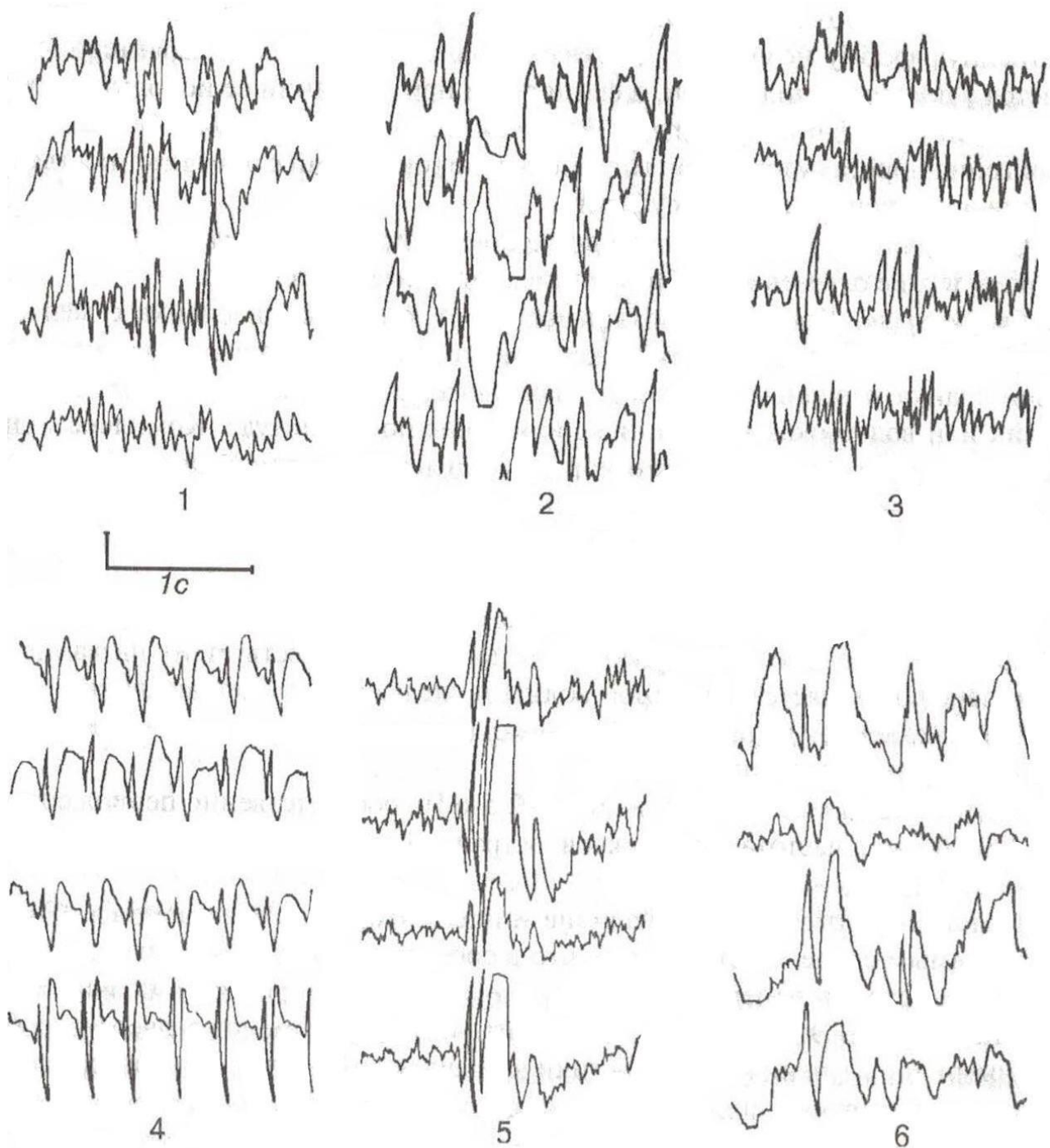


Рис. 4. Основные типы эпилептиформной активности:

1 – спайки, 2 – острые волны, 3 – острые волны в полосе β , 4 – спайк-волна, 5 – множественные спайки-волна, 6 – острая волна-медленная волна

Для описания распределения феноменов в ЭЭГ во времени используются описательные и интерпретативные термины. Периодами или эпохами в ЭЭГ называют временные отрезки разной длительности (обычно более 10 секунд) с достаточно стационарной активностью. Вспышки – термин, обозначающий группу волн с внезапным возникновением и исчезновением, четко отличающихся от фоновой

активности частотой, формой или амплитудой. Разряд – термин, употребляемый для обозначения вспышки эпилептиформной активности. Паттерн эпилептического припадка – разряд эпилептиформной активности, совпадающей с эпилептическим приступом. Периодические комплексы – высокоамплитудные вспышки активности, различающиеся по морфологии, но характеризующиеся высоким постоянством формы.

Вопросы для самоконтроля

1. Принципы анализа ЭЭГ, ритмы ЭЭГ.
2. Схема расположения электродов для регистрации ЭЭГ.
3. Функциональные пробы при записи ЭЭГ.

1.2 Вызванные и связанные с событиями потенциалы

Цель работы: освоить метод исследования вызванных потенциалов различных модальностей.

Материалы и оборудование: 16-канальный электроэнцефалограф Нейрон-Спектр-2 с программным модулем Нейрон-Спектр.NET (ООО «Нейрософт», РФ), мостиковые и ушные электроды, дисковидные металлические электроды, шлем для крепления электродов, фотостимулятор светодиодный, наушники, электродный контактный гель или спрей (при отсутствии – раствор натрия хлорида 0,9 %), спирт этиловый 70 %, вата, бинт.

Вопросы для самоподготовки:

1. Нейрофизиологические основы метода.
2. Классификация вызванных потенциалов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Исследование так называемых связанных с событиями (ССП) и, в частности, вызванных потенциалов (ВП) составляет важную часть нейрофизиологии. Весь объем физиологической информации о функционировании нервной системы испытуемого можно разделить на три блока: афферентацию, представляющую системы, традиционно называемые сенсорными; центральные регуляторные и интегратив-

ные механизмы; эфферентную систему, представленную нейромышечным аппаратом.

ССП в наиболее общем виде подразделяются на ВП, представляющие собой пассивные электрические реакции нервной системы на афферентные стимулы и, так называемые, эндогенные ССП, обусловленные эндогенной активностью мозга, связанной с высшими интегративными уровнями обработки и использования информации мозгом для принятия решения, памяти, сравнения, с активностью, связанной с направленным вниманием, эмоциями и мотивациями и т.д.

ССП, в свою очередь, подразделяют на когнитивные ССП, отражающие процессы обработки информации на уровне высшей интеграции в процессе принятия решения, осознания и других познавательных процессов, и связанный с движением макропотенциал мозга, который включает связанные с подготовкой действия ССП, а также непосредственное возбуждение корковых двигательных нейронов и обратную афферентацию, связанную с движением.

Афферентное возбуждение, возникающее при раздражении рецепторов или нервов, проходя по волокнам разного калибра, переключаясь и дивергируя на многочисленных синаптических системах спинного мозга, специфических и неспецифических ядрах ствола и подкорковых ганглиев, проецируется широко на конвекситальную и медиобазальную кору. Соответственно, в конфигурации ВП отражается вклад каждого из этих уровней, что обеспечивает возможность не только тестировать состояние сенсорных систем, но и судить о целостности и функциональном состоянии каждой из подсистем. Чувствительность метода ВП столь высока, что позволяет неинвазивным путем регистрировать активность не только коры, но и проводящих путей и ядер ствола, спинного мозга и периферических нервов, удаленных от отводящего электрода. Комбинированное исследование ВП разных модальностей не только дает целостную картину функционального состояния нервной системы, но и позволяет охарактеризовать степень зрелости разных ее уровней, оценить характер поражения.

Среди эндогенных ССП клиническое применение находит потенциал положительной полярности P300. Отражая нейрональные процессы, связанные с неспецифическими ретикулярными, лимбическими и неокортикальными системами общей активации, направленного внимания и памяти, этот потенциал изменяется при психических и

органических расстройствах нервной системы в процессе старения, при деменции, шизофрении и депрессиях.

Для исследования ССП и ВП, в частности, необходимо осуществить стимуляцию соответствующих рецепторов или нервных стволов, отвести электрические потенциалы от исследуемого отдела нервной системы, усилить их до необходимого уровня, подвергнуть определенной автоматической обработке и вывести в форме, удобной для анализа. Так, для получения зрительных ВП на вспышку света (ЗВП) используют фотостимуляторы, дающие импульсные вспышки с помощью фотодиодной матрицы. Для получения слуховых ВП (СВП) применяют фоностимуляторы, дающие или короткие тоны, регулируемые по высоте и интенсивности, или звуковые короткие щелчки (около 1 мс).

Можно разделить все виды стимуляции на адекватные и неадекватные. Адекватными являются стимулы с помощью тех видов энергии, которые естественно воспринимаются данной сенсорной модальностью. Для соматической системы – это механические и термические воздействия, для зрительной – световые, цветовые и образные стимулы, для слуховой – звук. Неадекватными являются электрические импульсы, прилагаемые к рецепторам и нервным стволам. Эти виды стимулов применяют для исследования соматосенсорных ВП (ССВП) и вестибулярных ВП.

На короткое интенсивное воздействие (вспышка света, звуковой щелчок, прямоугольный импульс тока) возникает ВП, состоящий из последовательности позитивных и негативных отклонений потенциала. Принято несколько способов обозначения этих компонентов. Они могут быть подразделены на 4 основных:

- 1) обозначение римскими цифрами;
- 2) присвоение каждому из компонентов буквенного обозначения его полярности: П(Р) – позитивность, Н(Н) – негативность, и индекса, обозначающего порядок его следования $P_1N_1P_2N_2$ ($P_1N_1P_2N_2$) и т.д.;
- 3) обозначение компонентов буквой, соответствующей полярности, и индексом, обозначающим среднюю нормальную латентность этого компонента в мс: $P_{13}N_{19}P_{22}$ и т.д.;
- 4) выбор какого-либо одного или нескольких компонентов ВП или определенной области латентности с последующим замером амплитуды от максимальной негативности до максималь-

ной позитивности или определение интеграла площади под кривой ВП.

В настоящее время могут быть получены ВП всех основных модальностей: зрительные, соматосенсорные, слуховые, вестибулярные, болевые, термические, обонятельные. Тем не менее основное значение в клинической неврологии имеют ВП первых трех перечисленных модальностей:

– зрительные ВП на вспышку (ЗВПВ): содержат ряд последовательных колебаний потенциала, нарастающих по амплитуде с увеличением латентности. Общая форма ЗВПВ, как и количество компонентов, варьирует, однако у подавляющего большинства исследуемых в норме можно выделить 8 основных компонентов: Π_1 , H_1 , Π_2 , H_2 , Π_3 , H_3 , Π_4 , H_4 (рис. 5, а). Как показано, компоненты ЗВПВ регистрируются широко за пределами собственно зрительной и специфической проекции в теменных, центральных, лобных и височных отделах (рис. 5, б). Установлено, что «сверхранние» компоненты ЗВПВ Π_0 и H_0 относятся к докорковым источникам и связаны с активностью зрительного нерва и тракта, подкорковых ядер и таламокортикальной радиации.

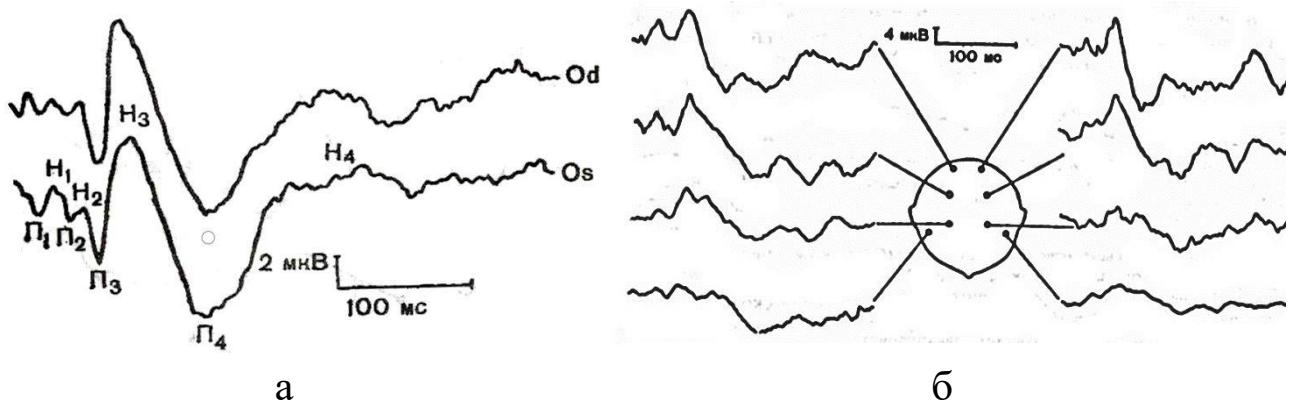


Рис. 5. Компоненты (а) и топическое распределение (б) ЗВПВ

Компоненты Π_1 и H_1 представляют собой ответ коры на приход афферентной послылки по быстропроводящим волокнам зрительных путей, переключающимся на специфических таламических зрительных реле. Волокна эти проецируются в затылочную кору, но также распространяются за ее пределы в височные, теменные, центральные и лобные отделы. Компоненты Π_2 и H_2 также относятся к относительно быстропроводящим афферентным системам, однако очевидно, что афферентные послылки, их обуславливающие, проходят большее число переключений прежде, чем достигают коры, о чем говорят

большие латентные периоды этих компонентов. Компоненты от P_3 до N_4 обусловлены ответом коры на афферентную посылку, идущую от неспецифических систем лимбико-ретикулярного комплекса. Наконец, послеразряд, связан с одной стороны – с механизмами, обуславливающими генерацию ВП, а с другой – с общими механизмами синхронизации, обуславливающими спонтанную активность в ЭЭГ;

– зрительные ВП на обращение шахматного паттерна (ЗВПШП): по данным ряда авторов, в больше степени связаны со специфическими зрительными функциями, чем ЗВПВ. В ответе на обращение шахматного паттерна принимают участие практически только колбочки, т.е. рецепторы макулярной области, детектирующие не столько перепад яркости, сколько границы контуров, контраст, пространственную частоту и другие характеристики зрительного образа. ЗВПШП может также служить индикатором поражения зрительного нерва и тракта и показателем процессов демиелинизации. При расположении активного электрода в затылочной области в наиболее полном варианте в ЗВПШП выделяют начальную позитивность, обозначаемую как P_{50} соответственно ее латентному периоду, начальную негативность N_{65} , основную позитивность P_{100} , следующую за ней негативность N_{145} и позднюю позитивность P_{200} (рис. 6, а). Наибольший клинический интерес представляет компонент P_{100} , возникновение которого связано с макулярным зрением. Вследствие чего смещение изображения из центра на периферию поля зрения приводит к резкому падению его амплитуды. Максимум позитивности этого потенциала приходится на области полюса затылочных долей, а в передних отделах он приобретает негативную полярность (рис. 6, б).

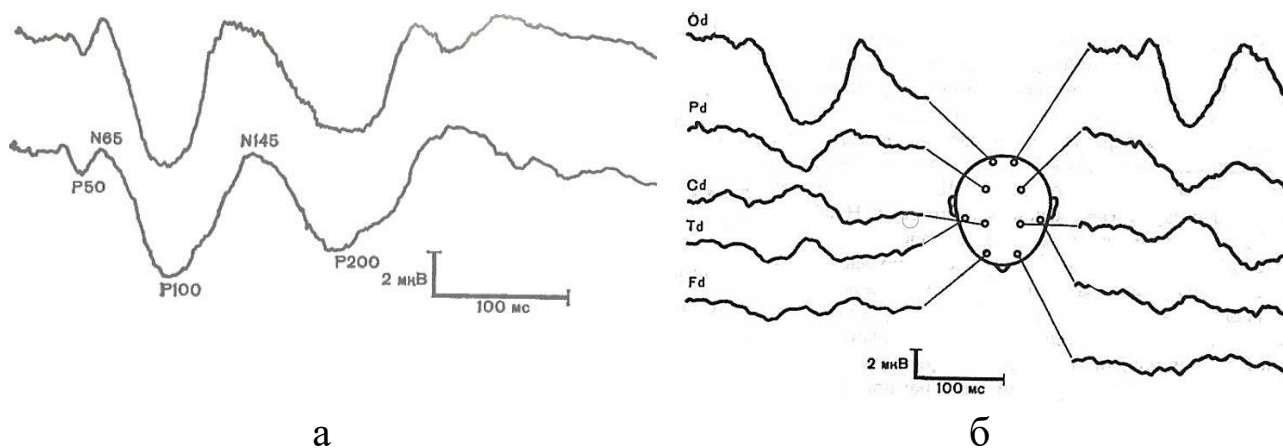


Рис. 6. Компоненты (а) и топическое распределение (б) ЗВПШП

– соматосенсорные ВП (ССВП): представляют собой электрические ответы нервных волокон и центров на стимуляцию рецепторов соматической чувствительности или соответствующих им нервных стволов. В практической диагностике применяют только электрическую стимуляцию. Чрезвычайно важна правильная установка электродов, поскольку изменение степени вдавления их в мягкие ткани, смещение в сторону даже на несколько миллиметров, высыхание электролита приводят к изменению плотности тока, проходящего через нервный ствол. Для контроля интенсивности стимуляции используется величина прямого двигательного ответа, возникающего в мышцах, иннервируемых двигательными волокнами стимулируемого нерва. Чаще всего производят стимуляцию периферических нервов с помощью поверхностных электродов, накладываемых над областью его прохождения, предпочтительно над костными выступами, обычно с противоположной стороны конечности на том же уровне (табл. 1). Для стимуляции обычно выбирают достаточно высокую интенсивность стимула, но такую, чтобы она не вызывала болевого ощущения. Интенсивность стимуляции при этом определяется глубиной анатомического залегания нерва и толщиной подкожного жирового слоя, она варьирует в пределах 10–30 мА, частота стимуляции составляет 3–5 Гц. В случае, если интересуется функциональное состояние проводника (цикл восстановления, рефрактерность), используют большие и меньшие частоты стимуляции в зависимости от конкретной задачи исследования.

– слуховые ВП (СВП): могут быть зарегистрированы на простые щелчки, тоны, шумы, звуки речи. СВП используют в аудиологии для диагностики нарушений слуховой функции. В качестве стимулов применяют короткие (до 50 мс) тональные посылки или звуковые щелчки. Использование звука разной интенсивности позволяет выявить пороги слуха и построить кривые соотношения интенсивности стимула (в дБ) с амплитудой ответов. Применение разной высоты тонов позволяет выяснить, в какой области имеются наибольшие нарушения слуховой функции. Метод СВП применяют для оценки целостности невральных структур, участвующих в проведении и восприятии слуховой информации, а также для уточнения возможного уровня их поражения. Основное требование, предъявляемое к данному методу, – возможность получения хорошо выраженного ответа, стандартно воспроизводимого у данного исследуемого. Оптимальным является использование в качестве стимула короткого звукового

щелчка (до 1 мс), обычно достаточно высокой интенсивности (около 60–90 дБ).

Таблица 1

*Места стимуляции и регистрации ответов
основных чувствительных нервов*

Нерв	Место стимуляции	Место регистрации ответа
Radialis	Первый палец Лучевая часть тыла кисти Тыльная поверхность шиловидного отростка лучевой кости Лучевая поверхность дистальной трети предплечья	Точка Эрба Подмышечная впадина Наружная поверхность плеча У головки лучевой кости
Medianus	Концевая и II фаланги II и III пальцев кисти На уровне лучезапястного сустава между сухожилиями m. flexor carpi radialis et m. flexor digitorum superficialis	Точка Эрба Подмышечная впадина В локтевой ямке у медиального края сухожилия m. biceps
Ulnaris	Пятый палец На уровне лучезапястного сустава непосредственно медиальнее гороховидной кости Ладонно-локтевая поверхность средней трети предплечья	Точка Эрба Подмышечная впадина Дорсально от медиального мыщелка плечевой кости
Peroneus Superficialis	Тыл стопы и пальцев	2–3 см дистальнее головки малой берцовой кости Латеральная часть подколенной ямки у головки малой берцовой кости
Tibialis	Подошва, пятка Сзади медиальной лодыжки Середина подколенной ямки	Середина подколенной ямки
Suralis	Наружный край стопы	Наружная поверхность дистальной трети голени
Cutaneus femoris lateralis	Наружная поверхность нижней трети бедра	У латерального конца паховой связки
Saphenus	Медиальная поверхность стопы и голени	Паховая складка непосредственно латеральнее a. femoralis

– На рисунке 7 представлена схема компонентов СВП, синтезированная из ранних, так называемых слуховых ВП ствола мозга (СВПСМ) и поздних СВП. СВПСМ занимают первые 10 мс от момента подачи через наушник короткого звукового щелчка и обозначаются римскими цифрами от I до VII по порядку следования позитивных компонентов. За ними следуют компоненты Π_1 Π_2 Π_3 Π_4 Π_1 Π_2 Π_3 Π_4 Π_1 Π_2 Π_3 Π_4 . Компонент Π_1 идентичен компоненту VII СВПСМ и рассматривается как проявление активности таламо-кортикальных путей или же как самая ранняя волна коркового ответа.

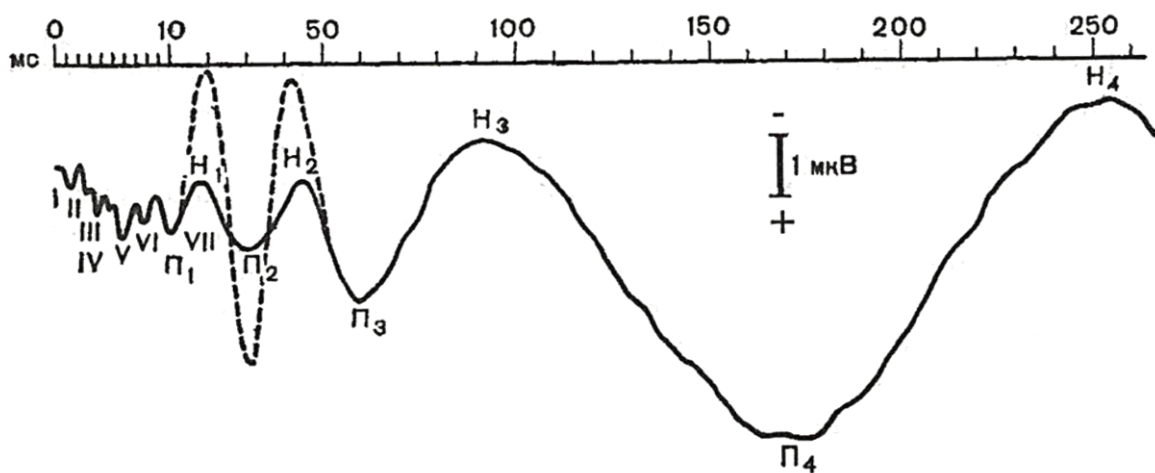


Рис. 7. Схема компонентов СВП:

I–VII –СВПСМ, Π_1 (VII)– Π_4 – таламо-кортикальные СВП. Пунктиром обозначен миогенный рефлекторный ответ, маскирующий ранние компоненты СВП

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1.

Исследование рекомендуется проводить в свето- и звукоизолированном помещении. Перед началом работы необходимо внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору, проверить его заземление. Расположить добровольца в свободной позе (сидя или полулежа) в удобном кресле с подголовником. В присутствии преподавателя соответственно схеме наложить электроды для записи исследуемых ВП согласно стандартам. Места наложения электродов на поверхность кожи обезжирить спиртом этиловым, сами электроды обработать электродным гелем или спреем, в случае их отсутствия – смочить 0,9 % раствором натрия хлорида.

Задание 2.

Зарегистрировать ВП зрительной, соматосенсорной, слуховой модальностей:

а) исследование ЗВП и ЗВПШП: активными электродами являются О1, О2, Oz, Т5, Т6, референтными – А1, А2, Fz; число каналов: 2–4; варианты отведений: О1–А1, О2–А2, Т5–А1, Е6–А2 / О1–Fz, О2–Fz, Т5–Fz, Т6–Fz / Т5–О1, О1–Oz, Oz–О2, О2–Т6 / Т5–О1, О1–О2, О2–Т6. Биполярные отведения используют для уточнения методом противофаз локализации максимумов компонентов.

Стимул ЗВП: вспышки длительностью < 1 мс со случайными интервалами в диапазоне 1000–1250 мс, обычно бинокулярно, при необходимости на каждый глаз; маркеры компонентов ЗВП: N₀, P₁, N₁, P₂, N₂, P₃, N₃, P₄, N₄.

Стимул ЗВПШП: обращение шахматного паттерна, стимуляция целого поля со случайными интервалами в диапазоне 1000–1250 мс, обычно раздельно на каждый глаз, иногда бинокулярно, контраст 90 %, размер клетки 20' угла зрения исследуемого, освещенность 50 кд/м; маркеры компонентов: N₀, P₅₀, N₆₅, P₁₀₀, N₁₄₅, P₂₀₀. Измеряют амплитуду (мкВ) и латентность (мс) компонентов.

б) исследование ССВП: стимуляция выполняется прямоугольными импульсами тока длительностью 0,1–0,2 мс, интенсивностью 10–30 мА, частотой 3–5 Гц.

Расположение электродов: на голове – С5 (между С3 и Т3), С6 (между С4 и Т4), Cz (на 1 см позади vertex), Fz, А1, А2; на шее – vC6 (остистый отросток 6 шейного позвонка); на туловище: Erbd, Erbs (правая и левая точки Эрба), vTh12 (над остистым отростком 12 грудного позвонка), Spd и Sps (над верхней передней остью подвздошной кости справа и слева). В случаях, когда исследуют ССВП с рук и ног, в качестве активных вместо С5, С6, Cz используют электроды, расположенные слева (С3) и справа (С4) на 1 см позади вертикали, проходящей через наружные слуховые проходы, и 3 см латеральнее средней линии головы.

Регистрация ССВП на стимуляцию срединного нерва на запястье: отведения справа (С5–А1 / vC6–Erbs / Erbd–vC6 / vC6–Fz) и слева (С6–А2 / vC6–Erbd / Erbs–vC6 / vC6–Fz). Маркеры: на С5–А1 и С6–А2 (N₀, P₁₂, N₂₀, P₂₅, N₃₀, P₄₀, N₆₀), на vC6–Erbs и vC6–Erbd (P₀, N₁₃), Erbd–vC6 Erbs–vC6 (P₀, N₉), на vC6–Fz (P₉, N₁₃, P₁₇). Здесь P₀ и N₀ – вспомогательные компоненты для замера амплитуд последующих N₁₃ и P₁₅. Измеряют амплитуду (мкВ) и латентность (мс) компонентов,

межпиковые интервалы (мс), также разности идентичных параметров при стимуляции правой и левой руки.

в) исследование СВПСМ: используемые отведения: Cz_s (между Cz и C3)–A1 и Cz_d (между Cz и C4)–A2. В качестве стимулов выступают широкополосовые щелчки на разрежение интенсивностью 80 дБ, общее число стимулов в серии 1000 с интервалами 100 мс, на правый, левый или оба наушника одновременно. Маркеры: I, Ia, II, IIa, III, IV, V, Va, VI, VII. Измеряют латентность (мс), амплитуду (мкВ) и временные интервалы (мс).

Задание 3.

Выполнить интерпретацию полученных ЭЭГ и сформулировать заключение.

Критерии патологии:

- выход за границы нормы собственных параметров компонентов;
- выход за границы нормы производных параметров (межпиковые компоненты, временные интервалы);
- выход за границы нормы разностей аналогичных параметров при стимуляции симметричных участков.

Вопросы для самоконтроля

1. Принцип метода регистрации ВП.
2. Компоненты ВП.
3. Показания для проведения ВП различных модальностей.

ГЛАВА 2

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА РЕГИОНАРНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ

2.1 Реоэнцефалография

Цель работы: освоить метод реоэнцефалографического исследования и выполнить анализ реоэнцефалограмм.

Материалы и оборудование: реографический комплекс «Рео-Спектр» с программным модулем Рео-Спектр (ООО «Нейрософт», РФ), электроды, кушетка, резиновые ленты или шлем, токопроводящий гель или спрей (при отсутствии – раствор натрия хлорида 0,9 %), спирт этиловый 70 %, вата, бинт.

Вопросы для самоподготовки:

1. Принцип метода реоэнцефалографии.
2. Диагностическое значение метода реоэнцефалографии.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Среди множества проблем функциональной диагностики в современной неврологии сосудистые заболевания головного мозга продолжают оставаться в центре внимания нейрофизиологов.

Значительная распространенность церебральной сосудистой патологии, омоложение контингента пациентов, тяжелые, трудно поддающиеся лечению последствия, зачастую приводящие к инвалидизации, и высокая летальность определяют необходимость своевременной диагностики начальных, доклинических проявлений недостаточности мозгового кровообращения.

Одним из простых и доступных средств диагностики состояния церебральной гемодинамики в артериальном и венозном русле является метод реоэнцефалографии (РЭГ), имеющий ряд положительных качеств: неинвазивность, дешевизна, безопасность для пациента и исследователя, безболезненность, возможность проводить многократные исследования мозгового кровотока даже у ослабленных больных

и детей, осуществлять индивидуальный подбор вазоактивных препаратов с последующим контролем эффективности терапии.

Существующие на сегодняшний день программное обеспечение и аппаратура для автоматизированной компьютерной обработки результатов РЭГ позволяют значительно повысить информативность этого метода и создают дополнительные удобства в работе.

Сложная структура головного мозга предопределяет высокую интенсивность и постоянство церебрального кровотока. На долю головного мозга, имеющего два процента от массы тела, приходится до 25 % минутного объема крови. Две трети всего количества крови поступает по внутренним сонным, остальная часть – по позвоночным магистральным артериям. При входе в череп от них отходят крупные мозговые ветви и соединительные артерии. Последние образуют на основании мозга артериальный треугольник (Виллизиев круг). Экстракраниальные сосуды, снабжающие головной мозг, относятся к артериям мышечно-эластического типа, интракраниальные – к артериям мышечного типа.

На мозговой кровотоке влияет множество факторов. Важнейшим из них является состояние центральной гемодинамики (сердечный выброс, артериальное давление). Однако, благодаря способности сосудов мозга активно изменять свой просвет, происходит саморегуляция перераспределения и стабилизации кровотока. Лишь при значительных колебаниях перфузионного давления могут возникнуть нарушения церебральной гемодинамики.

Другим фактором, влияющим на мозговой кровоток, является система коллатерального кровообращения. К наиболее мощным анастомозам относится артериальный треугольник (Виллизиев круг) основания мозга. У здорового человека кровь по магистральным сосудам поступает под одинаковым давлением, и в Виллизиевом круге наблюдается гемодинамическое равновесие. Поэтому в норме перераспределения крови, доставляемой внутренними сонными и позвоночными артериями, не происходит, и она поступает в сосуды гомолатеральной стороны. При снижении давления в любой из магистральных артерий возникает переток крови в сторону меньшего давления. У пожилых людей наблюдается смещение зоны гемодинамического равновесия в сторону вертебрально-базилярной системы.

Другими внутричерепными артериальными анастомозами являются анастомозы между крупными мозговыми артериями на поверхности больших полушарий мозга и внутримозговая сосудисто-

капиллярная сеть. Кора и белое вещество головного мозга снабжаются кровью из сосудистой сети, расположенной на поверхности мозга, образованной периферическими ветвями передней, средней и задней мозговых артерий. Анастомозы между этими сосудами расположены на конвекситальной поверхности полушарий, в основном в глубине борозд, и возмещают недостаток кровоснабжения в поверхностных областях мозга. Артерии, питающие глубокие отделы мозга, являются конечными в функциональном отношении, т.к. анастомозируют между собой через капилляры. Внутричерепные анастомозы представлены коллатеральными между наружной и внутренними сонными артериями посредством угловой артерии (ветви лицевой артерии), проходящей по медиальному краю орбиты глаза, и дорсальной артерии носа (ветви глазничной артерии). Сообщение между позвоночной, наружной сонной и подключичной артериями осуществляется через ретро-мастоидальный анастомоз, соединяющий мышечные ветви позвоночной артерии с затылочной артерией (система наружной сонной артерии) и восходящей шейной артерией (ветви подключичной артерии).

Учитывая замкнутость и несжимаемость внутричерепного пространства, кровоснабжение головного мозга осуществляется пульсирующими движениями крови синхронно с процессом оттока крови по венозной системе. Мозговые вены имеют тонкую эндотелиальную стенку, лишены клапанов, располагают разветвленной многоуровневой системой анастомозов, сообщаются через вены-выпускники с внутричерепными венами. Это обеспечивает возможность кровотока в различных направлениях.

Отток крови из больших полушарий мозга осуществляется через поверхностные и глубокие вены, венозные сосуды и в основном по внутренним яремным венам. Кровь из мозжечка и ствола головного мозга оттекает преимущественно в позвоночное венозное сплетение. При возникновении патологии (окклюзии) весь венозный отток из полости черепа может длительно осуществляться за счет только одной венозной системы, что препятствует быстрому развитию внутричерепной гипертензии.

Метод РЭГ позволяет получить информацию о состоянии артериального и венозного мозгового кровотока в каждом из трех сосудистых бассейнов головы в отдельности справа и слева. Обычно при выполнении РЭГ применяются следующие отведения.

1. Фронтально-мастоидальные отведения (FM) позволяют судить о бассейне внутренних сонных артерий. Для этого по одному электроду

крепится на лбу над надбровными дугами, отступя один–полтора сантиметра от средней линии, другие ставятся на область сосцевидного отростка, сразу за ушной раковиной, по одному с каждой стороны (рис. 8).

2. Окципито-мастоидальные отведения (ОМ) дают информацию о вертебрально-базилярном бассейне. Достигается это отведение наложением одного электрода на край большого затылочного отверстия по *linea nuchae*. В качестве второго используется электрод, установленный на сосцевидном отростке. Допускается использование общего затылочного электрода (ОО). Общий затылочный электрод накладывают по сагиттальной линии так, чтобы нижний край электрода находился над точкой максимального углубления подзатылочной ямки (рис. 8). Реже применяется еще один вариант наложения электродов: один устанавливается на уровне второго шейного, другой – на уровне шестого шейного позвонка.

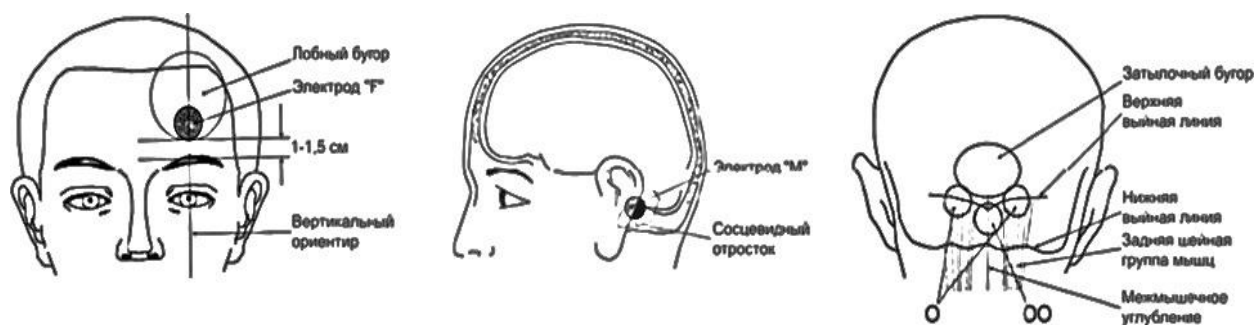


Рис. 8. Схема наложения электродов РЭГ

3. Битемпоральные отведения (ТТ) применяются значительно реже первых двух. Они отражают гемодинамику в наружных сонных артериях, используя ее височную ветвь. В этом случае один электрод располагается у угла глаза, другой – спереди от наружного слухового прохода.

При решении конкретных задач применяются лобные (FF), лобно-центральные (FC), лобно-височные (FT) отведения для исследования состояния гемодинамики в системе передней мозговой артерии, теменно-височное (PC) отведение – для оценки кровообращения в средней мозговой и затылочно-теменное (OP) отведение – в позвоночной артериях.

Зарегистрированные реограммы подвергаются визуальному (качественному) и количественному анализу. Визуальный анализ позволяет быстро оценить состояние гемодинамики, качество записи, вы-

явить и устранить артефакты, выбрать наиболее типичные участки реограммы для последующей математической обработки. Количественный анализ позволяет документально подтвердить динамику кровотока и определить показатели, характеризующие интенсивность регионарного кровообращения.

Основные элементы реограммы представлены на рисунке 9.

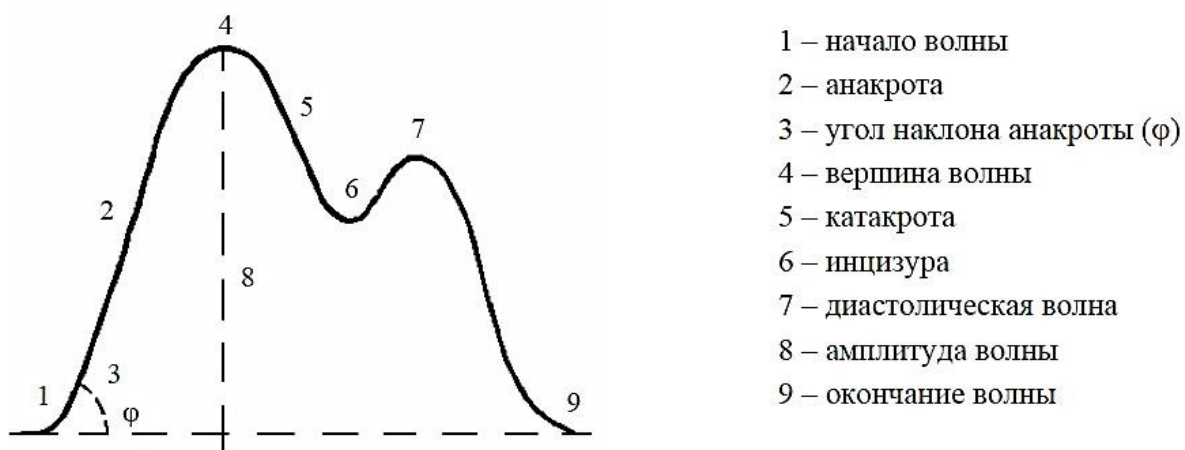


Рис. 9. Основные элементы реограммы

Специально проведенные исследования показали, что параметры реоэнцефалограммы более чем на 60 % зависят от состояния кровенаполнения мозговых сосудов того полушария, над которым установлены электроды; около 25 % обусловлены влиянием кровотока в противоположном полушарии; и только 10 % приходится на экстракраниальные сосуды. Приведенные данные позволяют считать реоэнцефалограмму, записанную поверхностными электродами, корректно отражающей кровенаполнение интракраниальных сосудов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1.

Внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору и тщательно проверить заземление. Подготовить электроды для выполнения РЭГ и синхронной записи ЭКГ (рис. 10).

Для РЭГ используются электроды, изготовленные из неподверженных коррозии металлов с хорошей электропроводностью (медицинская сталь, алюминий, олово, латунь и др.), покрытые тонким слоем хлорида серебра. Электроды должны иметь округлую форму, площадь 1,0–1,5 см² и толщину до 3–4 мм. Фиксация электродов на голове осуществляется специальным шлемом или одной–двумя рези-

новыми лентами с отверстиями для их крепления. Под электроды подкладываются тонкие гигроскопические прокладки, повторяющие форму и размер отводящей поверхности, обработанные электродным гелем или спреем. Необходимо добиться, чтобы значение базового сопротивления не превышало 200–300 Ом. Не следует допускать попадания волос под электроды. Для наложения электродов ЭКГ использовать электродный токопроводящий гель или спрей. Кожные покровы предварительно обработать спиртом этиловым.

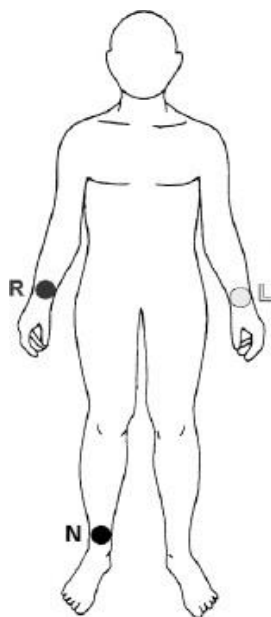


Рис. 10. Схема наложения электродов ЭКГ: R (красный) – на правую руку, L (желтый) – на левую руку, N (черный) – на правую голень

Обследование проводится в положении пациента сидя. Следует помнить, что в положении лежа происходит физиологическое снижение сосудистого тонуса.

Задание 2.

С помощью программного модуля Рео-Спектр произвести запись реограммы в состоянии покоя пациента (фоновая запись).

Затем произвести функциональные пробы – повороты головы вправо и влево с одновременной регистрацией реографической волны. Данные пробы позволяют оценить вертеброгенное воздействие на гемодинамику в позвоночных артериях, которое проявляется, преимущественно, на стороне патологии и усиливается при повороте в сторону поражения.

Вертеброгенное влияние может носить раздражающий и компрессионный характер. Раздражающее воздействие проявляется в изменении формы РЭГ-волны (уплощение вершины, смещение диастолической волны к вершине) – ангиоспастическая реакция.

В других случаях может наблюдаться снижение сосудистого тонуса (заострение вершины, смещение диастолической волны к изолинии) – дистонически-гипотоническая реакция. Компрессионное воздействие характеризуется выраженным снижением величины пульсового кровенаполнения.

Тесты с запрокидыванием и глубоким наклоном головы вперед могут привести к сдавливанию одновременно обеих позвоночных артерий и вызвать нарушение мозгового кровообращения (синдром зубоврачебного кресла).

Задание 3.

Выполнить интерпретацию зарегистрированных реоэнцефалограмм. Произвести визуальный анализ, определив начало и окончание реоволны, анакроту, вершину, катакроту, оценив расположение и степень выраженности инцизуры и диастолической волны. При помощи вспомогательного инструментария программы отобрать участки реограммы для последующей математической обработки и количественного анализа (рис. 11).

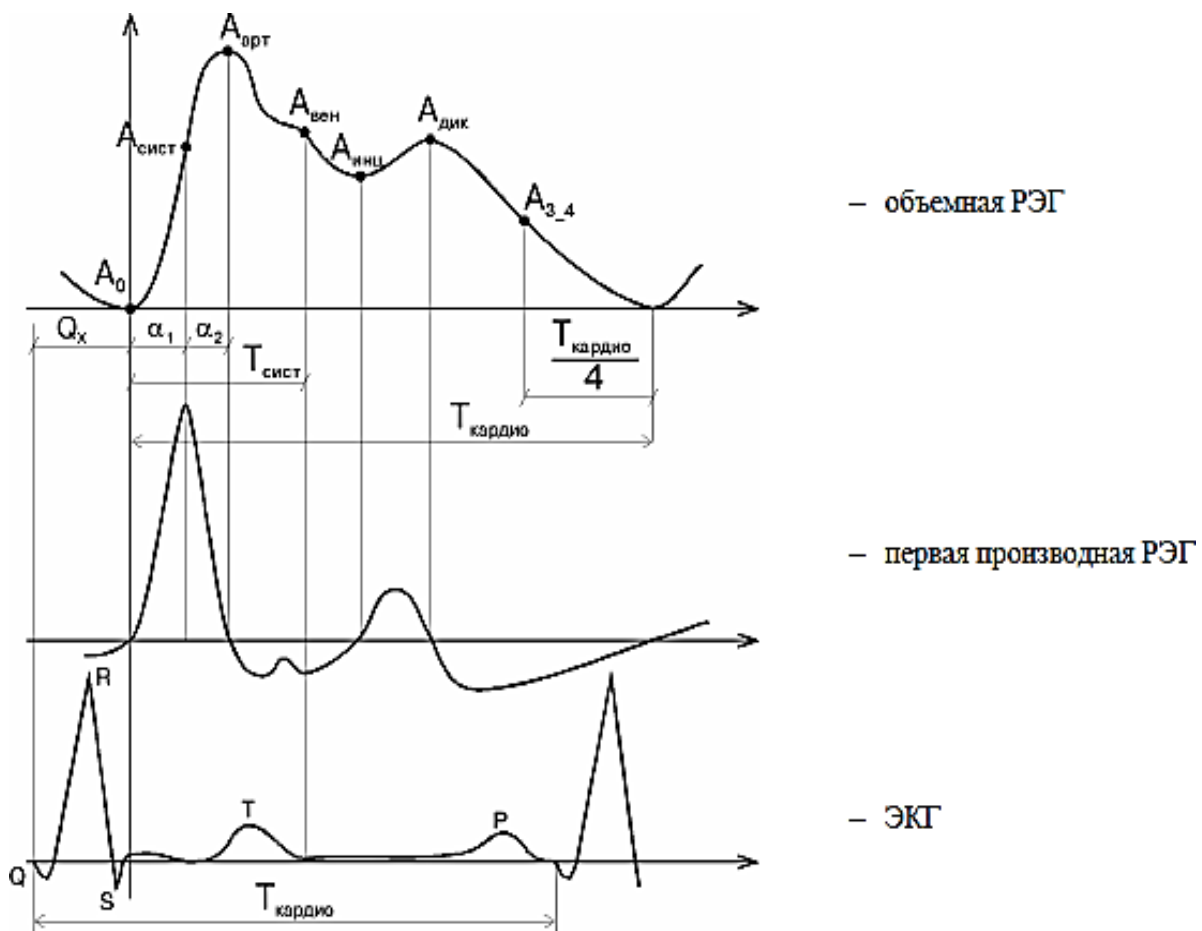


Рис. 11. Схема количественного анализа РЭГ-волны

Особенности визуального анализа РЭГ-волны:

1. При нормальном суммарном тоне артерий анакрота имеет крутой подъем и относительно пологую катакроту. Вершина волны слегка закруглена, инцизура хорошо выражена, диастолическая волна расположена на середине или на границе между верхней и средней третями катакроты, дополнительные зубцы отсутствуют.

2. При повышении тона артерий угол наклона анакроты несколько уменьшается, верхушка сглаживается или уплощается (замедление скорости изменения импеданса) вплоть до образования «плато» при артериоспазме. Выраженность инцизуры уменьшается, диастолическая волна смещается к вершине в верхнюю треть катакроты.

3. При понижении тона артерий увеличивается крутизна анакроты, вершина заостряется (большая скорость изменения импеданса), увеличивается выраженность инцизуры, диастолическая волна смещается к основанию в нижнюю треть катакроты. Чем ниже расположена вершина диастолической волны, тем выраженнее гипотония (вазодилатация). Выраженное заострение вершины наблюдается при артерио-венозном соустье, когда кровь из артерий, минуя капиллярную сеть, поступает в вены. В случае регистрации диастолической волны на изолинии или ниже ее, говорят об атонии сосудистой стенки. У больных с гипотоническим типом кривых наблюдается относительно более высокий тонус позвоночных артерий. При гипотонии (вазодилатации) снижается скорость кровотока и возникает опасность синкопальных состояний. Поэтому относительное повышение тона в окципито-мастоидальных отведениях у больных гипотонией можно рассматривать как защитную, приспособительную реакцию. Если тонус интракраниальных сосудов меньше, чем у экстракраниальных, — это свидетельство значительного истощения приспособительных механизмов.

4. Сосудистая дистония проявляется изменением положения дикротического зубца в пределах нескольких последовательных револн, регистрацией на катакротической части волны одного-двух дополнительных зубцов (феномен полидикротии).

5. Снижение эластичности сосудистой стенки происходит вследствие различных причин. Чаще это наблюдается у больных с церебральным атеросклерозом. На реограмме заметно уплощение РЭГ-кривых за счет снижения амплитуды пульсации, уменьшается

угол наклона анакроты, сглаживаются инцизура и вершина диастолической волны. Может выявляться межполушарная асимметрия.

6. Для умеренно выраженного нарушения внутричерепной венозной гемодинамики считается типичным наличие растянутой, слегка выпуклой катакроты, высокой диастолической волны, образование систоло-диастолического плато. При выраженном венозном застое появляется выбухание катакроты, вершина с тупым углом или имеющая двугорбый вид. Длительно существующий венозный застой вызывает формирование сосудистой дистонии, что отражается на РЭГ-кривой быстрым подъемом анакроты и таким же спуском катакроты, смещением диастолической волны к изолинии.

7. Увеличение внутричерепного давления, связанное с нарушением циркуляции цереброспинальной жидкости, затрудняет гемодинамику в венозном русле и отток крови из полости черепа. На РЭГ-волне, возникает деформация гребня волны в виде «трезубца», «гребня петуха». Возможно появление аркообразных и куполообразных волн.

Исходными параметрами для математического расчета являются абсолютные амплитудные и временные характеристики РЭГ-волны:

– $A_{\text{сист}}$ – амплитуда волны, соответствующая наиболее выраженному пику первой производной. Используется для расчета скорости быстрого кровенаполнения.

– $A_{\text{арт}}$ – амплитуда артериальной составляющей волны. Позволяет косвенно судить о величине пульсового кровенаполнения в исследуемом сосудистом бассейне.

– $A_{\text{вен}}$ – амплитуда максимального систолического значения венозной компоненты. Определяется для расчета показателя периферического сосудистого сопротивления.

– $A_{\text{инц}}$ – амплитуда волны на уровне инцизуры. Применяется для определения дикротического индекса, отражающего преимущественно тонус артериол.

– $A_{\text{дик}}$ – амплитуда волны на уровне диастолической волны. Используется для вычисления диастолического индекса, свидетельствующего о состоянии оттока крови из артерий в вены и тонусе вен.

– A_{3_4} – амплитуда реограммы на последней четверти сердечного цикла. Необходима для вычисления состояния оттока крови из полости черепа в сердце.

– $T_{\text{кардио}}$ – продолжительность всего кардиоцикла.

– Q_x – время распространения реографической волны. Измеряется от зубца Q синхронно записанной ЭКГ до начала очередной реографической волны. Характеризует суммарное состояние тонуса экстракраниальных сосудов. Уменьшается при повышении тонуса, увеличивается при его снижении. Самое большое увеличение наблюдается при затруднении кровотока (закупорке) на стороне поражения.

– α_1 – время быстрого кровенаполнения, зависящее от упругости стенок крупных церебральных артерий.

– α_2 – время медленного кровенаполнения, обусловленное тонусом сосудов среднего и мелкого калибра.

– $T_{\text{сист}}$ – время систолы.

Нормы некоторых количественных параметров реоволны приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения некоторых РЕГ-показателей, не зависящих от возраста

Обозначение	Параметр	Единица измерения	Значение нормы
КаРИ	Коэффициент асимметрии реографического индекса: для внутренних сонных артерий (FM) для позвоночных артерий (OM)	%	0-10 0-20
$T_{\text{сист}}$	Время систолы	с	0,45-0,50
Pr	Относительный объемный пульс	промилле	0,6-0,8
МДИА	Модифицированный диастолический индекс	%	10-15
ИБН	Индекс быстрого наполнения	%	67-87
α_1/α_2	Соотношение времени быстрого и медленного наполнения	у.е.	0,80-1,20
КВО	Коэффициент венозного оттока	%	84-96
ВО	Венозное отношение по И.В. Соколовой	%	0-20
ДО	Диастолическое отношение	%	65-75
$V_{\text{объем}}$	Скорость объемного кровотока: для внутренних сонных артерий (FM) для позвоночных артерий (OM)	Ом/с	0,17-0,58 0,14-0,45

В протоколе анализа реограммы необходимо отразить величину объемного пульсового кровенаполнения, показатели тонуса артерий различного калибра, периферического сосудистого сопротивления, венозного оттока и сделать заключение о наличии или отсутствии патологических изменений.

Вопросы для самоконтроля

1. Правила и места наложения реографических электродов.
2. Показатели РЭГ и их расшифровка.
3. Принципы визуального анализа реограммы.

2.2 Дуплексное сканирование сосудов головы и шеи

Цель работы: приобрести практические навыки оценки анатомии и функции экстракраниальных артерий с помощью дуплексного сканирования (ДС) и интракраниальных артерий с использованием транскраниального дуплексного сканирования (ТКДС).

Материалы и оборудование: ультразвуковой сканер «TOSHIBA ARTIDA» (Япония), линейный датчик (5-10 МГц) для экстракраниальных артерий, конвексный (1,9-6 МГц) и секторный датчики (2-4 МГц) для интракраниальных сосудов, акустический гель, слабый мыльный раствор, ватные шарики, кушетка, ортопедическая подушка или валик.

Вопросы для самоподготовки:

1. Общие показания для проведения ТКДС.
2. Противопоказания для выполнения ТКДС.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Бурное развитие визуализирующих методов исследования, таких как магнитно-резонансная, компьютерная томография, а также ультразвук высокого разрешения позволили эффективно диагностировать на ранних этапах развития атеросклеротическое поражение магистральных артерий головы. Прежде всего, сначала благодаря развитию ультразвуковой доплерографии, когда способ проводился фактически вслепую и, полагался на скорость кровотока в сосуде. А затем, с дальнейшим развитием ультразвукового оборудования, благодаря широкому внедрению в клинику ДС.

Метод ДС сочетает в себе два режима современной ультразвуковой эхолокации в высоком разрешении: двухмерную серошкальную эхографию (визуализация сосудов и окружающей ткани) и доплеровский режим исследования сосудистого кровотока (цветовое доплеровское картирование, спектральная доплерография и энергетический доплер). При этом исторически ДС основывалось на двухмерном серошкальном изображении сосудов и, одновременном при-

менении одного из доплеровских режимов. Сегодня, с развитием технологий, используется терминология «триплексное сканирование», когда на экране одновременно применяются все три режима сканирования: двухмерная эхография, доплеровские режимы цветового картирования и спектрального анализа кровотока. Что, по сути, соответствует методу ДС и, поэтому данный термин сохранил актуальность. Метод позволяет изучать стенки сосуда, кровотоки, степень стеноза, характер бляшки а, значит, оценивать её тромбогенность. Возможность прижизненной оценки и наблюдения за бляшкой является бесценной. А, если учесть безвредность и относительную дешевизну, в сравнении с другими визуализирующими методами, способ ДС просто беспрецедентен.

ДС начинают с проксимальных отделов общей сонной артерии (рис. 12).

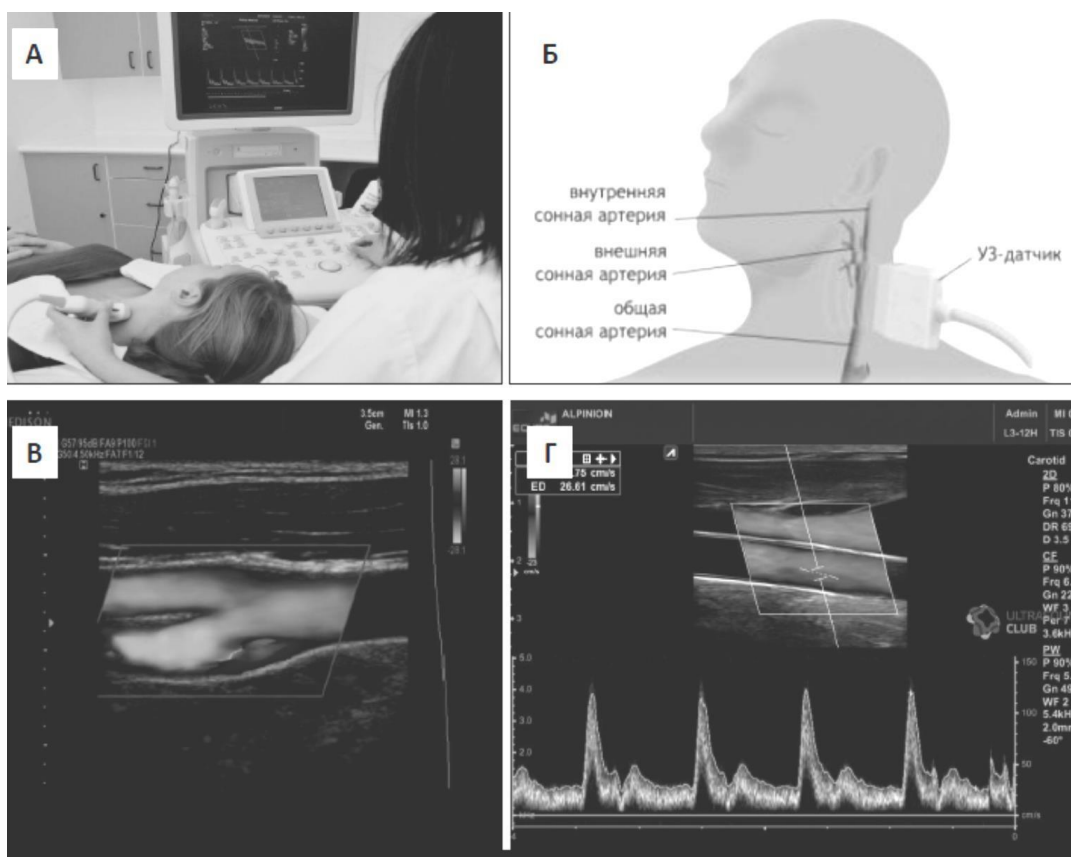


Рис. 12. УЗИ общей сонной артерии и её ветвей:

А – фрагмент процедуры, Б – схема расположения датчика продольно стволу и его ветвям, В – цветное доплеровское картирование кровотока и бифуркации, Г – спектральный анализ скорости сосудистого кровотока

Сонные артерии нужно визуализировать как в продольной, так и поперечной проекции сканирования. При исследовании в продольной плоскости основным ориентиром для визуализации общей сонной ар-

терии является грудинно-ключично-сосцевидная мышца. Обычно используют три ультразвуковых доступа: передний – по переднему краю грудинно-ключично-сосцевидной мышцы, срединный – по самой мышце, и задний – по заднему краю мышцы. При этом следует учитывать, что у каждого индивидуума информативность доступов очень переменна, прежде всего, из-за анатомо-топографических особенностей брахиоцефальных артерий (БЦА). Затем приступают к исследованию бифуркации, устья наружной и внутренней сонных артерий. После оценки устья внутренней сонной артерии, необходимо оценить её ствол, на как можно большем протяжении, вплоть до входа в череп. Метод ДС БЦА выполняют линейными, а также конвексными либо секторными датчиками.

Качественный анализ кровотока включает оценку характера течения потока, который в норме является ламинарным. На спектре доплеровского сдвига частот (СДСЧ) это проявляется наличием чистого окна внутри площади систолического пика кровотока. При этом конфигурацию доплеровского потока общей сонной и наружной сонной артерии отличает высокоамплитудный остроконечный систолический пик и глубокая инцизура между систолической и диастолической составляющими. Также доплеровский спектр общей сонной и наружной сонной артерий имеет низкую скорость диастолического потока, что указывает на высокое периферическое сопротивление в этих магистральных сосудах (рис. 13).

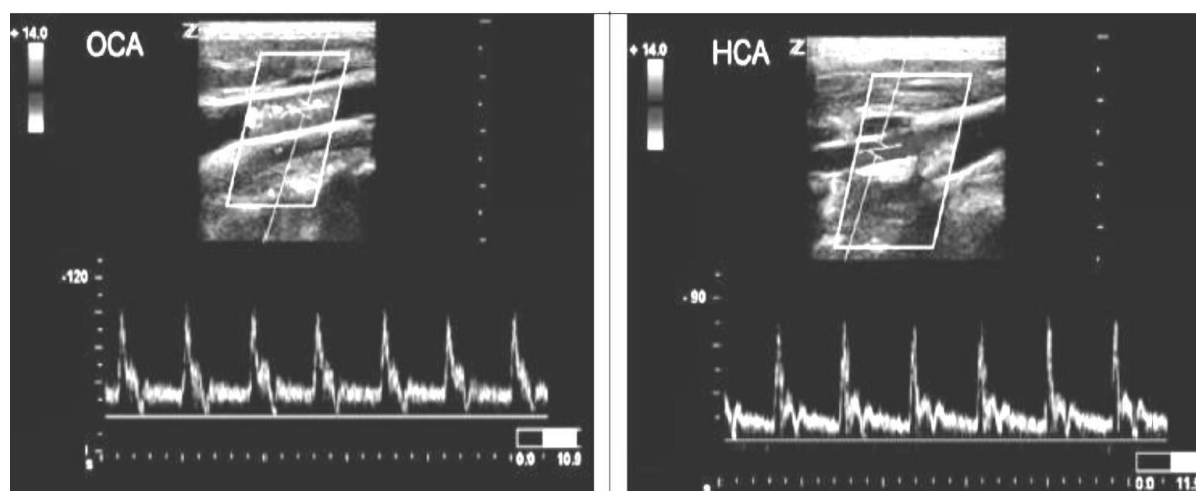


Рис. 13. Спектр доплеровский сдвига частот кровотока общей (ОСА) и наружной сонной артерии (НСА)

И, напротив, кривая СДСЧ в сосудах, непосредственно принимающих участие в кровоснабжении головного мозга, т.е. внутренних

сонных и позвоночных артерий резко различается. Прежде всего, тем, что после острого систолического пика, отмечается неглубокая инцизура между систолической и диастолической составляющими кровотока, а также повышенная амплитуда диастолического потока, свидетельствующая о низком периферическом сопротивлении в сосудах.

Что касается количественных характеристик толщины комплекса «интима-медиа» стенок, диаметра и скоростных показателей кровотока БЦА, то они, в известной степени, подвержены вариабельности в зависимости от возраста и антропометрии. В частности, установлено, что с возрастом толщина стенок артерий в норме возрастает от 0,48 мм в возрасте до 40 лет – до 1,02 мм к 80 годам. Увеличение сверх возрастной нормы толщины комплекса «интима-медиа» является ключевым маркером начального сосудистого атеросклероза. Поэтому способ ДС артериальной стенки приобрел большое клиническое значение в медицинской практике, позволив проводить скрининг и мониторинг у лиц с факторами риска развития атеросклероза. Значение толщины комплекса измеряется отдельно в продольном изображении как по ходу общей сонной артерии, так и в области бифуркации и устья внутренней сонной артерии. Наиболее удобным и общепринятым участком измерения толщины комплекса «интима-медиа» считают заднюю стенку дистального сантиметра общей сонной артерии. Для этого оптимизируют изображение режимом увеличения «Zoom» и затем проводят количественный расчет в дистальной, проксимальной и средней точках дистального сантиметра общей сонной артерии. Анатомическим ориентиром измерения толщины комплекса являются точки между внутренним краем адвентиции и краем интимы на границе с просветом общей сонной артерии (рис. 14). В норме толщина комплекса «интима-медиа» не должна быть более 0,9 мм.



Рис. 14. Определение толщины комплекса «интима-медиа»:
АСС – а. carotis communis, общая сонная артерия, АСЕ – а. carotis externa, наружная сонная артерия, АСИ – а. carotis interna, внутренняя сонная артерия

Диаметр просвета и скоростные показатели кровотока БЦА по мере удаления от проксимальных отделов к дистальным отделам, естественным образом, изменяются, что в существенной мере облегчает «узнавание» той или иной артерии при их нетипичном расположении либо патологических изменениях. В таблице 3 представлены общепринятые диапазоны количественных показателей БЦА.

Таблица 3

Диапазоны значений диаметра и скорости кровотока БЦА

Название	Диаметр, мм	Скорость в систолу, см/с	Скорость в диастолу, см/с	Индекс резистентности
Общая сонная артерия	4,1–7,0	50–105	9–35	
Внутренняя сонная артерия	3,0–6,4	32–101	9–35	0,5–0,9
Наружная сонная артерия	3,0–6,1	36–105	6–26	
Позвоночные артерии	2,0–4,6	20–60	6–26	0,6–0,9

При этом разброс величины диаметра и скоростных показателей кровотока значителен. Поэтому при оценке количественных данных, прежде всего, следует обратить внимание на характеристики «ламинарности и симметричности» кровотока с обеих сторон, а также на наличие жалоб и клинико-анамнестических данных пациента. В этой связи, необходимо особо отметить, что анамнез, жалобы и клиническая симптоматика играют важную роль при выявлении атеросклероза БЦА методом ДС. В то время как обнаружение клинически значимого атеросклеротического поражения магистральных артерий головы должно базироваться на общепринятых критериях оценки степени стеноза по данным серошкального изображения бляшки и доплеровских скоростных показателей кровотока (Тимина И.А., Бурцева Е.К., 2018). В частности, рекомендовано пиковую систолическую скорость кровотока и наличие бляшки в серошкальном или цветовом изображении считать основными параметрами, используемыми в оценке и градации стенозов внутренней сонной артерии.

Для определения степени стеноза на основе двухмерного изображения (рис. 15) необходимо измерять сужение сосуда как в продольной плоскости сканирования (измерение стеноза по диаметру), так и поперечной проекции (по площади поперечного сечения). Также необходимо учитывать, что при визуализации артерии в поперечной

проекции сканирования появляется возможность измерять степень стеноза сосуда с учётом геометрии атеросклеротической бляшки, и поэтому такая оценка будет точней. Причём конечная степень стеноза по данным СДСЧ, должна коррелировать со серошкальным изображением артерии и размером атеросклеротической бляшки, а также с цветовым изображением, качественными и количественными доплеровскими показателями стенотического кровотока.

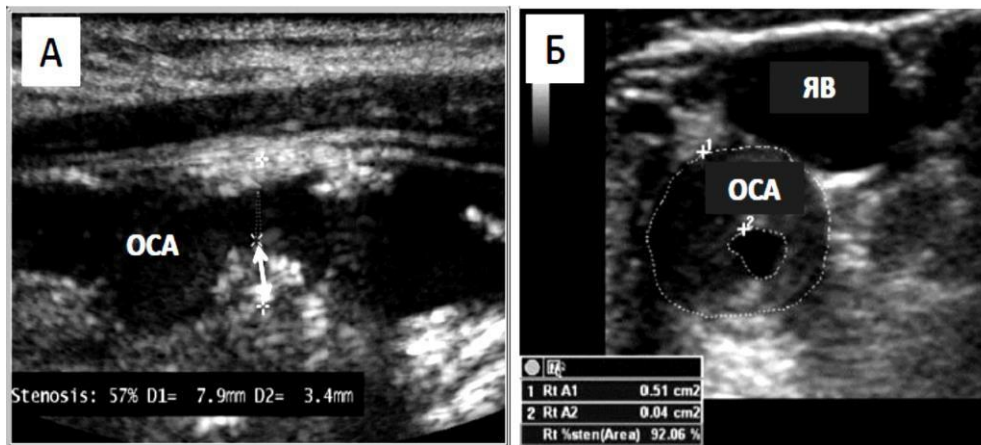


Рис. 15. Измерение степени стеноза общей сонной артерии:

А – по диаметру в продольной проекции (стрелкой показана бляшка), Б – по площади поперечного сужения, ОСА – общая сонная артерия, ЯВ – яремная вена

Ниже (рис. 16) продемонстрирован пример и классификация градации степени стенозов внутренней сонной артерии на основе анализа спектра доплеровского сдвига частот.

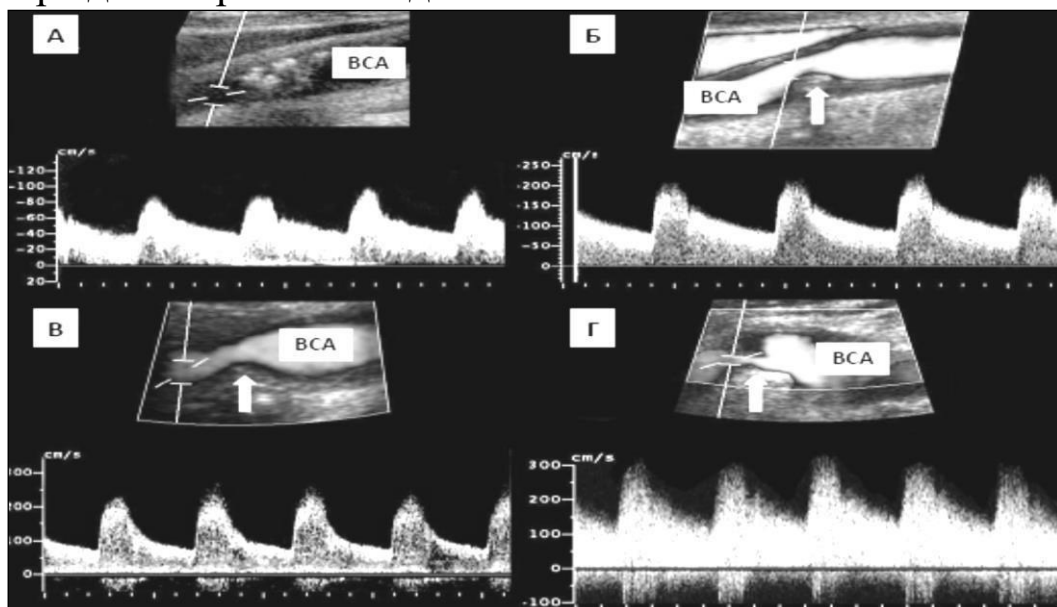


Рис. 16. Градация стеноза внутренней сонной артерии на основе СДСЧ:

А – в пределах нормы, Б – сужение 40–60 %, В – сужение 60–70 %, Г – стеноз более 90 %, стрелкой показана атеросклеротическая бляшка

- Стеноз до 40% – СДСЧ в пределах нормы, скорость до 100 см/с;
- стеноз 40–60% – СДСЧ не изменяется. Скорость около 200 см/с, уменьшается или исчезает чистое окно под систолическим пиком (А);
- стеноз 60–70% – скорость около 250 см/с, меняется форма СДСЧ и расширяется спектр, заполняется окно под систолическим пиком (Б);
- стеноз 75–90% – присущи признаки, характерные для стеноза 60-70%. Однако появляются отрицательные значения СДСЧ (В);
- стеноз более 90% – присущи признаки, характерные для стеноза 75–90%, но скорость свыше 300 см/с, а также на участке стеноза и за бляшкой отмечается резкая деформация формы СДСЧ (Г).

Таким образом, благодаря прогрессу ультразвуковых технологий, у подавляющего большинства пациентов стало возможным оценивать степень стеноза БЦА, даже не прибегая к ангиографии.

Противопоказания для выполнения ДС отсутствуют, причём для любой возрастной группы населения. Каких-либо дискомфортных ощущений во время исследования не появляется. Ультразвуковым датчиком врач может слегка надавливать на шею либо просить на короткое время задержать дыхание. И, лишь в некоторых случаях, кальцинированные бляшки могут затруднять прохождение ультразвуковой волны и препятствовать чёткой визуализации стенок артерий и атеросклеротических бляшек. Больше того, при наличии показаний, ДС экстракраниальных сосудов должно быть продолжено выполнением ТКДС внутричерепных сосудов.

Суть метода ТКДС имеет существенные различия по сравнению с ДС экстракраниальных артерий и, прежде всего, связанные с тем, что мозговые сосуды находятся в черепной коробке, которая затрудняет в полной мере применить визуализирующие свойства ультразвука. Для ТКДС используются лишь ограниченные «акустические окна» и, преимущественно конвексный или секторный датчик.

Кроме того, необходимы глубокие знания по топографической анатомии сосудистой системы мозга и референсным «нормальным» значениям скорости кровотока в той или иной артерии, измеренных с помощью импульсной доплерографии. А, если данным режимом воспользоваться проблематично, то в качестве вспомогательной методики, применяется режим «энергетического доплера».

При этом получаемое изображение, по сути, является «цветовым слепком сосудов», воссозданных двумерно-пространственным преобразованием доплеровского сдвига частот от движущихся частиц крови. Поэтому вся качественная информация о просвете сосуда изучается по изменению цветовой картограммы кровотока. Информативность ТКДС напрямую зависит от качества «акустических окон» либо ультразвуковых доступов (рис. 17).



Рис. 17. «Акустические окна» (ультразвуковые доступы) для метода ТКДС: 1 – темпоральное; 2 – субокципитальное; 3 – трансорбитальное;

Используемые ультразвуковые доступы: темпоральное окно (через височную кость, поскольку в некоторых участках она тонкая и ультразвуковая волна может пройти сквозь неё), субокципитальное окно (через соединение затылочной кости с позвоночником, где также имеется небольшое количество препятствий), трансорбитальное окно (через орбиты глазных яблок, так как эта зона имеет малое количество препятствий для ультразвуковой волны).

Наиболее информативными, технически не очень трудоёмкими, а также субъективно хорошо переносимыми являются темпоральные и субокципитальное окна. Сквозь темпоральное окно (рис. 18) открывается доступ к передней, средней мозговым артериям (ветви внутренней сонной артерии), а также задней мозговой артерии (ветви вертебробазилярной системы).

Через субокципитальное окно (рис. 19, А, Б) хорошо сканируется система вертебральных артерий и их объединение в базилярную ар-

терию головного мозга. А вот, трансорбитальное окно (рис. 19, В) на практике, применяется редко.

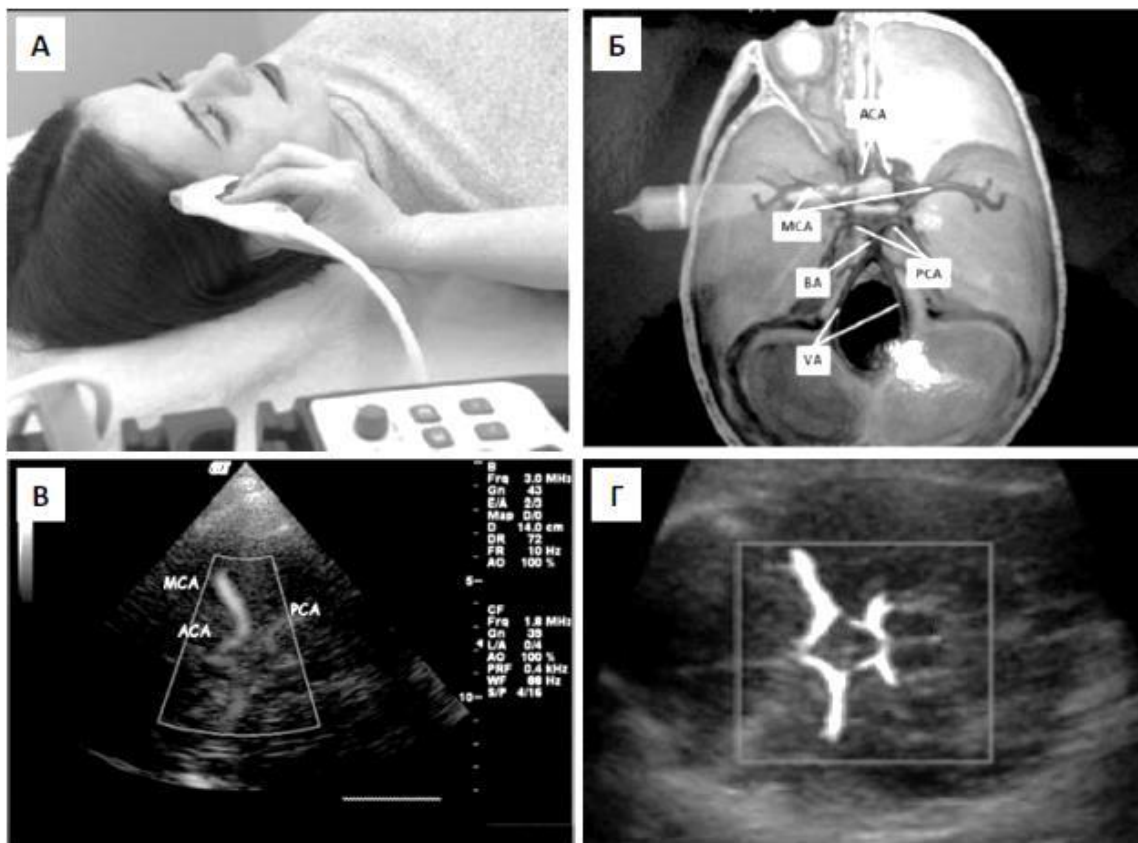


Рис. 18. Темпоральный доступ:

А – фрагмент процедуры, Б – АСА (a. cerebri anterior), МСА (a. cerebri middle) и РСА (a. cerebri posterior) – передняя, средняя и задняя мозговые артерии, ВА – базилярная артерия, VA – вертебральная артерия, В, Г – Виллизиев круг

Обычно к этому доступу обращаются тогда, когда подозревается окклюзия в системе внутренней сонной артерии и, когда, головной мозг снабжается кровью ветвями наружной сонной артерии: надблоковая и глазничная артерии. При ТКДС также используют функциональные тесты с компрессией, поворотом головы, гипервентиляцией и нитроглицерином. Ещё более редко используемым в практике является супрааурикулярный доступ.

Показания для выполнения ТКДС, в целом те же, что и для ДС, однако содержат и специальные. Поэтому после проведения сканирования экстракраниальных артерий, переходят к ТКДС, если подозревается:

- окклюзия ветвей внутренней сонной или базилярной артерий;
- тромбоз или эмболия в системе внутричерепных сосудов;
- сдавление или смещение сосудов опухолью либо гематомой;

- врожденные аномалии внутричерепных сосудов;
- ангиоспазм различного происхождения;
- сосудистые аневризмы мозга;
- венозный застой мозга.

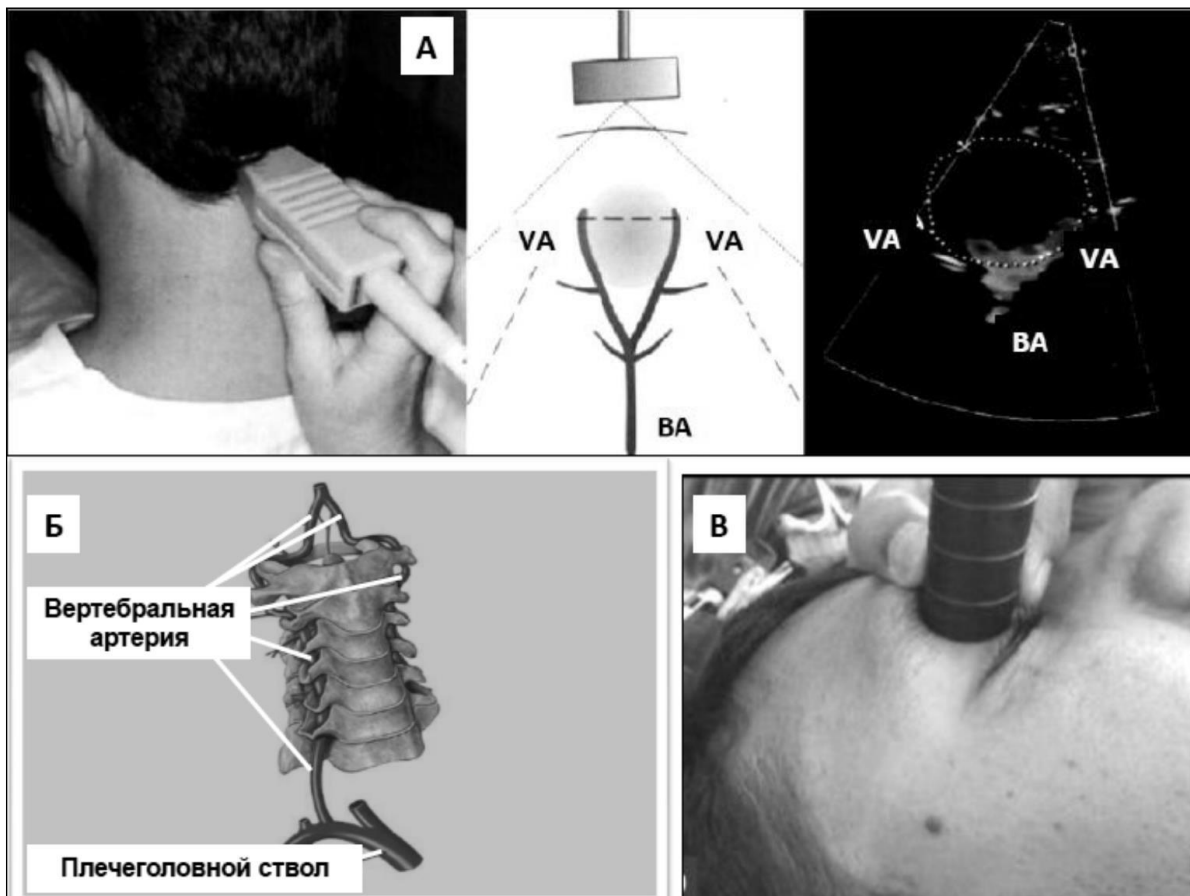


Рис. 19. Субокципитальный и трансорбитальный доступы:
 А – субокципитальное окно: фрагмент процедуры, схема ДС, картина вертебральных (VA) и базилярной артерий (BA), Б – топография вертебральной артерии, В – трансорбитальное окно

Противопоказаний для ТКДС также не существует, впрочем, как и какой-либо специальной подготовки. Способ безболезненный, занимает примерно 40 мин, после завершения требуется только удаление с кожи и волос остатка геля.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1.

Изучить стандарт операционных процедур (СОП) методов ДС экстра- и интракраниальных артерий. Перед исследованием необходимо проверить корректность работы сосудистой опции в сканере

«TOSHIBA ARTIDA», комплектность линейных 5-10 МГц, конвексного 1,9-6,0 МГц и секторного 2-4 МГц датчиков, акустический гель, мыльный раствор, ватные шарики, а также кушетку с наличием ортопедической подушки или валика.

СОП для проведения ДС экстра- и интракраниальных БЦА:

1. Произведите идентификацию испытуемого.
2. Произведите гигиену рук до и после диагностической процедуры (Европейский стандарт EN-1500).
3. Проинформируйте испытуемого о деталях исследования.
4. Шея и голова освобождаются от украшений, заколок и т.п.
5. СОП метода ДС и ТКДС требует соблюдение следующих условий:
 - 5.1. Убедитесь, что в помещении тепло и испытуемый расслаблен.
 - 5.2. Испытуемый укладывается на кушетку лицом вверх, под голову кладут ортопедическую подушку либо валик.
 - 5.3. Осмотр начинают с боковой шейной поверхности, для этого просят повернуть голову в сторону противоположную обследуемой.
 - 5.4. На кожу обследуемой стороны наносят акустический гель, устраняющий помехи для ультразвукового датчика.
 - 5.5. Как правило, исследование сосудов шеи начинают с использования линейного ультразвукового датчика.
 - 5.6. Для осмотра других сосудов положение тела испытуемого меняется, например, для осмотра отдельных групп сосудов, используется положение «на боку» или «на животе».
 - 5.7. По сосудистым и смежным тканям, которые визуализируются на экране, врач отслеживает и корректирует положение датчика.
 - 5.8. Дополнительно может потребоваться надавливание датчиком на сосуд или выполнение функциональных тестов – врач может просить задержать дыхание для оценки регуляции вегетативной нервной системы либо дополнительно повернуть голову при проведении ТКДС.
 - 5.9. Если в шейных сосудах обнаруживаются отклонения, проводится исследование близлежащих вен и артерий.
 - 5.10. Иногда требуется отследить изменение показателей при разном положении тела, сначала процедуру проводят «по умолчанию» лежа, затем просят испытуемого сесть или встать и повторяют замеры.
 - 5.11. Также может потребоваться проведение функциональной пробы с нитроглицерином, расслабляющим гладкие мышцы вен.
 - 5.12. Несмотря на то, что ДС безболезненное и, не имеет противопоказаний, тем не менее, регулярно проводите опрос испытуемого о его самочувствии, особенно при выполнении функциональных проб.

5.13. Перед тем, как закончить проведение ДС и ТКДС убедитесь, что все замеры исследования зафиксированы в отчёте прибора.

5.14. Помогите, если это потребуется, испытуемому встать с кушетки, особенно после проведения функциональных проб, а также помогите, если потребуется, удалить остатки геля с кожи головы и шеи.

5.15. Произведите обработку УЗ-датчиков и рабочего места.

5.16. Произведите обработку рук.

5.17. Начинайте обработку и анализ результатов исследования.

6. Примечание:

6.1. За день до исследования следует отказаться от препаратов, улучшающих мозговое кровообращение (ноотропных), витаминов, вено-тоников (лекарственных средств, применяемых для защиты сосудов).

6.2. В день процедуры следует исключить употребление: черного чая; кофе или кофеина в таблетках; кока-колы; энергетических напитков; алкоголя (от него лучше отказаться и накануне).

6.3. По возможности следует отказаться от приема пищи прямо перед обследованием, а также не злоупотреблять острым и соленым.

6.4. Минимум за 2 часа не курить и избегать пребывания в плохо проветриваемых или наполненных сигаретным дымом помещениях.

Задание 2.

Под контролем преподавателя студенты воспроизводят СОП ДС БЦА на добровольцах студентах и приступают к интерпретации полученных результатов.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите признаки доплеровского спектра кровотока в норме.
2. Назовите главные артерии, образующие Виллизиев круг.
3. Назовите основные «акустические окна» для ТКДС.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один правильный ответ.

1. ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ РЕФЕРЕНТНЫЙ ЭЛЕКТРОД ЗАКРЕПЛЯЮТ

- 1) на затылке
- 2) в нижней части лба
- 3) по сагиттальной линии головы
- 4) на мочке уха

2. ПРИ МОНОПОЛЯРНОМ ОТВЕДЕНИИ ИЗМЕРЯЮТСЯ ПОТЕНЦИАЛЫ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ

- 1) теменным и ушным
- 2) височным и затылочным
- 3) нижнелобным и лобным полюсным
- 4) центральным и лобным

3. ПРИ БИПОЛЯРНОМ ОТВЕДЕНИИ ИЗМЕРЯЮТСЯ ПОТЕНЦИАЛЫ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ

- 1) теменным и ушным
- 2) затылочным и теменным
- 3) ушным и сосцевидным
- 4) сосцевидным и сагиттальным центральным

4. АЛЬФА-РИТМ НА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ ФОРМИРУЕТСЯ

- 1) при рождении
- 2) к 7 годам
- 3) к 3 годам
- 4) к 15 годам

5. К СТАНДАРТНЫМ ПРОВОКАЦИОННЫМ ПРОБАМ, РАСШИРЯЮЩИМ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЭГ-ИССЛЕДОВАНИЯ, ОТНОСЯТ

- 1) глубокое дыхание с частотой 20 раз в минуту
- 2) 20 глубоких приседаний за 30 секунд
- 3) кратковременное пережатие сонной артерии
- 4) проба с задержкой дыхания после выдоха

6. ПРИСТУП, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЙСЯ КЛИНИЧЕСКИ КРАТКОВРЕМЕННЫМИ (5–10 СЕК) ЭПИЗОДАМИ ПОТЕРИ СОЗНАНИЯ, А ПО ЭЭГ – ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫМИ (3 ГЦ) СПАЙК-МЕДЛЕННО ВОЛНОВЫМИ РАЗРЯДАМИ, ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) простым парциальным
- 2) сложным парциальным
- 3) абсансом
- 4) генерализованным тонико-клоническим

7. ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОБЫ С ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИЕЙ РЕГИСТРАЦИЮ ЭЭГ НАЧИНАЮТ _____ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИИ

- 1) одновременно с началом
- 2) за 1–2 минуты до начала
- 3) через 2 минуты от начала
- 4) за 10 минут до начала

8. СТРУКТУРОЙ МОЗГА, УГНЕТАЮЩЕЙ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭПИЛЕПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ, ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) кора височной доли
- 2) гиппокамп
- 3) красное ядро
- 4) хвостатое ядро

9. ПРОБА С ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИЕЙ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ЭЭГ ПРОВОДИТСЯ С ЦЕЛЬЮ ВЫЗВАТЬ

- 1) гипероксию и гипокапнию
- 2) гипероксию и гиперкапнию
- 3) гипоксию и гипокапнию
- 4) гипоксию и гиперкапнию

10. СЛОЖНЫЕ ПАРЦИАЛЬНЫЕ ПРИПАДКИ ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ ПРОСТЫХ

- 1) нарушением сознания
- 2) сочетанием сенсорной и моторной симптоматики
- 3) сочетанием моторной и вегетативной симптоматики
- 4) отсутствием ауры

11. ПРОВЕДЕНИЕ ЭЭГ С ФОТОСТИМУЛЯЦИЕЙ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНО ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ

- 1) демиелинизирующих и острых воспалительных поражений
- 2) истинных и истерических нарушений зрения
- 3) опухолей головного мозга
- 4) сосудистых и травматических поражений

12. НЕРВНЫЕ ИМПУЛЬСЫ ГЕНЕРИРУЮТСЯ

- 1) наружной мембраной
- 2) нейрофиламентами
- 3) клеточным ядром
- 4) аксоном

13. АССОЦИАТИВНЫЕ ВОЛОКНА СВЯЗЫВАЮТ

- 1) ножки мозга
- 2) различные участки коры одного и того же полушария
- 3) несимметричные части обоих полушарий
- 4) симметричные части обоих полушарий

14. СУТЬ ЭФФЕКТА ДОППЛЕРА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В РЕГИСТРАЦИИ

- 1) зеркальных волн
- 2) рассеянных волн
- 3) сдвига частот
- 4) отраженных волн

15. ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИЯ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ

- 1) не вызывает значительных изменений на ЭЭГ
- 2) вызывает резкое снижение амплитуды корковой ритмики
- 3) вызывает резкую депрессию альфа и бета-ритма
- 4) провоцирует появление унилатеральных медленных волн

16. РЕАКЦИЯ УСВОЕНИЯ РИТМА НАБЛЮДАЕТСЯ ПО

- 1) центрально-височным отведениям
- 2) лобно-теменно-затылочным отведениям
- 3) теменно-височным отведениям
- 4) теменно-затылочным отведениям

17. ОТСУТСТВИЕ РЕАКЦИИ УСВОЕНИЯ РИТМА

- 1) является явной патологией
- 2) может свидетельствовать о наличии ряда патологий ЦНС

- 3) не является патологией
- 4) свидетельствует об ошибке при проведении записи ЭЭГ

18. ГИПНАГОГИЧЕСКОЙ ГИПЕРСИНХРОНИЗАЦИЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ ПАТТЕРН ЭЭГ, РЕГИСТРИРУЮЩИЙСЯ

- 1) при засыпании
- 2) в 1-2 стадии медленного сна
- 3) во время быстрого сна
- 4) в состоянии расслабленного бодрствования

19. ХАРАКТЕРНОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ 1-2 СТАДИИ ФМС ЯВЛЯЕТСЯ НАЛИЧИЕ НА ЭЭГ

- 1) высокоамплитудной бета-активности
- 2) пробегов тета-активности
- 3) гиперсинхронных дельта-волн
- 4) веретен сна

20. ХАРАКТЕРНЫМ ПРИЗНАКОМ РАЗДРАЖЕНИЯ КОРЫ МОТОРНОЙ ЗОНЫ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) двигательные пароксизмы
- 2) глазодвигательные расстройства
- 3) чувствительные пароксизмы
- 4) расстройства речи

21. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ФОРМИРУЕТСЯ

- 1) сразу после рождения
- 2) в пренатальном периоде
- 3) в период полового созревания
- 4) в процессе обучения

22. АЛЬФА-РИТМ ЭЭГ СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) состоянию физического и психического покоя
- 2) умственной работе, эмоциональному напряжению
- 3) состоянию сна, неглубокого наркоза, гипоксии
- 4) состоянию глубокого сна или наркоза

23. АРТЕРИАЛЬНЫЙ КРУГ «БОЛЬШОГО МОЗГА», ИЗВЕСТНЫЙ КАК ВИЛЛИЗИЕВ КРУГ, ОБРАЗУЮТ _____АРТЕРИИ

- 1) наружная сонная и основная
- 2) внутренняя и наружная сонная

- 3) позвоночные и наружная сонная
- 4) внутренняя сонная и позвоночные

24. НОРМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА КОМПЛЕКСА ИНТИМА-МЕДИА СОСТАВЛЯЕТ НЕ БОЛЕЕ_ММ

- 1) 0,9
- 2) 1,0
- 3) 1,1
- 4) 1,2

25. ДОППЛЕРОВСКИЙ СПЕКТР КРОВОТОКА АРТЕРИЙ ШЕИ И ГОЛОВЫ В НОРМЕ ОТЛИЧАЕТСЯ_____С ОБЕИХ СТОРОН

- 1) турбулентностью и низкой частотой
- 2) ламинарностью и симметричностью
- 3) симметричностью и низкой частотой
- 4) симметричностью и турбулентностью

26. ТЕРМИН «ДУПЛЕКСНОЕ СКАНИРОВАНИЕ» ОЗНАЧАЕТ, ЧТО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДВА РЕЖИМА: _____

- 1) изображение сосуда и цветовой доплеровский кровоток
- 2) импульсная доплерография и энергетический доплер
- 3) цветное картирование потока и импульсный доплер
- 4) изображение сосуда и «слепая доплерография»

27. ДУПЛЕКСНОЕ СКАНИРОВАНИЕ ПЕРЕДНЕЙ, СРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ МОЗГОВЫХ АРТЕРИЙ ПРОВОДЯТ ЧЕРЕЗ_____ОКНО

- 1) аурикулярное
- 2) темпоральное
- 3) окципитальное
- 4) трансорбитальное

28. БЕТА-РИТМ ЭЭГ СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) состоянию физического и психического покоя
- 2) умственной работе, эмоциональному напряжению
- 3) состоянию сна, неглубокого наркоза, гипоксии
- 4) состоянию глубокого сна или наркоза

29. ДЕЛЬТА-РИТМ ЭЭГ СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) умственной работе, эмоциональному напряжению
- 2) состоянию физического и психического покоя
- 3) состоянию сна, неглубокого наркоза, гипоксии

4) состоянию глубокого сна или наркоза

30. МОТОНЕЙРОН И ИННЕРВИРУЕМЫЕ ИМ МЫШЕЧНЫЕ ВОЛОКНА СОСТАВЛЯЮТ

- 1) респирон
- 2) синапс
- 3) двигательную единицу
- 4) аксон

31. ЧЕТВЕРОХОЛМИЕ ПРИНИМАЕТ УЧАСТИЕ В АНАЛИЗЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ _____

- 1) болевой
- 2) зрительной
- 3) тактильной
- 4) обонятельной

32. ТЕЛО АФФЕРЕНТНОГО НЕЙРОНА РАСПОЛОЖЕНО В

- 1) спинномозговых ганглиях
- 2) боковых рогах спинного мозга
- 3) передних рогах спинного мозга
- 4) боковых рогах спинного мозга

33. В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ ЭЭГ «10-20» ЭЛЕКТРОДОМ, ОТРАЖАЮЩИМ ЗАТЫЛОЧНУЮ ОБЛАСТЬ СЛЕВА, ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) O1
- 2) F3
- 3) Fp1
- 4) F4

34. НОРМАЛЬНЫЙ АЛЬФА-РИТМ В ЭЭГ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ

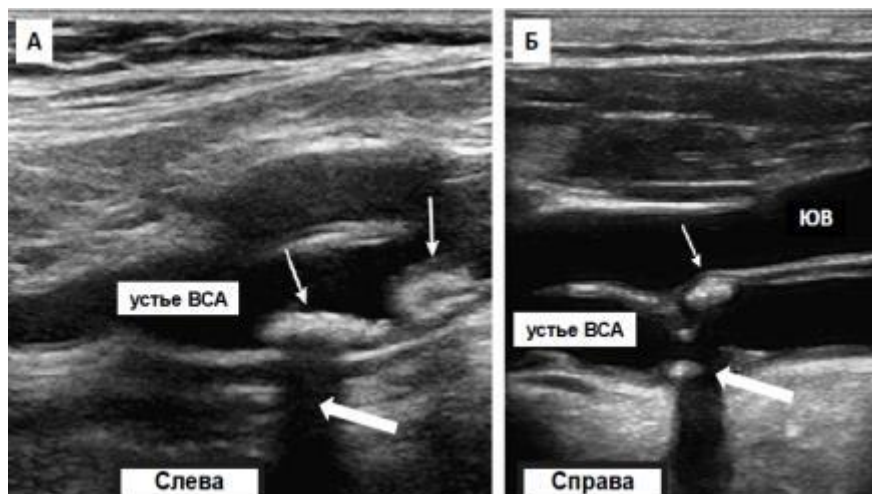
- 1) градиентом зонального распределения, преобладанием ритма в затылочной области мозга, блокированием ритма при открывании глаз
- 2) градиентом локального распределения ритма
- 3) блокированием бета ритма при открывании глаз
- 4) преобладанием в лобных областях мозга

ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Номер задания	Номер ответа	Номер задания	Номер ответа	Номер задания	Номер ответа	Номер задания	Номер ответа
1	4	10	1	19	4	28	2
2	1	11	2	20	1	29	4
3	2	12	1	21	2	30	3
4	2	13	2	22	1	31	2
5	1	14	3	23	4	32	1
6	3	15	1	24	1	33	1
7	2	16	4	25	2	34	1
8	4	17	3	26	1		
9	1	18	1	27	2		

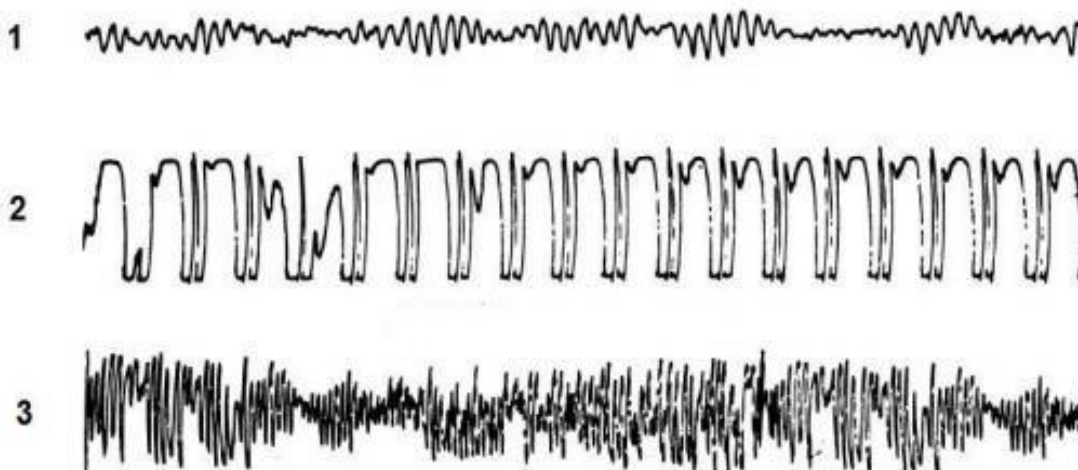
СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача № 1. Пациент С., 60 лет, на протяжении последних 10 лет наблюдается по поводу гипертонической болезни 2 стадии, кризовое течение. Накануне развился резкий подъём АД до 240/110 мм рт. ст., появилась слабость в левой руке, нарушение зрения и речи, ЧСС 52 в мин. По скорой помощи поступил в стационар, где в срочном порядке проведено ДС сосудов шеи и головы. По данным исследования выявлены гиперэхогенные бляшки в устье внутренних сонных артерий:



1. Назовите факторы, обусловившие возникновение бляшек БЦА.
2. Достаточно ли ДС БЦА и, надо ли больному провести ТКДС?

Задача № 2. Основная часть ЭЭГ-запись биоэлектрической активности выглядит следующим образом:

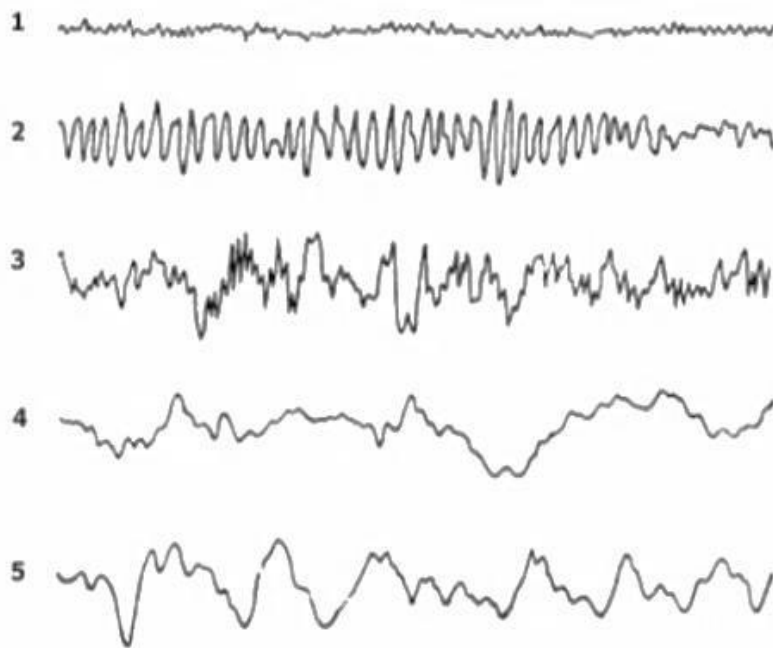


1. Какие три ритма представлены на ЭЭГ и какое состояние характерно для каждой волны?
2. Что выполняют для выявления скрытых нарушений при регистрации ЭЭГ?

Задача № 3. Женщине 18 лет было проведено электроэнцефалографическое мониторирование ночного сна. В течение записи периодически регистрировались маленькие острые спайки амплитудой менее 50 мкВ, разной направленности.

1. О каком паттерне идёт речь в условии задачи?
2. Какие характерные физиологические паттерны регистрируются во 2 стадии фазы медленного сна?

Задача № 4. Электроэнцефалограмма пациента представлена следующим образом:

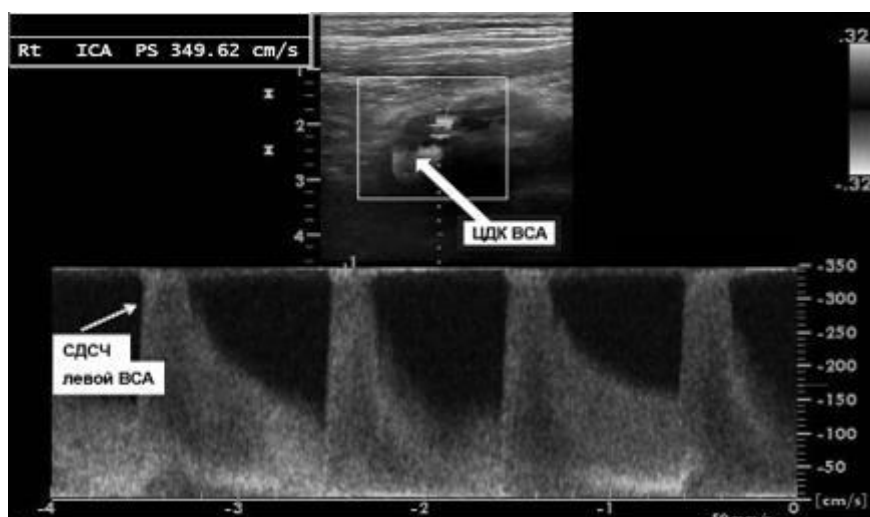


1. На представленной схеме ЭЭГ отметьте альфа-, бета-, тета- и дельта-волны.
2. Объясните, как изменится альфа-ритм человека при действии на глаза светового раздражения и почему.

Задача № 5. В клинику обратился молодой человек 28 лет с направлением на ЭЭГ. В течение записи регистрировались нерегулярные разряды высокоамплитудной активности частотой около 3 Гц по лобным отведениям. При проведении функциональных нагрузок методами ритмической фото/фоностимуляции, когнитивных стимуляций и гипервентиляции характеристики паттерна существенно не менялись.

1. О каком паттерне идёт речь в условии задачи?
2. Какие характеристики используются при анализе и описании периодической медленноволновой активности?

Задача №6. Больная, 69 лет, 3 недели назад почувствовала онемение и «неловкость в правой руке». Через несколько часов эти симптомы прошли. Через несколько дней, описанные жалобы снова возникли и опять прошли в течение суток. На этот раз обратилась к неврологу и была срочно госпитализирована. Из анамнеза выяснено, что пациентка страдает гипертонической болезнью и ожирением 2 степени, а также сахарным диабетом 2 типа. При проведении ДС БЦА в области устья левой внутренней сонной артерии (ВСА) обнаружена атеросклеротическая бляшка, существенно стенозирующая просвет артерии. На участке наибольшего сужения регистрируется резко увеличенный доплеровский кровоток 349,62 см/с. Транскраниальное ДС, выполненное через трансорбитальное окно выявило наличие ретроградного кровотока в левой глазничной артерии.

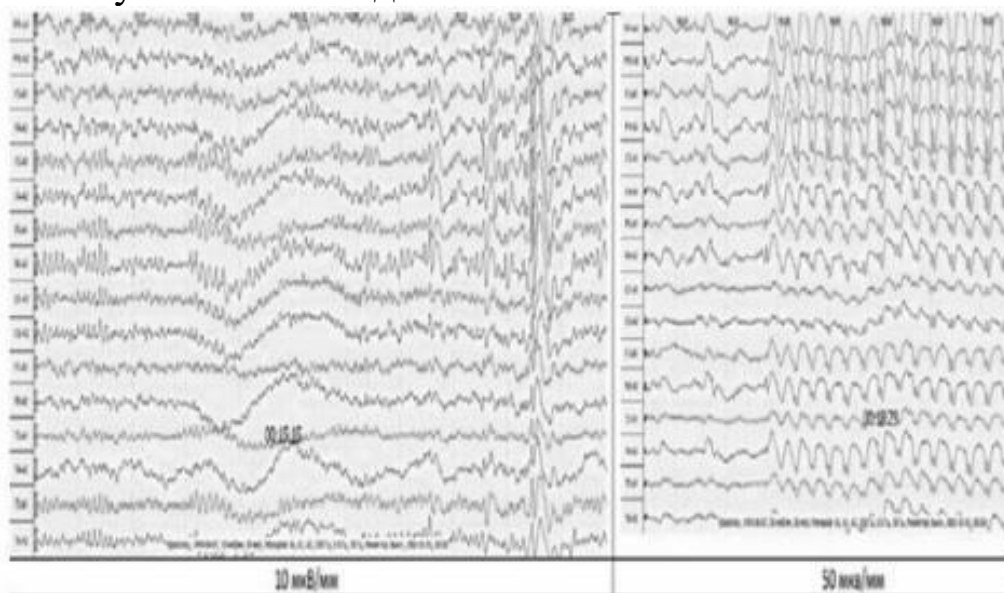


1. Назовите критерии и определите степень стеноза левой ВСА.
2. О чем говорит ретроградный кровоток глазничной артерии?

Задача № 7. Мальчик, 7 лет, во время занятий в школе был невнимателен. Учитель обратил внимание на периодически отсутствующий взгляд ребёнка и чмоканье губами. Падений и судорог никогда не отмечалось. Во время краткого «отсутствия» мальчик не отзывался на своё имя. Родители замечали подобные явления и раньше, но не придавали им значения, считая ребёнка мечтательным. Ребёнок был осмотрен врачом-неврологом, выставлен предварительный диагноз «типичные абсансы», рекомендовано ЭЭГ-исследование.

1. Показано ли в данном случае проведение ЭЭГ-исследования?
2. Позволяет ли ЭЭГ-исследование дифференцировать нейрофизиологический паттерн «типичных абсансов» и «атипичных абсансов»?

Задача № 8. Пациент 14 лет с судорожными припадками в анамнезе. Результаты обследования:



- 1. На представленной ЭЭГ (левая ЭЭГ) определите патологических паттернов.*
- 2. Определите локализацию и объём патологического процесса (ЭЭГ справа).*

Задача № 9. Мужчина, 49 лет, обратился к врачу-неврологу с жалобами на эпизоды ощущения «ползания мурашек», стягивания и последующей слабости в правой руке, возникающие как при физической нагрузке, при вождении автомобиля, так и без определённой причины в покое в последние 4 месяца. В утренние часы отмечает скованность в поясничной области и по задней поверхности шеи, редкие головные боли. Пациенту была проведена рентгеновская компьютерная томография шейного отдела позвоночника, которая выявила умеренные дегенеративно-дистрофические изменения позвоночника без признаков компрессии корешков и мягких структур позвоночного канала. После посещения врача-невролога пациент был направлен на ЭЭГ-исследование. Фоновое ЭЭГ-исследование выявило наличие высокоамплитудных дельта-волн над лобно-теменной областью левого полушария, а в пробе с гипервентиляцией – появление острых волн той же локализации.

- 1. Какие инструкции должны быть даны пациенту для проведения пробы с гипервентиляцией?*
- 2. Необходимо ли в данном случае выполнение других инструментальных исследований?*

Задача № 10. Здоровому мужчине 32 лет было проведено электроэнцефалографическое мониторирование ночного сна. Однако из-за системной ошибки все маркеры, разделяющие стадии сна были удалены, и в руках у врача-нейрофизиолога остались кривые ЭЭГ без каких-либо комментариев.

- 1. По каким характерным паттернам на ЭЭГ врач сможет отличить стадию засыпания?*
- 2. Что такое веретёна сна?*

Задача № 11. Женщине 23 лет было назначено проведение ЭЭГ-исследования с целью выявления патологической активности.

- 1. Какие провоцирующие пробы необходимо провести?*
- 2. Как и для чего проводится ритмическая фотостимуляция?*

Задача № 12. В клинику обратился мужчина 49 лет с направлением на ЭЭГ. Во время записи в состоянии пассивного бодрствования по всем отведениям левой гемисферы регистрировались ритмичные заостренные колебания одинаковой амплитудой 50 мкВ.

- 1. Охарактеризуйте данный паттерн.*
- 2. Назовите критерии дифференциальной диагностики артефактов.*

Задача № 13. У ребёнка, 7 лет, зарегистрирован однократный парциальный приступ в период сна, сопровождающийся «перекосом лица» и гиперсаливацией. При регистрации ЭЭГ выявлены нерегулярные артефакты, по морфологии подобные ЭКГ, располагающиеся триплетами с преимущественной локализацией в центро-темпоральных отведениях.

- 1. Охарактеризуйте выявленные феномены на ЭЭГ.*
- 2. Дайте клинико-эпидемиологическую характеристику выявленному феномену на ЭЭГ.*

Задача № 14. В кабинете ЭЭГ обследуется молодой человек, совершивший дорожно-транспортное происшествие, проехав перекрёсток на запрещающий (красный) сигнал светофора. Однако, по его мнению, в этот момент горел разрешающий (зелёный) сигнал.

- 1. Какие функциональные пробы необходимо провести обследуемому в данной ситуации и с какой целью?*
- 2. Какую динамику эпилептиформного феномена «комплексы пик-медленная волна» можно ожидать на ЭЭГ в период сна?*

ОТВЕТЫ НА СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача № 1.

1. Среди факторов, приведших к образованию атеросклеротических бляшек, в первую очередь, необходимо назвать ожирение, гиперхолестеринемию, гипертонию и сахарный диабет.
2. Нет, не достаточно только лишь проведения ДС БЦА и, поэтому мужчине, в обязательном порядке надо выполнить ТКДС, в том числе с функциональными тестами, например, компрессионным, поворотным и нитроглицериновым.

Задача № 2.

1. Волна 1 – ритм ЭЭГ здорового человека; волна 2 – ритм ЭЭГ при абсансе (малом эпилептическом припадке); волна 3– ритм ЭЭГ при большом (генерализованном) эпилептическом припадке.

2. Для выявления скрытых нарушений при регистрации ЭЭГ выполняют функциональные пробы. Открывание и закрывание глаз. Открывание глаз ведет к десинхронизации и исчезновению α -ритма. После закрывания глаз он восстанавливается в течение 1–2 с. Увеличение этого времени свидетельствует о снижении лабильности коры. Фотостимуляция. Осуществляется с помощью стробоскопа вспышками. В норме ритм не усваивается мозгом (реакция усвоения ритма). Фоностимуляция короткими сигналами около 4 Гц провоцирует появление патологической активности, особенно эпилептической. Проба с гиповентиляцией (10–30 с) и проба с гипервентиляцией (30 с–1 мин) также позволяют выявить различные формы патологической активности; в норме ведут к замедлению и некоторой дезорганизации ритма.

Задача № 3.

1. Маленькие острые спайки, также известные в литературе под названием «доброкачественные эпилептиформные транзиты сна – BETS» и «доброкачественные спорадические спайки сна – BSSS», не имеют клинического значения и являются физиологическими паттернами, встречающимися у молодых взрослых на ЭЭГ в 1–2 стадию фазы медленного сна.
2. Характерный признак 2 стадии фазы медленного сна – появление веретен сна и К-комплексов. В этой стадии также отмеча-

ется появление вертексных волн, доброкачественные транзиты сна, 14 и 6 Гц позитивные спайки, Wicket-потенциалы и переходящие позитивные острые волны в затылочных отведениях во сне – POSTS.

Задача № 4.

1. На представленной схеме: бета-волны (более 13 Гц, менее 25 мкВ), альфа-волны (8–13 Гц, 25–50 мкВ), альфа- и тета-волны (4–6 Гц, 120–150 мкВ), тета- и дельта-волны, дельта-волны (0,5–3 Гц, до 500 мкВ).
2. При действии на глаз достаточно сильного светового раздражения происходит десинхронизация альфа-ритма ЭЭГ, появляется более частый бета-ритм вследствие активизации восходящей активирующей системы ретикулярной формации.

Задача № 5.

1. В условии задачи описывается патологическая медленноволновая активность, носящая название «периодическая ритмическая лобная дельта-активность» (FIRDA). FIRDA – неспецифичный феномен, возникающий при диффузных энцефалопатиях, органических поражениях лобной коры, некоторых формах эпилепсии.
2. При анализе и описании периодической медленноволновой активности описывают: форму волны, частоту встречаемости (представленность) во время записи ЭЭГ, вольтаж, реакцию на экзогенные стимулы (патологические паттерны обычно ареактивны), синхронность, симметричность по амплитуде и частоте.

Задача № 6.

1. На основании качественных и количественных параметров, таких как изменение формы, расширение, турбулентность, асимметричность и резко возросшая скорость выше 300 см/с СДСЧ, степень стеноза следует считать субтотальной, т.е. более 95 %.
2. Наличие ретроградного кровотока в глазничной артерии является ярким подтверждением субтотального стеноза внутренней сонной артерии, когда поступление крови в неё, осуществляется ретроградно через ветви наружной сонной артерии.

Задача № 7.

1. Впервые возникшие пароксизмальные расстройства сознания требуют дифференцирования эпилептических, синкопальных и функциональных, в том числе конверсионных, расстройств. ЭЭГ-исследование, позволяющее регистрировать электрическую активность нейронов головного мозга, оценить ее характер, является наиболее важным в инструментальной диагностике эпилепсии и, соответственно, показано в данном случае для обоснования клинического диагноза.
2. Типичные абсансы имеют специфичную ЭЭГ-картину во время приступа в виде двусторонних симметричных синхронных эпилептических разрядов по типу ритмических комплексов «пик-волновой» активности с частотой 3 Гц. Атипичные абсансы в отличие от типичных проявляются на ЭЭГ более медленными (менее 2,5 Гц) двусторонними относительно симметричными и синхронными эпилептическими разрядами «пик-волновой» активности.

Задача № 8.

1. Патологические признаки на представленной ЭЭГ: эпизод нескольких комплексов спайк-острая волна, спайк-медленная волна с амплитудным преобладанием в правой теменной области. Амплитуда спайков более 300 мкВ. Спайки - острые и медленные волны является патологическим признаком пароксизмальных состояний.
2. Патологический очаг возбуждения преимущественно локализуется в правом полушарии, ближе к лобной области - амплитуда спайков в этих областях наибольшая. Процесс патологического возбуждения генерализованный - в возбуждении участвуют нейроны всей поверхности обоих полушарий, патологические паттерны постоянны и имеют периодичность - колебания с частотой 3 Гц.

Задача № 9.

1. Пациенту необходимо глубоко, но не часто ритмично дышать в течение 3 мин. Частота дыхания должна быть в пределах 16–20 в мин. Парциальное начало приступа может быть связано с локальным структурным поражением мозга (например, опухоль, воспаление, сосудистое нарушение, последствие трав-

мы), верификация которого требует в первую очередь проведения РКТ и/или МРТ головного мозга.

2. В данном случае акцент следует сделать на «зоне правой руки»: средних отделах левой пре- и постцентральной извилин головного мозга. Наличие локальной патологической активности также может указывать на неопластический характер поражения.

Задача № 10.

1. При засыпании наблюдается значительное снижение индекса альфа-ритма, на электромиограмме исчезает тоническая активность мышц шеи, на электроокулографических каналах появляются медленные движения глазных яблок.
2. Веретена сна – это вспышки волн частотой 11–15 Гц, обычно диффузных, но с большей амплитудой в центральных областях, возникающие во время сна. Амплитуда варьирует, составляя у взрослых обычно менее 50 мкВ. Характерно постепенное нарастание с последующим уменьшением амплитуды, отчего этот паттерн и получил название веретен.

Задача № 11.

1. Открывание-закрывание глаз, ритмическая фотостимуляция, ритмическая фоностимуляция, стимуляция умственной активности, гипервентиляция. РФС используется для выявления патологической активности при фотосенситивных формах эпилепсии.
2. Лампа стробоскопа располагается на расстоянии 30 см от закрытых глаз пациента, используется широкий диапазон частот стимуляции от 1 до 50 Гц. Во время РФС можно ожидать отсутствие реакции, реакцию усвоения ритма, фотомиоклонический ответ, фотопароксизмальный ответ.

Задача № 12.

1. Унилатеральные заостренные комплексы константной частоты и амплитуды вероятнее всего являются артефактами. Регистрируются кардиоартефакты. Данные артефакты преобладают на ЭЭГ при электроцеребральной инактивации (гибели мозга) или при соприкосновении электродов с большими сосудами.

2. Артефакты делятся на механические (инструментальные, электродные и от электросети) и биоэлектрические. Биоэлектрические подразделяются на миогенные, сердечные и дыхательные, окулографические и артефакты, вызванные изменением сопротивления кожи. Кардиоартефакты возникают на одном электроде или группе электродов одной гемисферы. Нет распространения на другие области. Мономорфная с четкими границами активность. Нет реверсии фазы.

Задача № 13.

1. Выявленные феномены называются «доброкачественные эпилептиформные нарушения детства» (ДЭНД). Этот феномен представлен в виде стереотипного электрического диполя, состоящего из острой волны, с последующей медленной волной. Амплитуда негативного полюса составляет 150–300 мкВ, часто в 2 раза больше позитивного. Общий период комплекса составляет 80–120 мс. Этот паттерн легко узнаваем благодаря типичной морфологии, напоминающей зубцы QRST на ЭКГ.
2. Выявленный феномен ЭЭГ может встречаться при доброкачественных фокальных формах эпилепсии, эпилептических энцефалопатиях, а также сопровождаться нарушением высших психических функций. У большинства детей без эпилептических приступов с паттерном ДЭНД на ЭЭГ выявляются синдром дефицита внимания с гиперактивностью, хронические головные боли, задержка речевого развития, снижение объема долговременной памяти. ДЭНД также могут выявляться у здоровых детей.

Задача № 14.

1. В данной ситуации обследуемому необходимо провести стандартные функциональные нагрузки: пробу с открыванием-закрыванием глаз, гипервентиляцию, ритмическую фотостимуляцию, фоностимуляцию. Для оценки уровня сознания в момент функциональной нагрузки необходимо проводить гипервентиляцию с подсчетом дыхательных движений самим пациентом.
2. Нарушение счета или возврат к ранним значениям числового ряда в сочетании с эпилептиформной активностью будет являться показателем «фантомного» абсанса, характерного для

молодых взрослых. При проведении регистрации ЭЭГ в период сна может выявляться нарастание частоты комплексов пик-медленная волна при засыпании и 1–2 цикле фазы медленного сна. В дельта-сне частота комплексов пик-медленная волна уменьшается. В быстром сне генерализованные паттерны могут замещаться диффузной активностью или исчезать. Как правило, эпилептиформная активность наиболее выражена в первом и последнем (предшествующем пробуждению) циклах сна.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Антонов, В. Ф. Физика и биофизика [Текст] : курс лекций для студентов медицинских вузов : учебное пособие для студентов медицинских вузов / В. Ф. Антонов, А. В. Коржуев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 240 с.
2. Волькенштейн, М. В. Биофизика [Текст] : учебное пособие / М. В. Волькенштейн. – 4-е изд. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 608 с.
3. Лекции по биофизике [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 04.08.00 – Медицинская биохимия, 04.09.00 – Медицинская биофизика, 04.10.00 – Медицинская кибернетика / М. Б. Баскаков [и др.] ; Сибирский медицинский университет (Томск). – Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2009. – 200 с.
4. Самойлов, В. О. Медицинская биофизика [Электронный ресурс] : учебник / В. О. Самойлов. – СПб. : СпецЛит, 2013. – 605 с. : Режим доступа: [http:// www.books-up.ru](http://www.books-up.ru).

Дополнительная литература

1. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика [Электронный ресурс] : учебник для студентов медицинских специальностей высших учебных заведений / А. Н. Ремизов. – 4-е изд., испр. и перераб. - Электрон. текстовые дан. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. : Режим доступа: <http://irbis64.medlib.tomsk.ru>.
2. Зенков, Л. Р., Функциональная диагностика нервных болезней [Текст] : руководство для врачей / Л. Р. Зенков, М. А. Ронкин. – 5-е изд. – М. : МЕДпресс-информ, 2013. – 448 с.
3. Гнездицкий, В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике [Текст] / В. В. Гнездицкий. – М. : МЕДпресс-информ, 2003. – 264 с.
4. Куликов, В. П. Основы ультразвукового исследования сосудов [Текст] : практическое руководство по ультразвуковой диагностике / В. П. Куликов. – М. : Видар, 2015. – 392 с.
5. Митьков, В. В. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике [Текст] : практическое руководство / В. В. Митьков, В. А. Сандриков. – М. : Видар, 1998. – 360 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БЦА	– брахиоцефальные артерии
ВП	– вызванные потенциалы
ВПСП	– возбуждающие постсинаптические потенциалы
ДС	– дуплексное сканирование
ЗВПВ	– зрительные вызванные потенциалы на вспышку света
ЗВПШП	– зрительные вызванные потенциалы на обращение шахматного паттерна
ПСП	– постсинаптические потенциалы
РЭГ	– реоэнцефалография
СВП	– слуховые вызванные потенциалы
СВПСМ	– слуховые вызванные потенциалы ствола мозга
СДСЧ	– спектр доплеровского сдвига частот
СОП	– стандарт операционных процедур
ССВП	– соматосенсорные вызванные потенциалы
ССП	– связанные с событиями потенциалы
ТКДС	– транскраниальное дуплексное сканирование
ТПСП	– тормозные постсинаптические потенциалы
ЭКГ	– электрокардиография
ЭЭГ	– электроэнцефалография

Учебное издание

А.В. Носарев
Ю.Г. Бирулина
В.Н. Ким
И.В. Ковалев
И.В. Петрова
Л.В. Смаглий
В.С. Гусакова
С.В. Гусакова

ПРАКТИКУМ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

В двух частях. Часть II

учебное пособие

Редактор Харитоновна Е.М.
Технический редактор Гончаров С.Б.

Издательство СибГМУ
634050, г. Томск, пр. Ленина, 107
тел. 8(3822) 51-41-53
E-mail: otd.redaktor@ssmu.ru

Подписано в печать 21.01.2021.

Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Гарнитура «Times». Печ. л.4,12 Авт. л. 2,58
Тираж 70 экз. Заказ № 4

Отпечатано в Издательстве СибГМУ
634050, Томск, ул. Московский тракт, 2
E-mail: lab.poligrafii@ssmu.ru