

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	5
Введение	6
Раздел 1. Основы электроэнцефалографии	8
1.1. Природа биопотенциалов головного мозга	8
1.2. Ритмы электроэнцефалографии	9
1.3. Индивидуальные особенности электроэнцефалографии	14
Возрастные особенности электроэнцефалографии	14
1.4. Зависимость электроэнцефалографии от функционального состояния мозга	15
1.5. Методические аспекты электроэнцефалографии	16
1.6. Изменения электроэнцефалографии при проведении нагрузочных проб	19
1.7. Артефакты в электроэнцефалографии	20
Физические артефакты	20
Физиологические артефакты	20
1.8. Электроэнцефалография при патологии головного мозга	23
Эпилепсия	23
Электроэнцефалография при локальных поражениях головного мозга	27
Электроэнцефалография при коматозных состояниях	29
1.9. Принципы описания электроэнцефалографии	30
1.10. Методы обработки электроэнцефалографии	31
Спектральный анализ	31
Топографические карты	33
Корреляционный анализ	33
Когерентный анализ	35
Трехмерная локализация источников биоэлектрической активности	36
1.11. Терминология	40
Раздел 2. Вызванные потенциалы	41
2.1. Выделение вызванных потенциалов	41
Классификации вызванных потенциалов	42
2.2. Зрительные вызванные потенциалы	44
2.3. Слуховые вызванные потенциалы	45
2.4. Сенсомоторные вызванные потенциалы	48
2.5. Области применения вызванных потенциалов в клинике	51
2.6. Эндогенные вызванные потенциалы	51

Раздел 3. Функциональная диагностика при нейромышечной патологии	56
3.1. Электромиография	57
Поверхностная миография	57
Игольчатая миография	60
3.2. Электронейромиография	70
Раздел 4. Магнитная стимуляция	83
Раздел 5. Эхокардиография	89
5.1. Виды эхокардиографии	89
5.2. Значения основных эхокардиографических показателей в норме	95
5.3. Эхокардиографические признаки дилатационной кардиомиопатии	98
5.4. Оценка размера аорты	98
5.5. Эхокардиографические признаки гипертрофии миокарда	100
5.6. Оценка функции отделов сердца	101
Оценка систолической функции левого желудочка	101
Оценка локальной сократимости левого желудочка	103
Оценка диастолической функции левого желудочка	105
Оценка систолической функции правого желудочка	110
5.7. Оценка систолического давления в легочной артерии и легочной гипертензии	114
5.8. Стресс-эхокардиография	117
Контрольные задания	125
Тесты для самоконтроля	125
Вопросы для самоконтроля	139
Список литературы	141

ВВЕДЕНИЕ

Функциональная диагностика объединяет группу методов, оценивающих не только статичное состояние систем организма, но и динамику их функционирования. В этом состоит их важное отличие от методов лучевой диагностики, где оценивается преимущественно структура в конкретный момент времени, или методов лабораторной диагностики, которые оценивают состав тканей и жидкостей.

Поскольку основная задача нервной системы — реагировать на внешние и внутренние стимулы, она является очень динамичной, и методы функциональной диагностики имеют первостепенное значение для оценки ее работы с течением времени.

Нервная система реализует функции через электрические потенциалы, поэтому электрофизиологические методы являются приоритетными в функциональной диагностике в неврологии.

Один из важных и наиболее широко применяемых методов — электроэнцефалография (ЭЭГ). В первую очередь с помощью данного метода можно отличить эпилептические приступы от неэпилептических и классифицировать их, оценивать в динамике действия лекарственных препаратов, решить вопрос об отмене лекарственной терапии, оценить степень нарушения функционального состояния мозга в межприступные периоды. На сегодняшний день проводится поиск новых диагностических возможностей ЭЭГ. За последние десятилетия технические параметры электроэнцефалографов достигли определенного совершенства, появились новые методы математического анализа и обработки данных, что позволило получать более точные результаты, оценивать их с помощью компьютера и выявлять даже незначительные отклонения. При этом количество оцениваемых параметров ЭЭГ может достигать до нескольких тысяч.

Алгоритмы машинного обучения также используются в исследованиях для обработки нативной ЭЭГ, классификации и описания нарушений, характерных для психических расстройств.

Развитие методов обработки требует от исследователя еще более высокой квалификации, дополнительных знаний и понимания нейрофизиологической природы первичных параметров ЭЭГ, подвергающихся анализу, и принципов преобразования ЭЭГ-сигнала.

В диагностике поражений периферических нервов ведущими являются методы электронейромиографии.

В комплексе обследования неврологических больных существенное место занимают методы исследования кровообращения. Это связано с тем, что нарушения кровообращения часто играют ведущую роль в патогенезе самых разных поражений мозга.

Методы функциональной диагностики существенно дополняют и уточняют данные клинического обследования больных. Как правило, невролог использует комплекс методов, характеризующих различные аспекты работы мозга, чтобы получить более полную информацию о патологическом процессе. При этом динамические исследования позволяют существенно увеличить информативность методов.

Раздел 1

ОСНОВЫ

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Электроэнцефалограмма представляет собой запись электрической активности мозга с поверхности головы.

1.1. ПРИРОДА БИОПЕНЦИАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Основной вклад в формирование потенциала поля на скальпе вносят отдельные возбуждающие и тормозящие синаптические токи нейронов коры головного мозга. Если нейрон — звездчатая клетка и возбуждающие синапсы покрывают множество дендритов, ориентированных в различных направлениях, суммарный ток на уровне клетки в целом будет близок к нулю. Но, если нейрон — пирамидная клетка и возбуждающие синапсы расположены на апикальных дендритах, суммарный ток пирамидной клетки будет направлен вдоль апикального дендрита, и нейрон может быть представлен как маленький диполь с отрицательным полюсом в апикальном дендрите и с положительным полюсом в базальной части нейрона.

Электрический ток, порожденный каждым нейроном, распространяется во всем объеме головы. Суммарный электрический ток, протекая по поверхности головы, создает неодинаковый электрический потенциал (напряжение) на разных участках скальпа. Если к разным участкам скальпа присоединить два электрода — активный и референтный, то через входную цепь биоусилителя потечет электрический ток, пропорциональный разности потенциалов этих двух участков. Этот ток и есть ЭЭГ, регистрируемая активным электродом.

Области применения ЭЭГ в клинике:

- ▶ оценка пароксизмальных состояний любого происхождения, контроль лечения эпилепсии (титрование дозы препарата, отмена препарата);

- ▶ оценка состояния мозга в динамике при очаговых деструктивных поражениях головного мозга;
- ▶ оценка изменения уровня сознания при различных заболеваниях (кома, вегетативные состояния), подтверждение диагноза смерти мозга;
- ▶ нейромониторинг при операциях;
- ▶ в детской практике — оценка перинатальной патологии нервной системы, степени тяжести и динамики течения патологических процессов (в том числе при задержках развития, логоневрозах, гиперкинезах и пр.).

Основные этапы развития электроэнцефалографии

- ▶ 1849 г. Du Bois Reymond обнаружил наличие токов в центральной нервной системе.
- ▶ 1875 г. R. Caton, В. Данилевский зарегистрировали электрическую активность в мозге собаки.
- ▶ 1928 г. Н. Berger зарегистрировал и описал основные ритмы ЭЭГ человека, проанализировал их изменения при патологии.
- ▶ 1937 г. F. Gibbs, E. Gibbs изучали изменения ЭЭГ при эпилепсии.
- ▶ 1960 г. Вышел 1-й номер международного журнала «Электроэнцефалография и клиническая нейрофизиология».
- ▶ С начала 1950-х годов по настоящее время проводится разработка и внедрение систем многоканальной компьютерной ЭЭГ.

1.2. РИТМЫ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Под ритмом в ЭЭГ понимается любая активность, т.е. последовательность колебаний, имеющая примерно одинаковый период (частоту). Частота определяется как число волн (максимумов) за единицу времени (1 с), если период колебаний постоянный. Если период непостоянный, то частота (текущая) определяется как величина, обратная периоду T .

При этом в понятие «ритм» в электрофизиологии обычно вкладывается функциональный смысл, подразумевается активность определенной частоты, возникающая в нейронных сетях определенной структурно-функциональной системы мозга. Возникновение или исчезновение ритма на ЭЭГ связывается с функционированием данной системы.

Однако, если речь идет о колебаниях определенной частоты, а не возникновении ритма, это может быть указанием только на частоту колебаний, при этом колебания одной частоты могут иметь разное происхождение, что необходимо учитывать при анализе ЭЭГ.

На рис. 1.1 представлены различные ритмы ЭЭГ, встречающиеся у человека в норме и патологии.

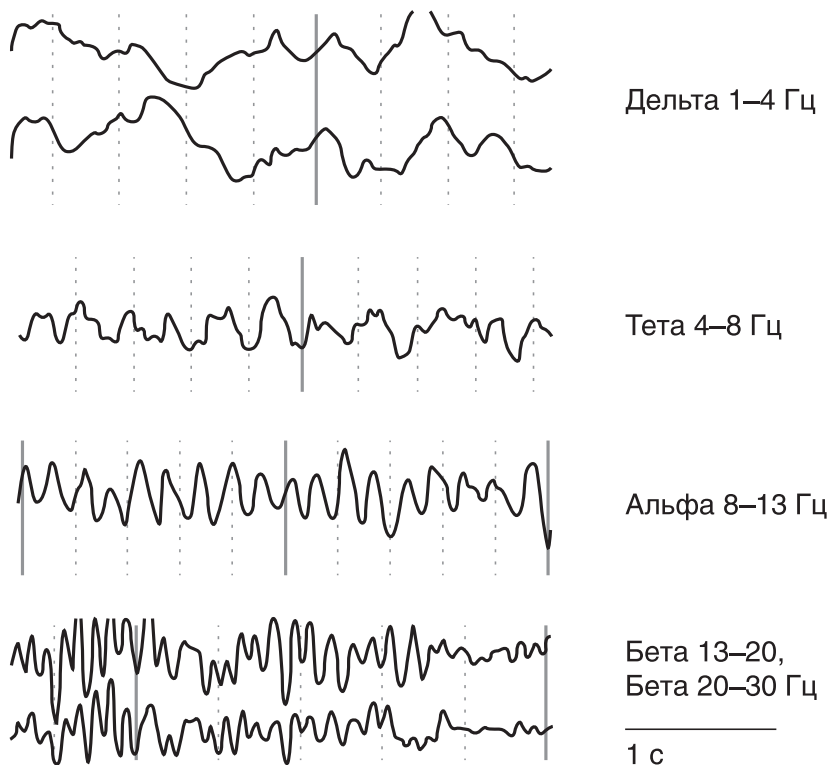
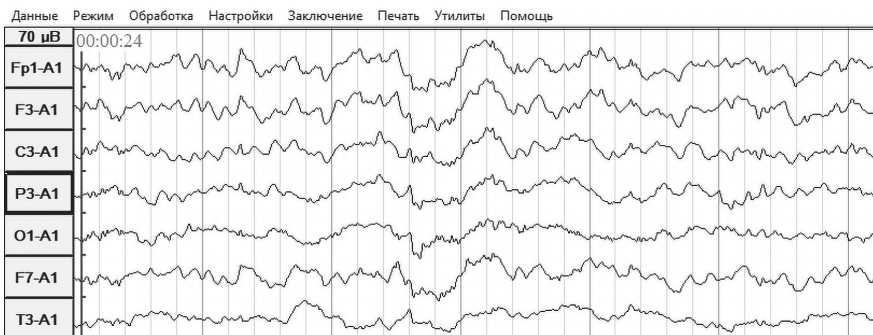


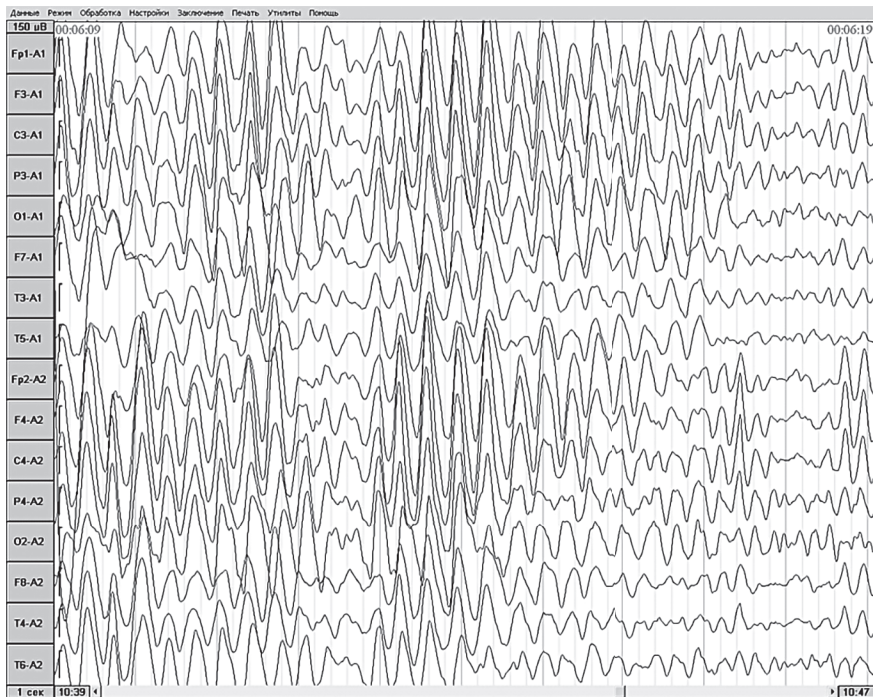
Рис. 1.1. Ритмы электроэнцефалографии

Дельта-ритм — охватывает активность с частотой в диапазоне от 1 до 4 Гц. Является отражением активности групп поврежденных или работающих в неадекватных условиях нейронов. В норме регистрируется в детском возрасте, в определенных стадиях сна, при функциональных нагрузках.

На рис. 1.2 представлена слева полиморфная диффузная дельта-активность, справа — пример синхронной дельта-активности.



а



б

Рис. 1.2. а — полиморфная медленная активность у пациента, перенесшего острое нарушение мозгового кровообращения; б — ритмичная медленная активность, высокоамплитудные билатерально-синхронные группы дельта-волн на фоне проводимой гипервентиляции у пациента с вегетососудистой дистонией

Локальная дельта-активность — наиболее информативный признак морфологического повреждения ткани мозга, например наличия объемного новообразования в головном мозге. Сама опухоль, как показывают электрокортикографические исследования, электрически нейтральна. Зона, окружающая опухоль, вместо нормальной активности генерирует волны полиморфного характера низкочастотного диапазона 1—4 Гц. Величина выраженности этих волн уменьшается с расстоянием от очага.

Тета-ритм — занимает область частот от 4 до 8 Гц. В значительной степени этот ритм выражен у детей, к 16 годам, как правило, он исчезает и заменяется альфа-ритмом или регистрируется только в виде отдельных групп волн в передних отделах мозга. Появление регулярных тета-колебаний (ритма) на ЭЭГ взрослого человека может быть связано с активностью глубинных структур среднего и промежуточного мозга при дреме и засыпании, а также при повышении внутричерепного давления. В этом случае регулярные тета-колебания преобладают в теменных и/или в центральных отделах мозга или регистрируются генерализованно по всем отведениям.

Альфа-ритм — основной корковый ритм с частотой от 8 до 13 в секунду, но наиболее часто у здоровых испытуемых имеет частоту 9—10 Гц. Характеризуется распределением в теменно-затылочных отделах и реактивностью — депрессируется при открывании глаз (рис. 1.3).

Наиболее часто в литературе упоминаются пейсмейкеры альфа-ритма, расположенные в неспецифических ядрах таламуса. Альфа-ритм генерируется в таламокортикальных сетях, связанных с обработкой зрительной информации, и регистрируется в каудальных областях коры. Колебания альфа-диапазона могут генерироваться в корковых, таламокорковых и таламических нейронных сетях.

Есть аналогичный по частоте соматосенсорный (роландический) ритм, который преобладает в соматосенсорной и моторной коре, а также слуховой ритм в слуховой коре. В большинстве современных исследований показано, что увеличение альфа-ритма сопровождается уменьшением потребления глюкозы и уменьшением кровотока в затылочной области мозга.

Бета-ритм низкочастотный от 13—20 Гц и бета-ритм высокочастотный от 20 до 30 Гц; всегда присутствует в норме; по мощности выражен значительно меньше, чем ритмы с частотой дельта-, тета- и альфа-диапазонов.

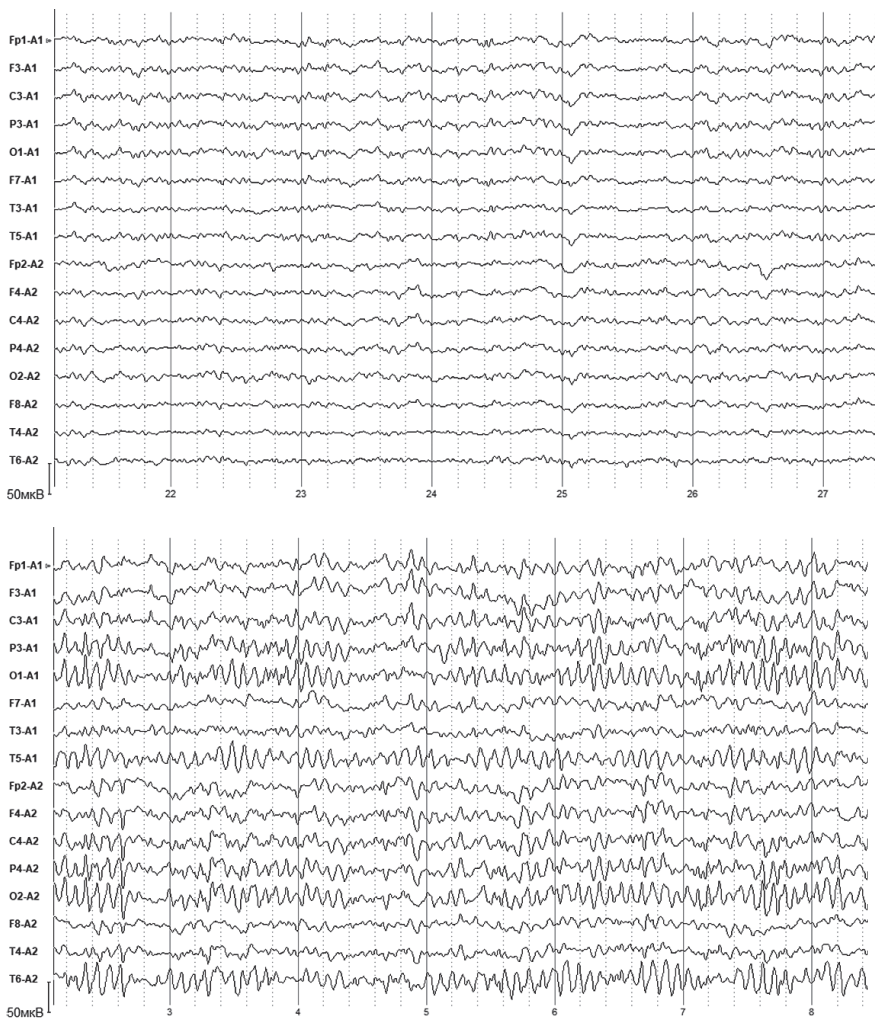


Рис. 1.3. Пример электроэнцефалографии здоровых испытуемых: низкоамплитудной, десинхронной электроэнцефалографии (слева) и электроэнцефалографии с хорошо выраженным альфа-ритмом (справа)

Бета-ритм регистрируется преимущественно в передних отведениях. Усиление бета-ритма в передних отделах обычно наблюдается при длительном применении противоэпилептических препаратов. Обычно

амплитуда бета-волн не превышает 15–20 мкВ, однако при явлениях ирритации (раздражения) коры эти ритмы бывают значительно выражены и в отдельных случаях могут достигать 50 мкВ.

Ритм с частотой более 30 Гц носит название «гамма».

1.3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

У одного и того же испытуемого на протяжении многих лет характер ЭЭГ устойчиво сохраняется (амплитуда, регулярность, частота проявления по разным областям, общая конфигурация). Однако ЭЭГ значительно меняется с возрастом и зависит от функционального состояния испытуемого.

Возрастные особенности электроэнцефалографии

Тета- и дельта-ритмы в детском возрасте не являются патологическими, но отражают активность подкорковых структур.

У новорожденных ЭЭГ уплощена (амплитуда биоэлектрической активности до 20 мкВ), прерывается вспышками (длительностью до 30 с) медленных колебаний в задних отделах. Интервал между вспышками укорачивается по мере созревания мозга.

К 2–3 месяцам жизни у ребенка увеличивается амплитуда ЭЭГ, начинает формироваться ритмическая активность частотой около 4–5 Гц, фокусирующаяся в затылочной области коры и, согласно наблюдениям ряда авторов, в центральных отделах мозга.

К 6–12 месяцам в затылочных отделах регистрируется ритмичная активность с частотой 6 в секунду (аналог альфа-ритма). В центральных зонах коры наблюдается ритм с частотой 7–8 Гц, ритм, максимально выраженный в состоянии зрительного внимания (возрастной аналог роландического ритма взрослого человека).

В возрасте 4–6 лет в затылочных отделах альфа-ритм (7,5–9,5 Гц) начинает преобладать над медленноволновой активностью. Повышенная тета-активность свидетельствует о созревании синхронизирующих структур промежуточного мозга. В этом возрасте большинство детей способно выполнить пробу с гипервентиляцией. При гипервентиляции регистрируются высокоамплитудные вспышки медленных волн в задних отделах. При фотостимуляции отмечается усвоение ритмов на частоте 4–6 Гц.

В возрасте 7–9 лет в ЭЭГ регистрируется регулярный альфа-ритм, частотой 7,5–10,5 Гц. Альфа-ритм, как правило, полностью сформирован к 10 годам, когда исчезают билатеральные вспышки, что свидетельствует о созревании коры и усилении ее тормозящих влияний на подкорковые структуры. При гипервентиляции остаются вспышки медленных волн в задних отделах и появляются в передних отделах.

Окончательно рисунок ЭЭГ формируется к 16–20 годам, и далее он остается стабильным в течение жизни. В старости отмечается небольшое замедление частоты альфа-ритма.

1.4. ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЗГА

Функциональное состояние мозга значительно влияет на ЭЭГ. Картина ЭЭГ в бодрствовании и во сне существенно различается.

Сон разделяют на следующие фазы: быстрый сон (REM) и медленный сон (Non-REM).

Медленный сон разделяется на стадии:

- ▶ I стадия — засыпание, дремота, сомноленция;
- ▶ II стадия — неглубокий или легкий сон;
- ▶ III и IV стадии — дельта-сон.

Сон здорового взрослого человека состоит из нескольких циклов (в среднем 5 циклов). Цикл начинается с 1-й стадии (длится до 10 мин), сменяется 2-й стадией (длительность до 20 мин) далее наступают 3–4-я стадии (длительностью до 45 мин), затем снова наступает 2-я стадия, после которой возникает первый эпизод REM-сна (длительность до 10 мин). Первый цикл длится до 90–100 мин. Затем циклы повторяются, при этом уменьшается доля медленного сна и нарастает доля REM-сна, длительность которого может достигать 1 ч. Последовательность смены стадий и их длительность представляется в виде гипнограммы.

ЭЭГ характеристики стадий

- ▶ **Первая** стадия (засыпание) — отмечается уменьшение альфа-активности, дезорганизация, появление частых ритмов и низкоамплитудных диффузных тета-волн.
- ▶ **Вторая** стадия (легкий сон) — регистрируется преимущественно тета-активность, вертексные потенциалы, К-комплексы.

- ▶ **Третья** стадия (дельта-сон) — дельта-волны занимают менее 50% анализируемой эпохи, регистрируются низковольтные дельта-волны (2–4 в секунду), сонные веретена (12–18 Гц), уменьшение индекса К-комплексов.
- ▶ **Четвертая** стадия (дельта-сон) — дельта-волны занимают более 50% анализируемой эпохи, регистрируются высоковольтные дельта (1–2 в секунду), без веретен. У здорового человека третья стадия занимает 5–8% и четвертая стадия еще около 10–15% общего времени сна. Первый эпизод дельта-сна может длиться 30–40 мин. В стадии дельта-сна чаще всего отмечаются эпизоды сногворения и снохождения, энурез у детей.

БДГ (REM) — ЭЭГ изменения сходны с изменениями при засыпании. Данная фаза сна ассоциируется со сновидениями (сновидения могут возникать и в других стадиях, однако менее отчетливы). Характеризуется быстрыми движениями глаз, нерегулярной частотой сердечного ритма и дыхания, повышением артериального давления, общей мышечной атонией (возможны отдельные сокращения лицевой мускулатуры и конечностей). Первый эпизод REM-сна наступает через 70–90 мин от момента засыпания, длится 5–10 мин. По ходу сна длительность последующих эпизодов REM нарастает, достигая под утро нескольких десятков минут. У взрослого человека доля REM-фазы составляет около 20–25% общего времени сна.

1.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Запись ЭЭГ является регистрацией разностей потенциалов мозга, воспринимаемых электродами, расположенными на голове испытуемого. Регистрируемая разность потенциалов между двумя электродами подается на усилительно-регистрирующий блок (канал). Современные энцефалографы являются многоканальными, они объединяют в себе от 8 до 32 и более каналов.

Имеются различные электроды для записи ЭЭГ. Одной из распространенных систем являются электроды-мостики. Контакт с поверхностью головы осуществляется через губку, замоченную предварительно в солевом растворе. Электроды ставятся под резинки специального шлема. В настоящее время все большее распространение получают электродные шапочки со встроенными электродами, имеющими специальные

каналы, которые заполняются электропроводным гелем для обеспечения контакта с поверхностью головы.

Под отведением в электрофизиологии понимается присоединение любых двух электродов к измерительной схеме. Монополярное отведение — один из датчиков расположен над поверхностью полушарий (активный электрод), другой — в электрически нейтральной точке, удаленной от поверхности полушарий (индифферентный электрод). Биполярное отведение — оба датчика (активные электроды) расположены над поверхностью полушарий.

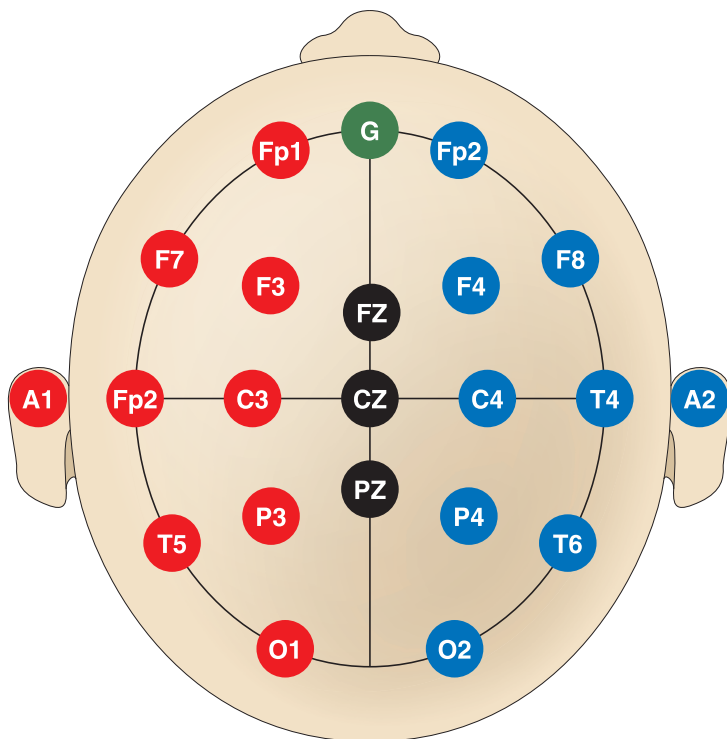


Рис. 1.4. Схема расположения электродов с их условными обозначениями (по Г. Джасперу, 1958)

В диагностических целях чаще используют монополярное отведение с отдельными ипсилатеральными ушными электродами. ЭЭГ, за-