**Лекция 2**

**МЕТОДЫ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

С момента появления психофизиологических исследований при их проведении наиболее широко применялись и продолжают использоваться вегетативные реакции; изменения проводимости кожи, сосудистые реакции, частота сердечных сокращений, артериальное давление и др. Однако регистрация вегетативных реакций не относится к прямым методам измерения информационных процессов мозга. Скорее всего они представляют некоторую суммарную и неспецифическую характеристику информационных процессов. Кроме того, одна и та же вегетативная реакция (например, кожно-гальванический рефлекс — КГР) может быть связана с информационными процессами самого различного содержания. Появление КГР можно наблюдать как при усилении внимания, так и при оборонительной реакции. Однако по некоторым вегетативным реакциям можно дифференцировать различные рефлексы.

**2.1. ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ**

В традиционной психофизиологии широко используется метод регистрации электрической активности мозга — электроэнцефалограмма (ЭЭГ). Спонтанная электрическая активность мозга характеризуется специфическими ритмами определенной частоты и амплитуды и одновременно может быть записана от многих участков черепа. Это позволяет изучать пространственные специфические паттерны ЭЭГ и их корреляцию с высшими психическими функциями.

Ритмичность электроэнцефалографического сигнала позволяет количественно описать записи ЭЭГ. Первым из описанных ритмов электрической активности мозга был альфа-ритм. Он представляет собой ритмические колебания электрической активности 8–12 раз в сек. (8–12 Гц) с амплитудой около 50 мкВ. Эта активность преобладает у здорового человека в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами и наблюдается преимущественно в затылочных областях. Альфа-ритм отсутствует у слепорожденных людей (Новикова, 1978). Ритмами той же частоты, но с иной формой волны и в специфических отведениях, являются мю-ритм, регистрируемый в роландовой борозде, каппа-ритм, отмечаемый при наложении электродов в височном отведении.

Г. Бергер описал и другой тип волн – бета-ритм, обнаруживаемый у человека в состоянии активного бодрствования. Это колебания с частотой более 13 Гц и небольшой (около 25 мкВ) амплитудой. Дальнейшие исследования выявили более медленные колебания, которые были названы тета- и дельта-волнами, а также более быстрые – гамма-волны. Тета-волны имеют частоту от 3,5 до 7,5 Гц и амплитуду от 5 до 100 мкВ, дельта-волны – 1–3,5 Гц и 20–200 мкВ соответственно. Чем медленнее волны, тем больше их амплитуда. Гамма-волны – колебания с частотой более 30 Гц и амплитудой около 2 мкВ. Каждый из ритмов имеет свою преимущественную локализацию: альфа-ритм регистрируется в затылочном и теменном отведениях; тета-волны – в лобных и височных, бета-ритм – в прецентральных и фронтальных, гамма-ритм – в прецентральных, фронтальных, височных, теменных; дельта-ритм не имеет определенной локализации. При визуальном анализе ЭЭГ обычно определялись два показателя – длительность альфа-ритма и блокада альфа-ритма, которая фиксируется при предъявлении испытуемому того или иного раздражителя.

**2. Регистрация импульсной активности нервных клеток**

Импульсная активность отдельных нейронов может оцениваться лишь у животных и в отдельных случаях во время оперативного вмешательства на мозге человека. Впервые активность коркового нейрона головного мозга человека была зарегистрирована А. Уардом и Л. Томасом в 1955 г. в процессе операции у больного по поводу эпилепсии. Сейчас для регистрации нейронной импульсной активности головного мозга человека используются микроэлектроды с диаметром кончиков 0,5–10 мкм. Они могут быть выполнены из нержавеющей стали, вольфрама, платино-иридиевых сплавов, золота. Электроды вводятся в мозг с помощью специальных микроманипуляторов, позволяющих точно подводить электрод к нужному месту.

С 1964 г. производят регистрацию импульсной активности нейронов подкорковых структур мозга при стереотаксических операциях. Стереотаксический аппарат позволяет вводить электрод с большой точностью в необходимую структуру, расположенную в глубине мозга. В некоторых случаях больным вживляют долгосрочные электроды, например, для выявления эпилептогенных очагов.

**3. Регистрация вызванных потенциалов мозга человека и потенциалов, связанных с событиями**

Предъявление одиночного стимула мало что меняет в картине ЭЭГ, поскольку эти изменения маскируются общей фоновой активностью. Для того чтобы сделать изменения в ответ на определенный стимул видимыми, используют компьютер, усредняющий записи волновой активности при повторных предъявлениях того же стимула. Случайная по отношению к предъявлению стимула электрическая активность нивелируется, тогда как специфическая активность, связанная со стимулом, будет усиливаться. Такая активность называется вызванным потенциалом (ВП). Этот биоэлектрический феномен был описан еще в XIX веке Ричардом Кейтоном. В зависимости от поставленных в исследовании задач усреднение ЭЭГ активности производилось либо относительно стимула, либо от начала движения, следовавшего за стимулом. Полученные в различных экспериментальных ситуациях потенциалы стали называть общим термином – потенциалы, связанные с событиями. Вызванный потенциал (ВП) состоит из последовательности отрицательных и положительных отклонений от основной линии и длится около 500 мсек после окончания действия стимула. У ВП можно оценить амплитуду и латентный период возникновения. На величину ВП может влиять модальность стимула. Так, слуховые ВП отличаются от зрительных, зрительные – от тактильных и т.д. Вызванные потенциалы, возникающие в ответ на световые, звуковые, тактильные или электрические раздражения в проекционной зоне соответствующего анализатора и имеющие короткий латентный период, называются первичными; все остальные, обладающие другим пространственным распределением и большим латентным периодом, – вторичными, или поздними ответами. Один и тот же ВП может быть обусловлен многими психологическим процессами, а одни и те же психические процессы могут быть связаны с разными ВП. Для регистрации ВП используются те же электроды, что и для записи ЭЭГ, и требуется соблюдение определенных условий проведения исследований. К ним относится унификация методических приемов всей серии экспериментов, проведение их на одном и том же испытуемом, в одно и то же время, в одном и том же состоянии, с использованием одних и тех же параметров стимуляции. Обработка данных включает в себя методы математического, статистического анализа. В простейшем случае определяют латентный период, амплитуду и длительность отдельных фаз.

**Томографические методы**

Томография (томе – срез, греч.) основана на получении отображения срезов мозга с помощью специальных техник. Идея этого метода была предложена Дж. Родоном, который показал, что структуру объекта можно восстановить по совокупности его проекций, а сам объект может быть описан множеством своих проекций. Первый компьютерный томограф был создан в 1973 г. Авторы – А. Кормак и Г. Хаунсфилд – удостоены за его создание Нобелевской премии в области медицины и физиологии в 1979 г. Через год после этого начал работу первый томограф, в котором для построения изображения использовалось явление ядерно-магнитного резонанса. В конце 80-х годов появился позитронно-эмиссионный томограф. Использование томографов позволило изучать строение и функционирование мозга прижизненно, что существенно облегчило процедуру исследования этого органа и понимания процессов, происходящих в нем.

**4. Компьютерная томография**

Компьютерная томография – это современный метод, позволяющий визуализировать особенности строения мозга человека с помощью компьютера и рентгеновской установки.

Для улучшения качества изображения перед исследованием пациенту вводят контрастное вещество. Особенно эффективна компьютерная томография для исследования повреждений мозга, например, вследствие инсульта, рассеянного склероза, опухолей. Кроме очевидной необходимости этого метода для хирургического исследования перед операциями он представляет значительный интерес для психофизиологов и нейрофизиологов, которые изучают когнитивные процессы и поведение людей, имеющих повреждения мозга. Информативность томограмм увеличивается благодаря применению контрастных веществ, например, верографина (препарата, содержащего йод). Полученная информация в виде снимков может храниться на магнитных носителях, что позволяет пересылать их по каналам компьютерной связи на любые расстояния для консультации специалистов.

**5. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)**

Этот метод позволяет оценить метаболическую активность в различных участках мозга. Он во многом схож с авторадиографией: испытуемый проглатывает радиоактивное соединение, позволяющее проследить изменения кровотока в том или ином отделе мозга, что косвенно указывает на уровень метаболической активности в нем. Таким радиоактивным соединением может быть 2-дезоксиглюкоза, имеющая одну из меток – радиоактивные изотопы углерода (С11), фтора (F18), кислорода (О15), азота (N13). Радиоактивные изотопы излучают позитроны, которые, встречая в мозге электроны, уничтожаются (аннигилируют), излучая 2 гамма-луча, направляющиеся в противоположные стороны. В специальной камере монтируются детекторы гамма-лучей, собранные в кольца. В камеру помещается голова испытуемого, радиоактивные молекулы 2-дезоксиглюкозы фиксируются сканером. Полученные данные обрабатываются компьютером, и на основе результатов воссоздается картина метаболически активных участков мозга. Особенностью ПЭТ является то, что она позволяет снимать «динамические» картины функционирования мозга, решающего ту или иную задачу или пребывающего во сне. Использование кислорода позволяет получать характеристики регионального кровотока, объема крови, потребления кислорода. Однако и кислород, и глюкоза попадают в мозг с током крови, изменение которого происходит иногда в течение нескольких минут. Поэтому быстропротекающие процессы пока этим методом фиксировать не удается.

**6. Визуализация строения мозга с помощью метода ядерно-магнитного резонанса**

Метод ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) позволяет визуализировать строение мозга, как и при компьютерной томографии, но он не связан с использованием радиоактивных лучей. Вокруг головы испытуемого создается очень сильное магнитное поле, которое воздействует на ядра атомов водорода, имеющих внутреннее вращение. В обычных условиях оси вращения каждого ядра имеют случайное направление. В магнитном поле они меняют ориентацию в соответствии с силовыми линиями этого поля. Выключение поля ведет к тому, что атомы утрачивают единое направление осей вращения и вследствие этого начинают излучать энергию. Эту энергию фиксирует датчик, а информация передается на компьютер. Повторение циклов воздействия магнитного поля и его выключения дает достаточное количество данных для того, чтобы на компьютере было создано послойное изображение мозга. Для повышения разрешающей способности таких томографов иногда также используются контрастные вещества, содержащие таллий и гадолиний. ЯМР-томограф высокого разрешения позволяет видеть клеточные структуры коры головного мозга при жизни человека. Наложение ПЭТ-томограмм на ЯМРизображения дает возможность более тонко дифференцировать те или иные отделы коры и подкорковых структур.

**7. Электромиография**

Электромиография (ЭМГ) – метод регистрации суммарных колебаний электрической активности, возникающей при сокращении мышц. Поверхностная ЭМГ суммарно отражает разряды двигательных единиц, вызывающих сокращение. Поскольку регистрация производится с поверхности кожи, разряды мышц, располагающихся на разной глубине от поверхности, ослабляются различным образом. В целом уровень электрической активности соответствует общей величине мышечного напряжения. Электромиограмма содержит множество высокочастотных компонентов, что затрудняет процесс регистрации с помощью обычных полиграфов, поэтому для повышения точности исследования используются осциллографы

**8. Электроокулография**

Электроокулография (ЭОГ) – метод регистрации электрической активности, возникающей при движении глаз. Роговица глаза имеет положительный заряд относительно сетчатки, что создает постоянный потенциал, который называется корнеоретинальным потенциалом. При изменении положения глаза происходит переориентация этого потенциала, которая фиксируется прибором.Электроокулография наиболее эффективна в совокупности с другими методами. При оценке ЭЭГ, например, она позволяет вычленять артефакты, обусловленные движением глаз.

**9. Кожно-гальваническая реакция**

Электрическая активность кожи – кожно-гальваническая реакция (КГР) – определяется двумя способами. Первый, предложенный С. Фере (Fere) в 1888 г., представляет собой измерение кожного сопротивления. Второй – измерение разности потенциалов между двумя точками на поверхности кожи – связан с именем И. Р. Тарханова (1889). Сопоставление КГР, полученных по методу Фере и по методу Тарханова, привело к выводу, что изменения разности кожных потенциалов и кожного сопротивления отражают одну и ту же рефлекторную реакцию, фиксируемую в различных физических условиях. Изменения кожных потенциалов могут выражаться в виде волн различной полярности, часто многофазных. Динамические характеристики фазической КГР достоверно отражают быстропротекающие процессы в ЦНС. Характер и форма тонического компонента являются индивидуальными показателями и не обнаруживают четкой зависимости от типа деятельности. В возникновении КГР участвуют два главных механизма: периферический (свойства самой кожи, в том числе активность потовых желез) и передаточный, связанный с активирующим и пусковым действием центральных структур. Различают спонтанную КГР, развивающуюся при отсутствии внешнего воздействия, и вызванную – отражающую реакцию организма на внешний стимул. Для регистрации КГР используют неполяризующиеся электроды, накладываемые обычно на ладонную и тыльную поверхность рук, кончики пальцев, иногда – на лоб или ступни ног. Наиболее эффективна КГР в сочетании с другими методами при оценке эмоционального состояния испытуемых.

**10. Сверхслабые воздействия постоянными микротоками**

Кроме фиксации изменений электрических процессов в мозге, многие исследователи пытались оценить последствия воздействия внешнего электрического тока на состояние человека. Наиболее известными стали результаты, полученные У. Пенфилдом, который раздражал участки мозга непосредственно перед тем, как их удалял хирург. Они положили начало целому направлению в исследовании функций мозга – картированию мозга. Это направление привело к созданию «карт», позволяющими оценить, за какие функции отвечает участок мозга под электродом, через который производится подача слабого электрического раздражения. Дальнейшее развитие этого направления связано с использованием постоянных микротоков (то есть очень слабых токов величиной 10-4 – 10-1 мкА), которыми воздействовали через долгосрочные интрацеребральные (введенные в глубокие структуры мозга) электроды. Как и в первом случае, авторы работали на больных людях, в частности пациентах с фантомными болями. Однако через эти же электроды можно было не только воздействовать на мозг, но и регистрировать его собственную сверхмедленную активность (токи крайне низких частот, близкие к постоянным), которая оказалось крайне информативным показателем для описания активности глубоких структур мозга. Позднее исследователи стали использовать параметры тока, близкие к параметрам природных сверхмедленных потенциалов головного мозга для воздействия через поверхностные электроды, расположенные на разных участках мозга. Оказалось, что подобные воздействия крайне эффективны при лечении ряда заболеваний. Анализ лечебного эффекта таких токов позволяет оценить процессы, ведущие к лечебному эффекту.

**11. Вербальная ассоциация**

Ассоциация – это некая связь между психическими явлениями, возникающая при определенных условиях. О ней говорят в тех случаях, когда одно событие влечет за собой другое. Термин «ассоциация» был предложен в 1690 г. Дж. Локком. Поскольку явления и объекты окружающего мира связаны в нашем сознании, то подобные связи существуют и между словами, их обозначающими. Каждое слово не просто существует в сознании, но оно включено в речевую сеть, в которой сотнями нитей оно тянется к другим словам языка. В этой ассоциативно-вербальной сети представлена речевая готовность носителя языка. Из-за ассоциативной связи слова всегда являются членами речевых гнезд или систем гнезд. Это обусловлено тем, что они классифицируются в нашем сознании так же, как и обозначаемые ими вещи. Слова походят друг на друга тем или иным своим аспектом, что позволяет нам группировать их. Вербальная сеть является оперативным пространством, в рамках которого происходит речевая активность. С этой позиции, вербальная сеть – это стабильно поддерживаемая мозгом обширная структура, фиксирующая значение каждого слова усвоенного языка и множественные межсловесные связи разной степени «близости» или «удаленности». Для вербальной ассоциации стимулом не обязательно должно быть слово. Им может быть и часть слова, и структуры, большие, чем слово (например, словосочетание). Характер ассоциаций определяется целым комплексом факторов: индивидуальным опытом испытуемых, особенностью культуры, конкретной политической структурой, в которой они проживают, состоянием, в котором находятся, возрастом. Индивидуальный опыт человека проявляется в оригинальности или типичности создаваемых ассоциаций. Это обусловлено как генетическими его особенностями, формирующими определенный психологический тип, так и богатством или бедностью на события обстоятельств его жизни. Особенность культуры, в которой развивается человек, обнаруживается в характере формирующихся ассоциативных гнезд. Р. М. Фрумкина (2001) провела сравнительный анализ ассоциаций на сему «Сыр», создаваемых испытуемыми, проживающими в разных странах Европы. Для русскоязычных наиболее частыми оказались ассоциации: голландский, вкусный, желтый, масло. Для болгар типичны ассоциации: овца, белый, соленый. Для англоязычных испытуемых: крекеры, мыши, хлеб; для немецкоязычных: масло, хлеб, молоко. Подобный культурный аспект представлен в ассоциативных словарях, отражающих культурную «норму», то есть типичные языковые связи для данного народа.

Состояние, в котором находится испытуемый (здоровье, болезнь, стресс, и т.д.), меняет качество ассоциаций. Например, человек в остром стрессе порождает большое число инвертированных ассоциаций, то есть ассоциаций, имеющих знак эмоциональной окраски, противоположный слову-стимулу (дружба – вражда, поцелуй – укус и т. д.). На качество ассоциативного процесса влияет возраст. Показано, что у детей преобладают синтагматические ассоциации (лампа – горит, стул – сижу и т.д.), что, по-видимому, связано с воспроизведением ими фрагментов запомненных фраз. В дальнейшем все чаще встречаются парадигматические ассоциации (лампа – люстра; стол – стул), что обусловлено, возможно, освоением ими понятийной структуры языка.